

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Uso de Enraizadores Inorgánicos, Orgánicos y Comerciales en Especies
Hortícolas

Por.

JUAN CARLOS MENDOZA CARRILLO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Abril, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Uso de Enraizadores Inorgánicos, Orgánicos y Comerciales en Especies
Hortícolas

Por:

JUAN CARLOS MENDOZA CARRILLO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

M.C. Blanca-Elizabeth Zamora Martínez

Asesor Principal

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coasesor

M.C. Eulalia Edith Villavicencio Gutiérrez

Coasesor

Dr. Jerónimo Landeros Flores

Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Abril, 2023

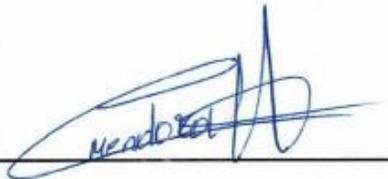
DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Juan Carlos Mendoza Carrillo.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Alicia Carrillo García, Juan Carlos Mendoza Baranda por haberme dado la oportunidad de prepararme profesionalmente y darme su apoyo para cumplir esta meta.

A mi hija Jade Lizbeth Mendoza Pérez a esa personita que quiero y amo mucho, te convertiste en mi principal motivación para seguir esforzándome cada vez más, te amo.

A mis hermanos Cindy Areli Mendoza, Juan Alberto Mendoza por el apoyo y la solidaridad que me ofrecieron.

Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera por haberme permitido la oportunidad de trabajar con él en este proyecto, el apoyo, la confianza y los consejos que me brinda hasta el día de hoy, por eso y más muchas gracias.

A la M.C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez gracias por su apoyo y compromiso con la asesoría brindada en la revisión de la presente investigación, así como también por sus consejos y la confianza que me ha brindado.

A un gran amigo Leopoldo Marín García por su amistad, motivación y gran apoyo como persona.

Al ingeniero Diodoro Gracida por el apoyo, el aprendizaje y la oportunidad que me brindo.

A la ingeniera Berenice Bonilla por el apoyo y la ayuda brindada, muchas gracias.

DEDICATORIAS

A mis Padres.

Alicia Carrillo G. y Juan Carlos Mendoza B. gracias a ustedes por el cariño y la confianza que me han brindado siempre, por su apoyo el cual fue indispensable para poder lograr este objetivo en mi vida, por todos los sacrificios que hicieron para poder ayudarme y creer en mí, a lo que solo me resta decirles muchas gracias papas, los quiero mucho!

A mi hija.

Jade Lizbeth Mendoza Pérez, por todo tu cariño y amor que hace en mi persona me motive cada vez más por la superación propia, la niña más importante en todos los aspectos que hoy en día representas en mi vida, este logro también es tuyo mi amor, con mucho amor y cariño, papá te ama.

A mis Hermanos.

Cindy Areli Mendoza C. y Juan Alberto Mendoza C. por su apoyo, el cariño y la solidaridad que me ofrecieron, a los dos por ser buenos hermanos muchas gracias.

RESUMEN

Actualmente en México producir especies ornamentales, es una de las actividades hortícolas que demanda una gran cantidad de mano de obra además de que uno de los principales problemas que enfrenta un productor de ornamentales, es encontrar un enraizador efectivo y de bajo costo, que le permita obtener resultados satisfactorios en el enraizamiento de las plantas, es por ello que se recurre a una alternativa practica y económica que es el uso de isoauxinas, en la que se encuentra el herbicida 2,4-D amina, como promotor de raíces, RAIZONE- PLUS, extracto de germinado de lenteja y mucilago de sábila. El objetivo de trabajar con este experimento fue comparar y determinar el efecto que presentó cada uno de los productos empleados como enraizadores en la promoción de raíces de las diferentes especies bajo dos sistemas de producción; condiciones de invernadero y campo abierto. El trabajo se realizó con la finalidad de obtener un alto porcentaje de raíces, usando el método de propagación por estaca en las especies ornamentales de *Sedum morganianum*, *Geranium*, *Rosa*, *Punica granatum* y *Olea europea*. Este trabajo de investigación se realizó en el invernadero de propagación, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; la propagación se realizó el día 25 de julio del año 2021.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial AXBXC (2x5x4), se obtuvo un total de 40 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, dando un total de 120 unidades experimentales, se evaluaron 3 factores; A (sistemas de producción), A1 condiciones de invernadero, A2 campo abierto, factor B (especies establecidas), B1= *Sedum*, B2= Geranio, B3= Rosa, B4= Granado, B5= Olivo, y factor C (productos promotores de raíces), C0= 0, C1= RAIZONE- PLUS, 45 g, C2= 2,4-D Amina, 25 ppm, 2,4-D Amina 50 ppm, 2,4-D Amina 100 ppm, 2,4-D Amina 200 ppm, 2,4-D Amina 400 ppm, C3= extracto de germinado de lenteja, 150 ml, C4= mucilago de sábila, 150 ml. La variable a evaluar para conocer la respuesta de la influencia de los diferentes productos y concentraciones de 2,4-D Amina, la forma en la que se aplico fue la siguiente, longitud de raíces (LR). De acuerdo con los resultados obtenidos, se indica que el uso del herbicida 2,4-D Amina empleado como enraizador, presentó una influencia mayor y/o igual que al resto de los productos utilizados, siendo favorable en la promoción de raíces en especies de *Sedum*, rosal, geranio y olivo a concentraciones de 100 y 50 ppm respectivamente, mientras que en granado no se presentaron resultados factibles con ningún producto y/o tratamiento.

Palabras clave: *Sedum morganianum*, *Geranium*, *Rosa*, *Punica granatum*, *Olea europea*, Propagación, Estacas, 2,4-D Amina, RAIZONE- PLUS, Extracto de germinado de lenteja, Mucilago de sábila.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
RESUMEN	IV
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general.....	3
Objetivo específico.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. descripción morfológica de especies.....	4
2.1.1. <i>Sedum morganianum</i>	4
2.1.2. Geranio.....	4
2.1.3. Rosa	5
2.1.4. Granado.....	5
2.1.5. Olivo.....	6
2.2. Antecedentes de las auxinas.....	7
2.3. Las auxinas.....	8
2.4. Efectos fisiológicos de las auxinas.....	8
2.4.1. Crecimiento y la formación de raíces	8
2.4.2. Regulación de tropismo.....	9
2.4.3. Dominancia apical.....	10
2.4.4. Abscisión de órganos.....	10
2.4.5. Diferenciación vascular.....	10
2.4.6. Desarrollo de flores y frutos.....	10
2.4.7. Crecimiento y elongación celular.....	11
2.4.8. Receptores de auxinas.....	11
2.4.9. Auxinas sintéticas y sus usos comerciales	12
2.5. Ácido 2,4-D (Diclorofenoxiacético).....	12
2.6. Aplicación de auxinas en la agricultura	13
2.7. Importancia de los enraizadores.....	14
2.8. Propagación vegetativa de las plantas.....	15
2.9. Propagación por estacas.....	16
2.9.1. importancia, ventajas y desventajas de la propagación por estaca	16
2.10. principales factores que influyen sobre el enraizamiento	17
2.10.1. Callo.....	17
2.10.2. pH	17
2.10.3. Selección del material para estacas.....	17
2.10.4. Condición fisiológica de la planta.....	18
2.10.5. Edad de la planta madre.....	18

2.10.6. Tipo de madera seleccionada para estacas	19
2.10.7. Época del año en la que colectan las estacas	19
2.11. Condiciones ambientales durante el enraizamiento.....	19
2.11.1. Temperatura.....	19
2.11.2. Medios de enraizamiento.....	20
2.12. Formación de raíces adventicias.....	20
2.13. RAIZONE.....	21
III. MATERIALES Y METODOS	22
3.1. Localización.....	22
3.2. Características del sitio experimental.....	22
3.3. Material vegetativo.....	23
3.4. Materiales utilizados.....	23
3.5. Establecimiento del cultivo.....	23
3.5.1. Plantación.....	24
3.5.2. Aplicación de los tratamientos.....	24
3.6. Diseño experimental.....	25
3.7. Modelo estadístico.....	26
3.8. Descripción de factores.....	26
3.9. Descripción de los tratamientos.....	27
3.10. Variables evaluadas y su medición.....	29
3.10.1. Longitud de raíz (LR).....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Longitud de raíz (LR).....	30
V. CONCLUSIONES.....	40
VI. SUGERENCIAS.....	41
LITERATURA CITADA.....	42
CITAS DE WEB.....	46

INDICE DE CUADROS.

Cuadro		Página
3.1	Descripción de tratamientos.....	27
4.1	Registro de cuadrados medios del análisis de varianza para la variable longitud de raíz (LR).....	30
4.2	Resultados del efecto de cada producto en la formación de nuevas raíces en las diferentes especies	32

INDICE DE FIGURAS.

Figura		Pagina
4.1	Influencia de diferentes productos en la estimulación y formación de nuevas raíces en <i>Sedum</i>	34
4.2	Influencia de diferentes productos en la estimulación y formación de nuevas raíces en geranio.....	35
4.3	Influencia de diferentes productos en la estimulación y formación de nuevas raíces en rosa.....	36
4.4	Influencia de diferentes productos en la estimulación y formación de nuevas raíces en granado.....	37
4.5	Influencia de diferentes productos en la estimulación y formación de nuevas raíces en olivo.....	38

I.INTRODUCCIÓN

El viverismo, es la actividad que considera la producción en contenedores de plantas de diversos tipos, es una de las actividades hortícolas, que demandan una importante cantidad de mano de obra (M de O).

Esta actividad, se realiza en diversos estados de la República Mexicana, entre los que destacan el estado de Morelos (Cauatla), Ciudad de México (Xochimilco), Guerrero (Acapulco) y el Estado de México (Atlacomulco), Colima (Tecomán), Nuevo León (Linares), Veracruz (Martínez de la Torre), Guanajuato (Silao), Michoacán (Uruapan); cada uno de estos lugares se especializa en la producción de plantas de diversos tipos, P/ej. Morelos es uno de los principales productores de plantas ornamentales en contenedores, dentro de las cuales las especies que más se destacan por su alto grado de producción, son: Crisantemo, Buganvilia, Cártamo, y la noche buena, en los municipios de Cauatla, Cuernavaca, Emiliano Zapata, Jiutepec, Xochitepec, Yautepec y Yecapixtla, aunque también se considera uno de los principales distribuidores de plantas, que son producidos en otros lugares, lo mismo que la Ciudad de México y el Estado de México, por su alta densidad de población y en consecuencia la alta demanda de plantas ornamentales en contenedores, el estado de Guerrero, por sus condiciones ambientales típicas de trópico, es un fuerte productor de especies tropicales, como es el caso de la producción de palmas, crotos y una gran cantidad de *Araceas*, la región de Linares Nuevo León, se especializa en la producción de árboles ornamentales diversos, entre los que destaca la producción de diferentes tipos de encinos, *Chainis* y diversos frutales, como es el caso de duraznos, perales y de nogales en el municipio de Galeana, Nuevo León, Colima se caracteriza por la producción de diversos tipos de Ficus, en su condición individual o trenzados, los que son muy demandados, en el estado de Veracruz, destaca la producción de una gama amplia de cítricos, como es el caso de diversos tipos de limones, naranjos, toronjos, mandarinos y nectarinos, en el

Estado de Guanajuato, predomina la producción de diversas ornamentales y planta de olivo principalmente y el estado de Michoacán en el que predomina la producción de plantas de aguacate en contenedores, aunque esto no quiere decir que, en todo el año, estas especies ya mencionadas y mayormente producidas por cada uno de estos estados, mantengan una demanda estable de cada una de estas plantas, ya que pueden depender de alguna fecha establecida o bien por alguna época del año.

Durante el año se presentan distintas fechas importantes, las que determinan principalmente la demanda de las plantas y por consecuencia adquieren un alto valor comercial en el mercado, P/ej. la noche buena, alcanza los precios más altos en la época de navidad, lo mismo que las plantas de rosa con flor en maceta, altamente demandadas en las fechas del 14 de febrero y 10 de mayo, y el cempasúchil en el día de muertos. Sin embargo, existen otros factores que influyen en su valor comercial, como: el tamaño de la planta, costos de producción, distribución de la planta, tipo de sustrato en el que esta plantado, volumen del sustrato que lo contiene, mano de obra, riegos, enraizadores, por mencionar solo algunos.

En el mercado de los diferentes estados de la República Mexicana, se utiliza gran variedad de enraizadores, como es el caso del RAIZONE-PLUS, Radix 1500, Radix 10,000, aunque en su mayoría se reportan con costos un poco elevados, que afecta y representa una desventaja para los productores que hacen uso de ellos, y debido a la ausencia de información y asesoría técnica, es importante conocer que, en el mercado existen productos alternativos que pueden llegar a cumplir una acción promotora de raíces como es el caso de algunos herbicidas que se pueden encontrar en el mercado y con los que es posible elaborar productos promotores de raíces a bajos costos, como es el caso del herbicida hormonal 2,4 D amina, que no necesariamente es un enraizador, pero que diluido a ciertas concentraciones, puede estimular la generación de nuevas raíces, sin la necesidad de incrementar los costos de producción.

Objetivo general

Determinar el efecto de enraizadores comerciales; RAIZONE-PLUS, 2,4 D Amina y de origen orgánico como la lenteja y sábila, en la promoción y generación de nuevas raíces en plantas de granado, olivo, rosa, geranio y *Sedum morganianum*.

Objetivo específico

Determinar el producto y en qué cantidad es la adecuada para la estimulación y formación de raíces en estacas de las diferentes especies a un bajo costo.

Hipótesis:

El uso de 2,4 D Amina como enraizador, aplicado a diferentes concentraciones, y productos orgánicos como la lenteja y sábila, igualan o superan en la promoción de raíces a enraizadores comerciales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Descripción morfológica de las especies.

2.1.1. *Sedum morganianum*.

Es una planta herbácea perteneciente a la familia de las Crasuláceas, anual o perenne, con hojas enteras, opuestas o verticiladas, no estipuladas, en general crasas, flores con 3-6 divisiones, actinomorfas, en grupos, rara vez solitarias, con dialisépalos libres o gamosépalos, androceo con número igual o doble de estambres que de pétalos, libres o soldados a la corola, carpelos en número igual a los pétalos, libres o ligeramente soldados en la base, nectarios en general escamosos, entre los estambres y carpelos y fruto en polifolículo, (Acevedo, et al., Lorea, 2004).

2.1.2. Geranio.

Acevedo (2002) menciona que el geranio (*Geranium sp.*), es una planta muy habitual en México, que se exporta e importa, perteneciente a la familia de las Geraniáceas, de la cual de los once géneros únicamente el *Pelargonium* tiene importancia como ornamental, los *Pelargonium* comprenden unas 230 especies de plantas vivaceas y perennes, bianuales con tallo semileñoso, buena parte de ellas originarias de Sudáfrica; presentan hojas esparcidas, de nervadura palmeada y provistas de estípulas. Las flores constan de cinco sépalos libres y de cinco pétalos también libres alternando con cinco glándulas nectaríferas. Tienen diez estambres y un fruto formado por cinco aquenios prolongados en arista y soldados a su eje central de la flor, largo y filiforme del cual se desprenden en la madurez (Lameri, 1976).

2.1.3. Rosa.

Los principales centros de origen se encuentran en las zonas templadas y subtropicales del hemisferio norte. Las investigaciones de los especialistas en rosicultura coinciden en que las mayores concentraciones de especies silvestres se encuentran en Asia central, muy especialmente en las mesetas de Irán, de Pamir y del Tíbet, con la excepción de muy pocas especies como lo son la alpina y la rubrifolia, ambas nativas de Europa central, (<http://www.elhorticultor.com.ar>, 2002).

La rosa (*Rosa spp.*) es una especie que pertenece a la familia de las Rosaceae, de tallo leñoso el cual puede ser recto o inclinado, algunas veces ramificado o sarmentoso, y otras trepadores o rectos; de corteza verde, gris o rojiza, según las especies y la edad de las mismas plantas, sus espinas se encuentran en los tallos y son productos del desarrollo de la epidermis en forma suberosa (acorchada) en la mayor parte de las especies, estas espinas están recubiertas por una capa apergaminada y dura que casi siempre adopta la forma de una curva, (Gajón, 1948). Sus hojas son compuestas y constan de 3,5,7 o 9 folíolos ovales, acuminados, penninervios y de borde aserrado con estipulas en la base. Casi siempre son caducifolios y en muy pocos casos son perennes, (Ruiz, et al. 1980). Su fruto es un aquenio de superficie exterior lisa o revestida de pelos no urticales y flexibles; en su interior se encuentran los óvulos ligados cada uno a un pistilo o carpelo, generalmente los frutos del rosal son de escasa pulpa, aunque también los hay carnosos, sus semillas son de tegumento membranoso y su albumen es de embrión carnoso con una radícula superior y dos cotiledones alargados, pero unidos a otros por su fase interna plana, (Gajón, 1948).

2.1.4. Granado.

El granado (*Punica granatum*), es un frutal que pertenece a la familia de las Punicaceae, cuyo cultivo se conoce desde la antigüedad. Originario del sureste de Europa y Sur de Asia que habita en climas cálido, semicálido, semiseco y templado, (Sánchez-Monge, 1974).

Es un árbol caducifolio, de tallo semileñoso, a veces con un porte arbustivo, de 3 a 6 m de altura, con el tronco retorcido. Madera dura y corteza escamosa de color grisáceo. Algunas ramas a veces espinosas con ramillas angulosas de copa extendida, tiene una raíz nudosa, con corteza rojiza. Sus hojas son simples, opuestas, generalmente fasciculadas, cortamente pecioladas, oblongas u oval-lanceoladas, de 3-8 cm de longitud, algo coriáceas y de color verde, de flores solitarias o reunidas en grupos de 2-5 al final de las ramas nuevas, son grandes y de color rojo, brillosas, acampanadas, subsentadas, con 5-8 pétalos y sépalos. En algunas variedades las flores son abigarradas e incluso matizadas en blanco. Florece en mayo-julio, aunque algunas variedades lo hacen más tarde. Su fruto es una baya denominado balausta, es globoso, de 10-15 cm de diámetro, con la piel correosa de amarillenta a rojiza y con numerosas semillas envueltas en un líquido comestible de color rosa, (Chandler W., 1957).

2.1.5. Olivo.

Se dice que el olivo (*Olea europea.*), es uno de los árboles más antiguos tradicionales y extendidos a lo largo de toda la Cuenca Mediterránea. Muchos historiadores como De Candolle, consideran que proviene de Siria, del Asia Menor, y del Oriente Próximo, donde creció originalmente en abundancia al estado salvaje. Sin embargo, también crecían olivos salvajes en el Norte de África, España y en Grecia; lo que hace incierto el origen exacto del olivo, (Picornell y Melero, 2013).

El olivo es un árbol que pertenece a la familia de las Oleaceae, se caracteriza por su resistencia, creciendo en cualquier condición, ya sea en laderas de montañas, en terreno rocoso o en suelo fértil, de tamaño mediano, de unos 4 a 8 m de altura, según la variedad. El tronco es grueso y la corteza de color gris a verde grisáceo. La copa es redondeada, aunque más o menos lobulada, la copa es densa, el color de la madera y la longitud de los entrenudos, varían según el cultivar. Tiene un sistema radicular que se extiende entre 15-20 cm de profundidad hasta los 100 cm. La absorción de agua y nutrientes, se lleva a cabo, en las zonas más

jóvenes de las raíces, zonas que se encuentran detrás de los ápices radicales, a través de los pelos, (Joyce, 1992).

Sus yemas se distinguen en apicales (se encuentran en la extremidad de los brotes y originan su elongación), axiales o laterales (se encuentran en las axilas de las hojas), y adventicias (se forman sobre las hojas y en puntos no determinados), (Guerrero, 1988; Rapoport, 1998).

2.2. Antecedentes de las auxinas.

Las auxinas fueron las primeras hormonas vegetales en ser descubiertas, las primeras evidencias que señalaron su existencia se debió a experimentos realizados por Darwin quien analizó los efectos de una sustancia presente en el ápice de coleótilos de avena sobre el crecimiento de plántulas hacia una señal de luz. Más tarde ensayos de Boysen-Jensen (en 1913) y Paál (en 1919) también en coleótilos de avena, llevaron a postular que la presencia de esas sustancias serían transportadas de forma polarizada desde el ápice del coleótilo hacia la base de éste para provocar la respuesta fototrópica de la planta, (Jordan, Casaretto, 2006).

Más tarde las pruebas del ensayo de Boysen-Jensen y Paál, terminaron en los experimentos de Went (en 1928), pues uno de los experimentos clave para el descubrimiento de sustancias auxinas fue el que realizó con coleótilo de avena. Posteriormente y con el paso del tiempo se fueron descubriendo nuevos compuestos auxínicos, siendo el primero el ácido indolacético (AIA), que se encuentra en todos los tejidos de la planta, pero con mayor concentración en las zonas de crecimiento activo como los ápices del vástago o de la raíz, (Jordan, Casaretto, 2006).

2.3. Las auxinas.

Las auxinas son un grupo de hormonas vegetales naturales que regulan muchos procesos del desarrollo y crecimiento de las plantas, la forma en la que predomina en las plantas es el ácido indolacético (IAA), aunque también puede presentarse de otras formas, como es el ácido 4-cloro-indolacético (4-ClIAA), ácido fenilacético (PAA), ácido indolbutírico (IBA) y el ácido indol-propiónico, (IPA), (Ludwig-Müller & Cohen, 2002).

Las auxinas se encuentran relacionadas con la elongación y división celular, la diferenciación de tejidos, respuesta a la luz y a la gravedad, disminución de la abscisión de los órganos, induce la formación de raíces adventicias, inducción de la diferenciación vascular y el estímulo de la dominancia apical, (Vega Celedón, 2016).

2.4. Efectos fisiológicos de las auxinas.

2.4.1. Crecimiento y la formación de raíces.

Diferentes bioensayos se han descrito para poder analizar respuestas a auxinas, los cuales han sido útiles para la identificación de compuestos con actividad auxínica, pero uno de los ensayos que caracterizo el efecto de las auxinas en el desarrollo es la regulación del crecimiento radicular el cual es definido desde el desarrollo embrionario, (Jenik & Barton, 2005).

Mientras las auxinas estimulan el crecimiento de tallos y coleoptilos, también inhiben el crecimiento de la raíz primaria, pero sí estimulan la formación de raíces secundarias. La concentración óptima para promover la elongación de tallos es de entre 10^{-6} y 10^{-5} M, mientras que en la de raíces es muy alta la cual retarda su crecimiento. Las auxinas además también promueven la biosíntesis de la hormona de etileno que inhibe el crecimiento radicular, (Jordan, Casaretto, 2006).

En 1935, Went y Kenneth V. Thimann, demostraron que el ácido indolacético (AIA) estimula la iniciación de raíces en cortes de tallo; a lo que el primer uso práctico de las auxinas se desarrolló a partir de este trabajo. El lugar para la formación de raíces adventicias en los tallos en la gran mayoría de las especies es la posición basal fisiológica opuesta (distal) al ápice del tallo, las raíces se forman cerca de la parte que queda más arriba, alejada de las puntas originales del tallo y en donde es de esperar que las auxinas se hayan acumulado mediante movimiento polar.

2.4.2. Regulación de tropismo.

Mientras el crecimiento es un proceso irreversible derivado de la elongación celular. Los tropismos son movimientos de crecimiento direccionales en respuesta a un estímulo también direccional. El efecto que tienen las auxinas sobre el crecimiento de tallos y raíces es importante para controlar los tropismos. Estas respuestas se complementan con curvaturas, giros o inclinaciones que realizan los tallos y raíces hacia un estímulo de luz, de gravedad o de contacto. Estos crecimientos se explican con el modelo de Went, el cual describe que una distribución lateral diferencial de auxina en el tallo o raíz es responsable del crecimiento diferencial del órgano, (Jordan, Casaretto, 2006).

En el fototropismo, la auxina que se produce en el ápice, no se transporta a la base, si no de forma lateral hacia el lado sombreado. Así mismo, se han encontrado varias proteínas que actuarían como receptoras para el fototropismo. Una de ellas es el NPH1(nonphototropic hypocotyl 1), la cual es fosforilada en un gradiente lateral durante la exposición a luz azul lateral. De acuerdo con el modelo clásico, la fosforilación en gradiente de NPH1 induciría de alguna manera el movimiento de auxina hacia el lado no iluminado del tallo o coleoptilo. Sin embargo, la regulación de la respuesta fototrópica es más compleja, debido a la actividad de ésta y otras fototropinas varía dependiendo la calidad de luz y la acción de fitocromos, (Esmon et al., 2005). Y una vez en el lado opuesto de la luz, la auxina es transportada de manera basipétala a la zona de elongación,

donde se acelera el crecimiento de esa zona con respecto a la zona iluminada, provocando la curvatura hacia la luz, (Jordan, Casaretto, 2006).

2.4.3. Dominancia apical.

La distribución en gradiente de una auxina desde el ápice primario hacia la base de la planta retiene el desarrollo de brotes axilares laterales a lo largo del tallo manteniendo así lo que se conoce como dominancia apical, (Thimann, 1977).

2.4.4. Abscisión de órganos.

Las auxinas tienen un efecto general negativo sobre la absorción de órganos, retardando principalmente la caída de hojas, flores y frutos jóvenes. El movimiento de las auxinas fuera de la lámina foliar hacia la base del peciolo parece prevenir la abscisión inhibiendo la acción de la hormona de etileno, principal efector de la formación de la zona de abscisión. Cuando los tejidos foliares envejecen, la producción de auxinas disminuye, dando lugar a la acción del etileno y progresión de la abscisión, (Van Doorn & Otead, 1997).

2.4.5. Diferenciación vascular.

Las auxinas controlan la división celular en el cambium, que es lugar donde ocurre la diferenciación de las células que dan origen a los elementos de floema y xilema. Su mayor efecto se advierte en la diferenciación de la xilema. El número de elementos de xilema que se forman en los tallos decapitados tratados con ácido indolacético (AIA) es semejante a la cantidad de hormona aplicada, (Bhalerao et al., 2002).

2.4.6. Desarrollo de flores y frutos.

Las plantas que son tratadas con inhibidores de transporte de auxinas o plantas mutantes defectuosas en transportar auxina muestran deformidades en las inflorescencias y en la arquitectura floral, lo que quiere decir que esta hormona es necesaria para un adecuado desarrollo de las flores, (Pfluger & Zambryski, 2004).

De igual manera la aplicación de auxina en forma exógena induce el desarrollo floral de varias especies. Así como también la auxina contribuye con el desarrollo normal de los frutos.

2.4.7. Crecimiento y elongación celular.

Las auxinas promueven el crecimiento de las plantas, principalmente por un aumento de la expansión celular. De acuerdo con la hipótesis “efecto ácido”, las auxinas estimulan la actividad de la bomba de protones que se encuentra localizada en la membrana plasmática a través de dos mecanismos: La activación de las bombas preexistentes y por inducción de síntesis de nuevas H⁺-ATPasas. La extracción de protones hacia la pared celular genera una reducción del pH (Acidificación), lo que a su vez también activarán proteínas que romperán los enlaces de hidrogeno entre los que constituyen la pared celular, (Hager, 2003). Las auxinas también inducen la síntesis de giberelinas, hormonas que promueven el crecimiento del tallo, por lo que las auxinas también estimulan el crecimiento en forma indirecta.

2.4.8. Receptores de auxinas.

Por años, las búsquedas de receptores para auxinas se han basado en estudios de respuestas características como la elongación de coleoptilos y la inducción de raíces o tallos, regulado por el balance de auxinas y citocininas., (Jones, 1994).

Fue por algún tiempo que ABP1 (por auxin binding protein), era considerado como un posible receptor, debido a que plantas que carecían de ella morían. Recientemente se logró identificar una proteína, respuesta 1 del inhibidor del transporte (TIR1), como el receptor de auxina. Esta es una proteína del tipo caja F, que se une a reguladores transcripcionales auxin/indole-3-acetic acid (AUX/IAA), que reprimen genes que responden a auxina y los marca para ser ubiquitinados y luego degradados por el proteasoma 26S. (Dharmasiri et al. 2005a; Kepinski & Leyser, 2005).

2.4.9. Auxinas sintéticas y sus usos comerciales.

Tras el descubrimiento de la estructura del ácido indolacético (IAA), se han obtenido compuestos químicos estimulantes del crecimiento basados en auxinas naturales. El ácido indolbutírico (IBA), fue clasificado en un principio como una auxina sintética, pero es un compuesto endógeno de la planta, más eficiente que el IAA en promover la formación de raíces laterales y usado comercialmente con este objetivo. Posteriormente el análisis de algunos ácidos fenoxiacéticos con actividad auxinica, llevo al descubrimiento del 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D). A partir de este descubrimiento se desarrollaron varios compuestos con actividad auxinica, como el ácido 2-metoxi, 3,6-dicloro benzoico (dicamba), el ácido 2,4 diclorofenoxibutírico (2,4-DB), el ácido 2-metil, 4-cloro fenoxiacético (MCPA) y el ácido 2,4,5- triclorofenoxiacético (2,4,5-T), todos con propiedades herbicidas cuando se aplican a concentraciones elevadas.

Las auxinas sintéticas que se usan en forma de aerosol o de polvo, tienen varias aplicaciones en la agricultura, entre sus usos está frenar el brote de yemas de tubérculos de papas, eliminar hierbas de hoja ancha y prevenir la caída prematura de frutos y pétalos de flores, aunque estos compuestos también se usan para obtener frutos sin semillas como tomates, higos y sandías, y para estimular el crecimiento de raíces en esquejes, (Jordan, Casaretto, 2006).

2.5. Ácido 2,4-D (Diclorofenoxiacético).

El ácido 2,4-D, fue desarrollado durante la segunda guerra mundial, por británicos de la estación experimental de Rotamsted, liderado por Jodah Hirsch Quatel, con el objetivo de incrementar los rendimientos de cultivos. En 1946 se inició su comercialización, siendo en ese entonces el primer herbicida selectivo exitoso, ayudando a controlar las malezas en trigo, maíz y arroz entre otros, debido a su capacidad para controlar las especies dicotiledóneas sin afectar las monocotiledóneas. Es usado ampliamente a nivel mundial por ser un herbicida que controla maleza de hoja ancha, usado principalmente para post-emergencia. El 2,4-D se vende en varias formulaciones bajo una amplia variedad de nombres registrados. Hoy en día se sigue usando por su bajo costo, a pesar de disponerse

de productos más selectivos, efectivos y menos tóxicos. El 2,4-D se clasificó como una auxina sintética, en otras palabras, se le considera como un fitorregulador, (Balagué et al., 2001).

Las sales aminas tienen una buena aceptación por su efectiva toxicidad, que presenta sobre la mayoría de la maleza con hoja ancha, debido a su baja volatilidad, la manera en que estos herbicidas son absorbidos por la maleza es a través del follaje o por las raíces, (Toro et al., 1985).

El 2,4-D Amina, pertenece al grupo de los herbicidas hormonales, denominados de esta forma porque tienen la tendencia de afectar la fisiología de las plantas en la misma forma que lo hacen las auxinas, pero si es utilizado en concentraciones altas el efecto tiende a ser negativo provocando una fuerte toxicidad en las plantas, presentando los siguientes síntomas: marchitamiento, clorosis, inhibición de crecimiento, necrosis e incluso llega a producir la muerte de aquellas plantas muy susceptibles, (Weed Science Society of America, 1994).

2.6. Aplicación de las auxinas en la agricultura.

Uno de los principales usos de las auxinas han sido la multiplicación o propagación vegetativa de plantas, ya sea por estacas o esquejes. El ácido indolbutírico (AIB) es la auxina más utilizada para propagar plantas por su estabilidad, la otra auxina utilizada para propagar ha sido el ácido 1-naftalenacético (ANA), se dice que es menos consistente, aunque estos dos compuestos son más potentes que el ácido indolacético, las auxinas pueden aumentar el amarre de frutos en ciertas especies, la aplicación de auxinas en la etapa de crecimiento por división celular de los frutos, pueden estimular y aumentar el tamaño final del fruto, esto se ha logrado solo con el uso del ácido beta naftoxiacético en especies muy particulares como las uvas sin semilla. En algunos cultivos se requiere el aclareo de frutos con la finalidad de lograr una producción de mayor calidad, el ácido naftalenacético ha sido efectivo para este proceso. La aplicación de auxinas induce la formación de etileno y causa el aborto del embrión, por lo que detiene su desarrollo y ocasiona la caída de los frutos, las auxinas también pueden utilizarse para regular el proceso totalmente opuesto

al anterior, inhibir la caída de frutos en etapa madura. Ese efecto se logra aplicando auxinas a los frutos próximos a madurar, los cuales por liberación natural del etileno pueden caer prematuramente antes de la cosecha. esto se utiliza en manzana, naranja, limón y toronja, usando el ácido 1-naftalenacético o 2,4-D, que también actúa como un herbicida de los cuales los compuestos 2,4-D, y 2,4,5-T son hormonas que en bajas concentraciones actúan como ácido indol-3-acético pero que en altas dosis tienen una función tipo herbicida en algunas plantas, causando el doblado de hojas y detención del crecimiento, ([https://www. Horticultivos.com/4990/aplicacion-hormonas-vegetales/](https://www.Horticultivos.com/4990/aplicacion-hormonas-vegetales/) “17/02/23, 10:51 am”).

La aplicación más práctica de las auxinas en la agricultura, es la estimulación de raíces laterales principalmente en tallos o en partes apicales de la planta en la que se quiere multiplicar, es por eso que toma mucha importancia a nivel comercial, siendo comúnmente usado en la propagación de plantas, aplicaciones para formar frutos y formación de semillas, (Rayen et al.,1999; Zolman et al., 2000).

2.7. Importancia de los enraizadores.

Los enraizadores hoy en día juegan un papel muy importante en la producción de especies ya que son los encargados de estimular y promover la formación de nuevas raíces, estos productos son una combinación balanceada de auxinas enraizadoras, vitaminas, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y el elemento fósforo, los cuales producen una actividad intensa y rápida en función de generar actividad y elasticidad a nivel de los primordios de raíces y haces vasculares, (Vendramini, 2019).

Los enraizadores actúan sobre las raíces promoviendo una rápida acción de preparación de los primordios que serán convertidos en raíces, produce una rápida compensación de los niveles hormonales para dar soporte al proceso que generan la formación, desarrollo y crecimiento de las raíces, también genera el

engrosamiento de tallos, produce un gran sistema radicular, fuerte y fibroso (Osuna, 2017).

2.8. Propagación vegetativa de las plantas.

Pereira (2003), menciona la importancia de propagar un vegetal de una forma vegetativa, ya que es un medio muy utilizado para producir material vegetal de manera masiva, incrementando la calidad, productividad, reduciendo el tiempo y conservando las características de la planta madre.

La propagación de vegetativa de plantas es uno de los métodos más usados a nivel práctico, además de tener una gran importancia a nivel económico. Son diversas las razones y usos que este método de propagación aporta al momento de aplicarlo, (pineda, 2013).

Pereira (2003) señala que la propagación vegetativa es la vía para la conservación de las especies vegetales, debido a que los clones provenientes de partes de la planta madre, contienen la misma información genética. Siendo útil en la propagación de árboles frutales, ornamentales y forestales, presentando resultados satisfactorios.

El proceso de multiplicación de plantas que se lleva a cabo por medio de la división celular y diferenciación celular, interviene la genética de la planta debido a que estas tienen la capacidad de regenerar sus células meristemáticas y desarrollar un punto nuevo de crecimiento, además las células somáticas y por consecuencia los tejidos tienen la capacidad de regeneración de órganos adventicios o laterales, que es el punto de interés en la propagación vegetativa, (Fachinello et al., 1994). La propagación vegetativa tiene como finalidad clonar el genotipo de la planta madre, a través de células somáticas, debido a la multiplicación mitótica, usando distintos tejidos de una planta, entre ellos; tallos, partes apicales raíces u otras estructuras especializadas como meristemos, ápices caulinares, callos y embriones.

Existen riesgos de que la multiplicación vegetativa presente resultados adversos a los esperados ya que la ausencia de variabilidad generada en el clon le resulta

perjudicial aumentando problemas fitosanitarios o bien de adaptación climática, (Fachinello et al., 1994).

2.9. Propagación por estacas.

La propagación por estacas o estaquillado consiste en separar de un vegetal un órgano o un fragmento de órgano para ayudarle a subsistir y después a regenerarse; es decir que vuelve a formar los órganos que le faltan para construir una nueva planta, (Heede y Lecourt, 1989). Este órgano se coloca bajo condiciones ambientales favorables y se le induce a formar raíces, tallos o ambos produciendo así una nueva planta independiente, siendo genéticamente idéntica a la planta progenitora, (Hartmann y Kester, 1999 y Westwood, 1982).

Las estacas pueden ser de tallo, de raíz o de hoja; las que se toman de especies de hoja caduca, durante la etapa de letargo, se les denomina “estacas de madera dura”, mientras que las que se toman durante la temporada de crecimiento se les denomina “estacas de hoja”, “de madera tierna”, “madera suave”, o de madera semidura “, (Weaver, 1990 y Westwood, 1982).

La propagación por estacas, las raíces que se forman son de tipo adventicias, comenzando con una división radial intensa de las células de los haces vasculares en los tallos jóvenes herbáceos en algunos puntos del periciclo alrededor del cilindro central, o bien en los tallos jóvenes de leñosas, una vez que aparecen en el exterior su crecimiento posterior se presenta básicamente por alargamiento celular.

2.9.1. Importancia, ventajas y desventajas de la propagación por estacas.

Un método muy usado y conveniente para la propagación de algunos frutales en forma directa y para la obtención de patrones de muchas otras, (Calderón, 1992). También es una técnica muy importante para la propagación de arbustos ornamentales, tanto de especies caducifolias como de hoja ancha y siempre verdes de hoja angosta; también se usa extensamente en la propagación comercial de varios cultivos florales en invernadero, (Hartman y Kester, 1999).

Las ventajas de esta técnica, es que se puede obtener un gran número de plantas en un espacio limitado, es económico, simple, rápido, no necesita de técnicas especiales, se tiene una mayor uniformidad por no haber una variación que en ocasiones resulta en las pocas plantas injertadas. (Hartman y Kester, 1999, Calderón, 1992). Agrandando su ventaja en especies de fácil enraizamiento, mientras que en especies de enraizamiento difícil se presentan algunas mínimas desventajas como: imposibilidad de una resistencia especial de la raíz a condiciones desfavorables y reducidos porcentajes de prendimiento en algunas especies y variedades, (calderón, 1992).

2.10. Principales Factores que Influyen Sobre el enraizamiento.

2.10.1. Callo.

Cuando una especie se coloca en condiciones favorables para el enraizamiento después de cortadas, se desarrolla cierta cantidad de callo en su extremo basal. El callo es una masa irregular de células parenquimatosas en diversos estados de lignificación. Con frecuencia, las primeras raíces aparecen a través del callo en algunas plantas, lo que hace suponer que el callo es esencial para el enraizamiento. Sin embargo, la formación de callo y la formación de raíces son independientes en la mayoría de las plantas, (Hartman y Kester, 1999).

2.10.2. pH.

(Hartman y Kester, 1999), Menciona que existen pruebas de que el pH del medio de enraizamiento, puede influir en el tipo de callo, lo cual afecta la emergencia de raíces adventicias.

2.10.3. Selección del material para estacas.

Para la selección del material para estacas, existe un gran número de factores que tienen gran influencia sobre su enraizamiento; pero de todos ellos, lo que se han considerado de mayor importancia son los que a continuación se mencionan.

2.10.4. Condición fisiológica de la planta madre.

Wilkinson y Withnall (1970), la iniciación de raíz, puede proceder si existe un correcto balance de nutrientes (carbohidratos, particularmente almidón y proteínas) y cofactores del enraizamiento son disponibles.

Calderón (1992), indica que, para la obtención de estacas, el vigor del árbol madre debe estar equilibrado, de manera que su relación carbono/nitrógeno sea normal y no estén presentes características juveniles, como tampoco síntomas de desnutrición. En las plantas madres el equilibrio de contenido bajo de nitrógeno y contenido elevado de carbohidratos favorece el enraizamiento, (Hartmann y Kester, 1999), lo cual puede lograrse en diversas formas como son: la provisión del nitrógeno a las plantas madres, con lo que se reduce el crecimiento de las ramas y se permite la acumulación de carbohidratos, escoger estacas de partes de la planta que estén en estado nutritivo, por ejemplo, tomar ramas laterales en las que se ha disminuido el crecimiento rápido y se han acumulado los carbohidratos. Normalmente, tiende a existir en las porciones basales bajo contenido de nitrógeno y una mayor acumulación de carbohidratos que favorece un buen enraizamiento.

2.10.5. Edad de la planta madre.

En plantas difíciles de enraizar, la edad de la planta madre puede ser un factor dominante para la formación de raíces. Experimentos realizados con manzano, peral cerezo y otras especies, incluyendo siempre verdes de hoja angosta, han demostrado que la capacidad de las estacas para formar raíces adventicias disminuye con el aumento de la edad de las plantas procedentes de semillas. Las estacas tomadas de plantas de semilla de un año de edad enraizaron con facilidad, pero las que tenían dos años de edad, el enraizamiento disminuyó de manera considerable, (Hartmann y Kester, 1999). También, Calderón (1992), reporta que existen mejores respuestas de enraizamiento, cuando las estacas se toman de árboles jóvenes o rejuvenecidos que cuando se toman de árboles viejos.

Hartman y Kester (1999), señalan que es posible que la relación entre el estado juvenil y el enraizamiento pueda explicarse por el incremento de la producción de inhibidores de las raíces a medida que la planta aumenta en edad.

2.10.6. Tipo de madera seleccionada para estacas.

Actualmente en fruticultura se usan solo dos tipos de estacas: las de madera dura que son aquellas que forman parte de ramas o brotes que tienen por lo menos una temporada completa de crecimiento. Y las de madera tierna, que son aquellas que componen brotes verdes y todavía con hojas, en proceso de crecimiento, succulento y en plena actividad fisiológica, (Calderón, 1992).

2.10.7. Época del año en que se colectan las estacas.

La época del año en que se colectan las estacas, puede en algunos casos, ejercer gran influencia sobre el enraizamiento. Las estacas de madera suave de especies leñosas caducifolias tomadas en primavera o verano, por lo general tienden a enraizar más fácilmente que las estacas de madera tomadas en invierno, así lo confirmo, (Ruelas, 1976).

En mayo 26, el enraizamiento es generalmente alta en otoño, declinando a más bajos niveles a mediados del invierno antes de aumentar rápidamente a mediados de enero, (Howard, 1981).

2.11. Condiciones ambientales durante el enraizamiento.

2.11.1. Temperatura

Para el enraizamiento de estacas, la mayoría de las especies son adecuadas temperaturas diurnas de 21 a 27 °c, con temperaturas nocturnas de 15 °c, aunque ciertas especies enraízan mejor a temperaturas más bajas. La temperatura elevada del aire, tiende a estimular el desarrollo de yemas con anticipación al desarrollo de raíces y aumentar la pérdida de agua por las hojas. Por lo que es importante que se desarrollen las raíces antes que el tallo (Hartman y Kester, 1999).

2.11.2. Medios de enraizamiento.

El medio de enraizamiento juega también un papel muy importante en el enraizamiento de las estacas ya que tienen tres funciones principales: mantenerlas en su lugar durante el periodo de enraizamiento, proporcionarles humedad y permitir la aireación en la base de estas, (Hartman y Kester, 1999).

El medio de enraizamiento se le denomina sustrato, se refiere a todo material sólido al suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o mezcla permite el anclaje del sistema radical, desempeñando, por lo tanto, un papel de soporte para la planta. Es raro que un material reúna por sí solo las características físicas, químicas y biológicas más adecuadas para unas determinadas condiciones de cultivo, (Abad, 1993).

2.12. Formación de raíces adventicias.

Al momento de producir una lesión en la planta, esta responde de manera inmediata, las células lesionadas son cubiertas con una placa necrótica de suberina que se encarga de sellar la herida expuesta, esta placa protege la lesión principalmente de la desecación. Posteriormente las células que están atrapadas en esa placa comienza a dividirse formando una capa de células llamada callo. Mientras tanto las células más cercas al cambium vascular y al floema empiezan a desarrollar raíces adventicias, (Hartmann y Kester, 1998).

Soto (2006), menciona que la formación de raíces se origina a partir de células divididas que estas próximas al floema de los vasos conductores, los cuales forman un callo del que se diferencian luego las raíces. Si se produce una lesión en la planta las células parenquimatosas próximas a la herida empiezan a diferenciarse y vuelven a dividirse para formar un callo, posteriormente empiezan a aparecer en algunas células del callo, ciertas diferenciaciones que conducen a un nuevo tejido, formando puntos vegetativos caulinares o radicales, restableciendo la unión con los elementos conductores.

En plantas perennes se desarrollan raíces adventicias primordialmente en tejidos jóvenes, por lo que se dificulta obtener un buen porcentaje de enraizamiento en

plantas leñosas. Las raíces adventicias se originan principalmente dentro del desarrollo, cerca del cambium por lo que se recomienda al momento de realizar una lesión para un enraizamiento para clonación, es conveniente dejar expuesto el cambium.

Para mejorar la formación de raíces adventicias se recomienda hacer aplicaciones de fitorreguladores de crecimiento, entre ellas destacan las auxinas, que estimulan el proceso de enraizamiento ejerciendo mayor efecto en la iniciación de las raíces adventicias en estacas o esquejes, (Hartmann y Kester, 1998).

2.13. RAIZONE-PLUS.

Es un potente promotor radicular con una fórmula balanceada y estabilizada de sustancias responsables del desarrollo; activa el desarrollo de pelos radiculares y ayuda a la planta a enfrentar problemas de salinidad, compactación, anegamiento, sequía, y nematodos y maximiza el potencial de crecimiento radicular al producir el crecimiento en los rendimientos, (Arysta life science, 2010).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Ubicación del sitio experimental.

El presente trabajo de investigación realizó a partir del día 22 de julio al 17 de noviembre del 2021, en el invernadero de propagación del departamento de Horticultura, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, se localiza geográficamente en las coordenadas: 101° 1' 52" longitud oeste y 25° 21' 10" longitud norte y una altura de 1783 msnm., su clima predominante es semicálido seco con invierno fresco, extremoso y verano cálido; la temperatura media anual es de 14 a 18 °C con una precipitación media anual de 400 a 500 mm y una evaporación promedio de 2167 mm.

3.2. Características del sitio experimental.

Se trabajó en dos ambientes diferentes, el primero bajo condiciones de invernadero el cual cuenta con una cubierta de cristal y camas a base de cemento, el segundo, en un jardín de misma área en la que se encuentra el invernadero, bajo condiciones ambientales naturales, mientras que las condiciones del tipo de sustrato que se utilizó para realizar la investigación (PEAT MOSS TURBA DE SPHAGNUM), es un producto que se forma a través de la descomposición de materia orgánica y se caracteriza por ser una masa ligera y esponjosa que facilita su manejo, y que además tiene características físicas como el descomponerse lentamente, retiene una gran cantidad de agua, nutrientes y ayudan a una mejor aireación, mejorando el desarrollo de las raíces, lo que favorece al desarrollo de las plantas.

3.3. Material vegetativo.

Las estacas fueron obtenidas para su propagación de especies como; *Sedum*, granado, rosal, granado y olivo, los cuales presentan tallos herbáceos, semileñoso y leñosas respectivamente, y que se encuentran en el invernadero de propagación del departamento de Horticultura.

3.4. Materiales utilizados.

Los productos utilizados para el enraizamiento de las especies fueron; el herbicida 2,4-D Amina que está hecho a base de 2,4-D-Diclorofenoxiacético, RAIZONE-PLUS, extracto de germinado de lenteja y mucilago de sábila. Para preparar realizar la preparación de las diferentes concentraciones.

3.5. Establecimiento del cultivo.

La preparación del sustrato se llevó acabo de forma manual, el trabajo consistió en la des-compactación del sustrato (PEAT MOSS TURBA DE SPHAGNUM), dentro de un contenedor, al cual se le agregando también perlita tipo B, posteriormente se agregó agua con ayuda de una regadera a manera que se hidratara, una vez terminada esta actividad se continuo con la selección de 10 charolas, cada una de ellas con 77 cavidades, posteriormente y con la ayuda de una pala jardinera de mano, se llevó acabo el llenado de cada una de ellas.

Para la colecta de las estacas se requirieron de 5 especies diferentes (geranio, granado, *Sedum*, olivo y rosa), las cuales se encuentran en el invernadero de propagación, y con ayuda de unas tijeras para podar, se cortaron ramas laterales y partes de tallos de cada una de las especies, una vez realizada esta actividad se continuo a cortar las estacas con una altura aproximada de 9 cm cada una, obteniendo así un total de 154 estacas por especie.

3.5.1. Plantación.

La plantación se llevó a cabo el día 21 de julio del 2021, la cual consistió en llevar a cabo la preparación de cinco soluciones a base de agua y el producto comercial 2-4D Amina, cada una a diferentes concentraciones (25, 50, 100, 200 y 400 ppm), la elaboración de dos productos naturales; el primero a base de lenteja y el segundo de sábila, y por último se utilizó también un enraizador comercial (RAIZONE*-PLUS), posteriormente se marcó cada una de las charolas con una especie diferente y con cada uno de los ocho distintos tratamientos que se establecieron en cada una de las secciones de la misma, por último se seleccionaron cinco charolas con cada una de las especie, de tal forma que la mitad de estas se colocaron en el sistema 1 (condiciones de invernadero), y la otra mitad en el sistema 2 (condiciones naturales).

3.5.2. Aplicación de los tratamientos.

La actividad consistió en tomar cinco estacas foliares de *Sedum*, sumergiéndolas durante cinco segundos a una aproximado de 2 cm de profundidad en una dosis de 25 ppm del producto 2,4-D Amina para posteriormente plantarlas en cada cavidad y sección de la charola, para el tercer, cuarto, quinto y sexto tratamiento de la misma forma se tomaron nuevamente cinco estacas foliares de la misma especie y repitiendo el proceso anterior se sumergieron durante cinco segundos pero a concentraciones de 50, 100, 200 y 400 ppm respectivamente, para los tratamientos siete y ocho se volvieron a tomar cinco estacas de *Sedum* para cada tratamiento y se sumergieron durante cinco según pero ahora en extracto de germinado de lenteja y otro en mucilago de sábila, una vez realizado los ocho tratamientos con *Sedum*, se repite el mismo procedimiento con cada una de las diferentes especies establecidas.

Para obtener cada una de los diferentes tratamientos, consistió con la ayuda del material de apoyo de una jeringa (5 ml), probeta graduada (250 ml), siete recipientes de 1L., un recipiente pequeño, siete vasos (300 ml), 300 g de lenteja, dos pencas de sábila, una licuadora, una coladera, un cuchillo.

Para preparar cada una de las cinco soluciones a base del herbicida (2,4-D Amina), se realizaron una serie de cálculos, una vez definidas las cantidades del producto, posteriormente se prosiguió a medir la cantidad de 4 ml del herbicida 2,4-D Amina con ayuda de una jeringa para después ser aforada en un litro de agua y obtener la solución de 400 ppm, siguiendo con el procedimiento, de la primera solución y con ayuda de una probeta graduada se midieron 200 ml los cuales se depositaron en otro recipiente aforándose en un litro de agua y así tener la segunda solución con 200 ppm, así mismo para obtener el tercer, cuarto y quinto tratamiento y siguiendo un orden, se realizó el mismo procedimiento para obtener las soluciones con concentraciones de 100, 50 y 25 ppm.

Para la preparación del extracto de germinado de lenteja, se pesaron 300g de lenteja y se colocaron dentro de una botella con un litro de agua, se dejó reposar durante 48 horas, pasado este tiempo, con ayuda de una licuadora se licuo y con ayuda de una coladera se sustrajo el extracto para ser depositado en una botella y poder ser usado. Para la obtención del mucilago de sábila, se cortaron dos pencas y con la ayuda de un cuchillo se cortaron a la mitad con la finalidad de extraer el mucilago de cada una de ellas para su uso.

La aplicación de todos y cada uno de los enraizadores y soluciones obtenidas de cada producto fueron aplicados acorde a cada unidad experimental, siguiendo un orden de acuerdo al tipo de tratamiento que se les daría por sección de charola.

3.6. Diseño experimental.

Este experimento fue establecido bajo condiciones protegidas y también a campo abierto, dadas estas circunstancias fue bueno utilizar un diseño de bloques al azar con arreglo factorial AXBXC (2x5x4), factor A (sistema de producción), factor B (especies establecidas) y factor C (productos promotores de raíces), obteniendo un total de 40 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, en total el experimento tendrá un total de 120 unidades experimentales.

3.7. Modelo estadístico.

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Valor correspondiente a la i-esima dentro del invernadero y fuera del invernadero, j-esima especies, k-esima dosis de enraizadores, l-esima repetición, μ = Media general común de todos los tratamientos, α_i = Respuesta de la i-esima media del factor A, β_j = Respuesta de la j-esima media del factor B, γ_k = Respuesta de la k-esima media del factor C, $\alpha\beta_{ij}$ = Respuesta de la interacción de la i-esima del factor A en combinación con la j-esima del factor B, $\alpha\gamma_{ik}$ = Respuesta de la interacción de la i-esima del factor A en combinación con la k-esima del factor C, $\beta\gamma_{jk}$ = Respuesta de la interacción de la j-esima del factor B en combinación con la k-esima del factor C, $\alpha\beta\gamma_{ijk}$ = Respuesta de la interacción de la i-esima del factor A, j-esima del factor B y la k-esima del factor C, E_{ijkl} = Error experimental de la i-esima dentro del invernadero y fuera del invernadero, j-esima especies, k-esima dosis de enraizadores y l-esima repetición.

3.8. Descripción de factores.

En esta investigación se trabajaron con tres factores que son A, B, C que corresponden respectivamente a sistemas de producción, especies establecidas y productos promotores de raíces.

Factor A (sistema de producción).

A₁= condiciones de invernadero, A₂= campo abierto

Factor B (Especies establecidas).

B₁= *Sedum*, B₂= Geranio, B₃= Rosa, B₄= Granada, B₅= Olivo.

Factor C (Productos promotores de raíces).

C₀= 0, C₁= RAIZONE- PLUS, 45 g, C₂= 2,4-D Amina, 25 ppm, 2,4-D Amina 50 ppm, 2,4-D Amina 100 ppm, 2,4-D Amina 200 ppm, 2,4-D Amina 400 ppm, C₃= extracto de germinado de lenteja, 150 ml, C₄= mucilago de sábila, 150 ml.

3.9. Descripción de los tratamientos.

La interacción de los factores se obtuvieron los siguientes tratamientos descritos en el cuadro 3.1

Cuadro 3.1. Descripción de tratamientos.

TRATAMIENTOS	FACTORES	DESCRIPCIÓN
0	A1*B1*C0	Sin aplicación de algún producto.
1	A1*B1*C1	Solo aplicación de enraizador comercial RAIZONE-PLUS.
2	A1*B1*C2	Aplicación de 2,4-D Amina en distintas concentraciones (25, 50, 100 ,200 y 400 ppm)/ L de agua.
3	A1*B1*C3	Aplicación de extracto de germinado de lenteja.
4	A1*B1*C4	Aplicación de mucilago de sábila.
0	A1*B2*C0	Sin aplicación de algún producto.
5	A1*B2*C1	Solo aplicación de enraizador comercial RAIZONE-PLUS.
6	A1*B2*C2	Aplicación de 2,4-D Amina en distintas concentraciones (25, 50, 100 ,200 y 400 ppm)/ L de agua.
7	A1*B2*C3	Aplicación de extracto de germinado de lenteja.
8	A1*B2*C4	Aplicación de mucilago de sábila.
0	A1*B3*C0	Sin aplicación de algún producto.
9	A1*B3*C1	Solo aplicación de enraizador comercial RAIZONE-PLUS.
10	A1*B3*C2	Aplicación de 2,4-D Amina en distintas concentraciones (25, 50, 100 ,200 y 400 ppm)/ L de agua.
11	A1*B3*C3	Aplicación de extracto de germinado de lenteja.
12	A1*B3*C4	Aplicación de mucilago de sábila.
0	A1*B4*C0	Sin aplicación de algún producto.
13	A1*B4*C1	Solo aplicación de enraizador comercial RAIZONE-PLUS.
14	A1*B4*C2	Aplicación de 2,4-D Amina en distintas concentraciones (25, 50, 100 ,200 y 400 ppm)/ L de agua.
15	A1*B4*C3	Aplicación de extracto de germinado de lenteja.

16	A1*B4*C4	Aplicación de mucilago de sábila.
0	A1*B5*C0	Sin aplicación de algún producto.
17	A1*B5*C1	Solo aplicación de enraizador comercial RAIZONE-PLUS.
18	A1*B5*C2	Aplicación de 2,4-D Amina en distintas concentraciones (25, 50, 100 ,200 y 400 ppm)/ L de agua.
19	A1*B5*C3	Aplicación de extracto de germinado de lenteja.
20	A1*B5*C4	Aplicación de mucilago de sábila.
0	A2*B1*C0	Sin aplicación de algún producto.
21	A2*B1*C1	Solo aplicación de enraizador comercial RAIZONE-PLUS.
22	A2*B1*C2	Aplicación de 2,4-D Amina en distintas concentraciones (25, 50, 100 ,200 y 400 ppm)/ L de agua.
23	A2*B1*C3	Aplicación de extracto de germinado de lenteja.
24	A2*B1*C4	Aplicación de mucilago de sábila.
0	A2*B2*C0	Sin aplicación de algún producto.
25	A2*B2*C1	Solo aplicación de enraizador comercial RAIZONE-PLUS.
26	A2*B2*C2	Aplicación de 2,4-D Amina en distintas concentraciones (25, 50, 100 ,200 y 400 ppm)/ L de agua.
27	A2*B2*C3	Aplicación de extracto de germinado de lenteja.
28	A2*B2*C4	Aplicación de mucilago de sábila.
0	A2*B3*C0	Sin aplicación de algún producto.
29	A2*B3*C1	Solo aplicación de enraizador comercial RAIZONE-PLUS.
30	A2*B3*C2	Aplicación de 2,4-D Amina en distintas concentraciones (25, 50, 100 ,200 y 400 ppm)/ L de agua.
31	A2*B3*C3	Aplicación de extracto de germinado de lenteja.
32	A2*B3*C4	Aplicación de mucilago de sábila.
0	A2*B4*C0	Sin aplicación de algún producto.
33	A2*B4*C1	Solo aplicación de enraizador comercial RAIZONE-PLUS.

34	A2*B4*C2	Aplicación de 2,4-D Amina en distintas concentraciones (25, 50, 100 ,200 y 400 ppm)/ L de agua.
35	A2*B4*C3	Aplicación de extracto de germinado de lenteja.
36	A2*B4*C4	Aplicación de mucilago de sábila.
0	A2*B5*C0	Sin aplicación de algún producto.
37	A2*B5*C1	Solo aplicación de enraizador comercial RAIZONE-PLUS.
38	A2*B5*C2	Aplicación de 2,4-D Amina en distintas concentraciones (25, 50, 100 ,200 y 400 ppm)/ L de agua.
39	A2*B5*C3	Aplicación de extracto de germinado de lenteja.
40	A2*B5*C4	Aplicación de mucilago de sábila.

3.10. Variables evaluadas y su medición.

Para este trabajo de investigación se decidió evaluar la siguiente variable (Longitud de raíces), debido a que es una característica importante para conocer los efectos que presenta el herbicida 2,4-D Amina (ácido diclorofenoxiacético), en la estimulación y formación de nuevas raíces comparado con productos naturales (lenteja y sábila), y enraizadores comerciales (RAIZONE) en dos ambientes diferentes.

3.10.1. Longitud de Raíz (LR).

Se analizaron tres unidades por cada tratamiento, con apoyo de una regla se midieron desde su base cada una de las raíces generadas, los datos obtenidos se registraron en cm y anotados en una libreta de forma ordenada.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los datos que se obtuvieron fueron analizados estadísticamente en el programa SAS (Versión 9.1), se registran y discuten los resultados obtenidos, para un mejor entendimiento de la variable. En el Cuadro 4.1, el ANOVA (análisis de varianza) reporta los niveles de significancia de la variable evaluada, donde se muestra la concentración de los cuadros medios de las variables evaluadas, (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1 Cuadro del registro de cuadrados medios del análisis de varianza para la variable longitud de raíz (LR).

FV	GL	LR
A	1	0.354 ^{NS}
B	4	0.0001 ^{**}
C	7	0.881 ^{NS}
A*B	4	0.027 ^{NS}
A*C	7	0.912 ^{NS}
B*C	28	0.855 ^{NS}
A*B*C	28	0.161 ^{NS}
Error	160	1.702
Total	239	
CV		61.343

FV=Fuente de Variación, GL= Grados de Libertad, SC= Suma de Cuadrados, CM= Cuadrados Medidos, C.V.= Coeficiente de Variación, LR= longitud de raíz, NS= No significativo, *= significativo, **= Altamente Significativo.

4.1. Longitud de raíz (LR).

La raíz es uno de los principales órganos de la planta, cuyas principales funciones son: anclaje, absorción de agua y nutrientes, almacenamiento de reservas, síntesis de hormonas y/o reguladores de crecimiento. (Curits y Barnes, 1997).

Al analizar los resultados para el factor A (sistemas de producción), se encontró una respuesta estadística no significativa entre sistemas, lo que indica que estadísticamente son semejantes, es decir que sean estas condiciones de invernadero o ambientales naturales, no causan un mayor efecto entre las diferentes condiciones en la estimulación y formación de nuevas raíces, sin

embargo, al realizar un análisis porcentual comparativo de las medias, se encontró una diferencia mínima a favor del sistema 1 (condiciones de invernadero) de tan solo un 0.204 %, estos resultados obtenidos, pueden estar influidos de alguna manera con la época en que se realice la práctica de propagación, que en este caso se realizó en el verano, que presenta temperaturas favorables para la producción de raíces y que favoreció de alguna manera el enraizamiento en algunas especies en específico, como es el caso de los geranios y *Sedum morganianum*, sin embargo es importante comentar que el retraso en la promoción y formación de raíces, sea debido en parte a la presencia de bajas temperaturas durante la noche, las cuales influyeron de alguna manera en el proceso de formación de raíces, es probable que la influencia sea mayor cuando el proceso de propagación se realice en el invierno y se obtengan mejores resultados en los logrados en este trabajo de investigación, (Dole, John M.; Gibson, James L., 2006), menciona que en primavera es la mejor época para la propagación de cualquier especie ya que hay un activo crecimiento de los brotes y existe una mayor facilidad de enraizamiento.

Para el factor B (especies establecidas), se obtuvo una respuesta entre tratamientos altamente significativa, lo que indica que las especies tienen un comportamiento diferente entre ellas, ya que en todas se favoreció la formación de nuevas raíces en estacas con los diferentes tratamientos empleados; haciendo una comparativa porcentual del comportamiento que presentó cada especie en relación a los diferentes tratamientos empleados, el geranio fue la especie que presentó un mejor y rápido enraizamiento con una media del 8.0 %, en comparación con las demás especies, el rosal presentó el siguiente mejor resultado en la formación de nuevas raíces con una media del 6.43 %, mientras que en el olivo se obtuvo una media del 4.39 %, en tanto que en *Sedum* se obtuvo una media de enraizamiento del 3.11%, en el granado se presentó un menor efecto con una media del 1.81 %, estos resultados pueden explicarse en parte, al tipo de estructura y consistencia que presenta cada tallo de las diferentes especies, lo que influye de manera positiva en un mayor y rápido enraizamiento en algunas especies como lo es geranio y *Sedum*, que presentan una

consistencia suave, mientras que en otras especies que presentan un tallo leñoso o semileñoso como es el caso del granado, olivo y rosál, presentan un enraizamiento favorable pero en un periodo más largo. (Salisbury 2000) afirma que según sea la especie, los requerimientos hormonales tienden a variar, debido a que las células de los meristemos radicales contienen un nivel de auxinas, provenientes de la parte aérea, suficientes para una elongación normal; ya que de excederse en este regulador puede causar toxicidad y/o efectos adversos.

Factor C (productos promotores de raíces), se obtuvo una respuesta estadísticamente no significativa lo que indica, que los tratamientos estadísticamente son iguales, es decir que los resultados en el tamaño de raíz en estacas serán semejantes al aplicar RAIZONE-PLUS, mucilago de sábila, extracto de germinado de lenteja y 2,4-D Amina a las concentraciones de 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 200 ppm, y 400 ppm, sin embargo, al realizar una comparativa porcentual entre medias de los resultados obtenidos con relación al efecto que tuvo cada uno de ellos en la formación de nuevas raíces en las diferentes especies, comparándolo con el testigo, se obtuvieron los siguientes datos (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Resultados del efecto de cada producto en la formación de nuevas raíces en las diferentes especies.

PRODUCTO	DOSIS	DIFERENCIA EN PORCENTAJE
Testigo	-	-
RAIZONE-PLUS	45 g	27.14 %
2,4-D amina	25 ppm	37.14 %
2,4-D amina	50 ppm	56.67 %
2,4-D amina	100 ppm	39.92 %
2,4-D amina	200 ppm	9.05 %
2,4-D amina	400 ppm	13.81 %
Mucilago de Sábila	150 ml	42.86 %
Extracto de lenteja	150 ml	38.57 %

En el cuadro 4.2, se observa el efecto que tuvo cada producto, independientemente de las diferentes especies, se observa la influencia que ejercen los diferentes promotores de raíces empleados, encontrándose que el RAIZONE-PLUS supera al testigo en un 27.14 %, el 2,4-D Amina a 25 ppm en

un 37.14 %, a 50 ppm un 56.67 %, a 100 ppm un 39.92 %, a 200 ppm se reduce la influencia y solo alcanza un valor de 9.05 % y cuando se utilizó una concentración de 400 ppm la respuesta fue muy semejante a la de 400 ppm con un 13.81 %, cuando se utilizó mucilago de sábila se obtuvo una respuesta de 42.86 % y de 38.57 % sobre el testigo cuando se utilizó extracto de germinado de lenteja.

Los mejores resultados se obtuvieron cuando se utilizaron como enraizadores, RAIZONE-PLUSE, 2,4-D Amina a 25,50 y 100 ppm, además de mucilago de sábila y extracto de germinado de lenteja; se observa además que cuando se incrementa la concentración de 2,4-D Amina a más de 100 ppm se afecta de manera significativa la respuesta al enraizamiento, aunque se sigan obteniendo respuestas superiores al testigo.

Se observó que en estacas foliares de *Sedum*, reportan una mejor respuesta con el tratamiento 2,4-D Amina a una concentración de 100 ppm, obteniendo una media del 36 % con relación al testigo (ver figura 4.1), mientras que en geranio el mejor resultado se obtuvo con el tratamiento 2,4-D con una concentración de 50 ppm presentando una media del 56 % en la formación de nuevas raíces (ver figura 4.2.), para el rosal el tratamiento que presentó un mejor efecto fue con RAIZONE- PLUS, obteniendo una media del 214 % (ver figura 4.3.), mientras que en estacas de granado no se presentaron resultados favorables en ninguno de los tratamientos empleados para la promoción de raíces (ver figura 4.7.4), por último en estacas de olivo un mejor efecto en la estimulación y formación de raíces se presentó utilizando el producto 2,4-D Amina a una concentración de 50 ppm presentando una media del 124 % (ver figura 4.5). Esto indica que a diferentes concentraciones de 2,4-D se generan distintas respuestas rizogénicas. Esto se puede explicar porque probablemente a una concentración determinada, las propiedades del 2,4-D de estimular la diferenciación y el posterior desarrollo radical de las células epidérmicas aumentan (AzcónBieto y Talón, 1993). Gutiérrez (1995) señala que dicha respuesta depende de una serie de factores

internos, los que interactúan con los externos, generando cambios en el metabolismo, la des diferenciación y el posterior crecimiento.

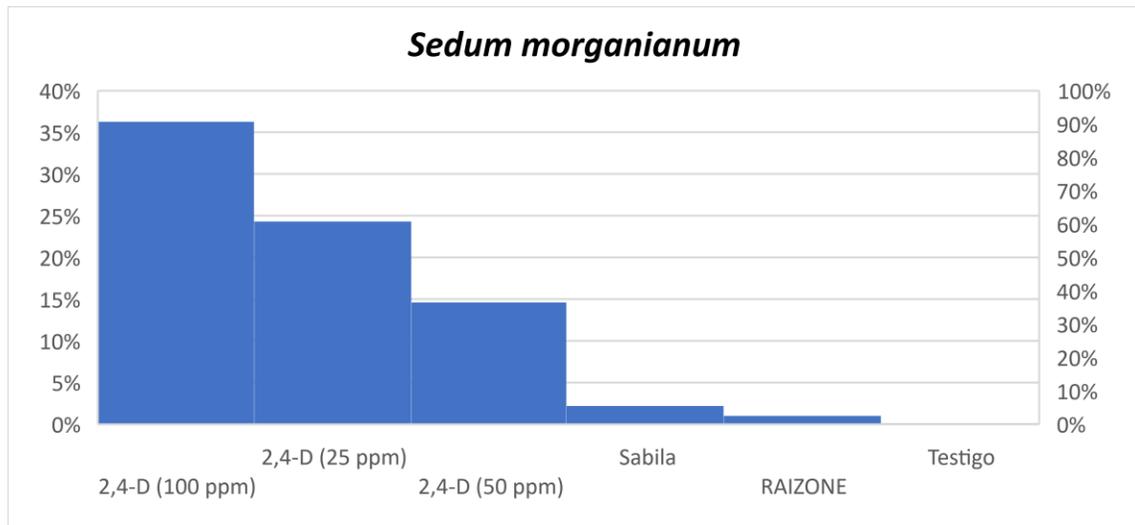


Figura 4.1. Influencia de diferentes productos en la estimulación y formación de nuevas raíces en *Sedum morganianum*.

En la figura (4.1), se muestra la respuesta sobre enraizamiento, que tuvo cada promotor de enraizamiento en la especie *Sedum*, se realizó una comparativa porcentual de la influencia de los diferentes tratamientos con respecto al testigo, encontrando que es posible en esta especie utilizar el 2,4-D Amina como enraizador, siempre que la concentración a emplear no sea mayor a 100 ppm, cuando se utiliza a concentraciones mayores se favorece la intoxicación de las unidades de propagación y en consecuencia la muerte de estas, cuando se utiliza el 2,4-D Amina a una concentración de 100 ppm, se refleja un mejor efecto en la formación de nuevas raíces, superando al testigo en un 36 %, mientras que cuando se emplean a dosis de 25 ppm y 50 ppm superan al testigo en 24 % y 15 % respectivamente, el uso de productos orgánicos como la sábila ejercen una respuesta favorable mínima de tan solo un 2.21 % sobre el testigo y resultados no satisfactorios e incluso con valores menores al testigo de -11.94 %, el uso de RAIZONE como promotor de raíces, en *Sedum* reporta una diferencia mínima de tan solo 1.01 %, por lo que es factible en la promoción de raíces en *Sedum*, el empleo de 2,4-D Amina, siempre que no se utilice a una dosis mayor a 100 ppm, es importante comentar que el uso de este herbicida como promotor de raíces es

muy económico llegando a costar el litro de producto terminado \$ 0.25 (¢25), lo que lo hace un producto muy económico que ofrece buenos resultados.

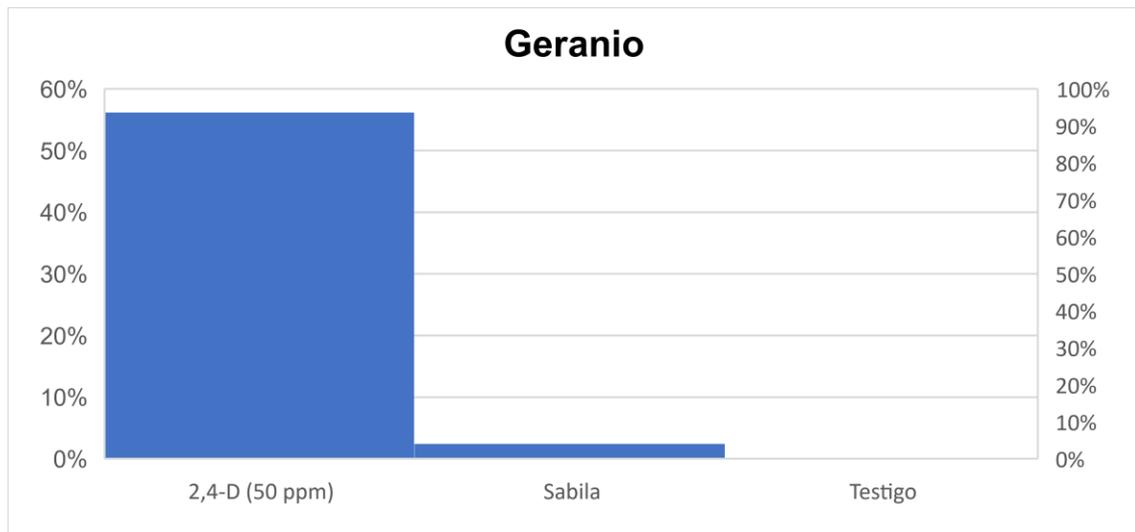


Figura 4.2. influencia de diferentes productos en la estimulación y formación de nuevas raíces en geranio.

En la figura (4.2.), se puede observar la influencia que presentaron los diferentes estimulantes de raíces en la especie de geranio, se realizó una comparación porcentual de la influencia de los distintos tratamientos con respecto al testigo, encontrándose que el uso de 2,4-D Amina empleado como enraizador en la especie de geranio resulta eficiente siempre y cuando no se supere una concentración de 50 ppm ya que de ser así se favorece a la intoxicación de las estacas y por ende la muerte de las mismas, cuando se utiliza 2,4-D Amina a una concentración de 50 ppm, se refleja un mejor efecto en la estimulación y formación de raíces superando al testigo en un 56 %, mientras que cuando se emplean productos orgánicos como mucilago de sábila ejerce una respuesta mínima de tan solo un 2.45 % sobre el testigo y resultados no satisfactorios e incluso con valores menores al testigo como lo fue en el caso de los tratamientos con extracto de germinado de lenteja, RAIZONE-PLUS y 2,4-D Amina con concentraciones de 25, 100, 200 y 400 ppm, presentando valores de -20.36,-22.81, -24.34, -30.62 % y -24.80 respectivamente, por lo que el uso de 2,4-D Amina es factible para la promoción de raíces en geranio siempre y cuando se respete una concentración de 50 ppm.

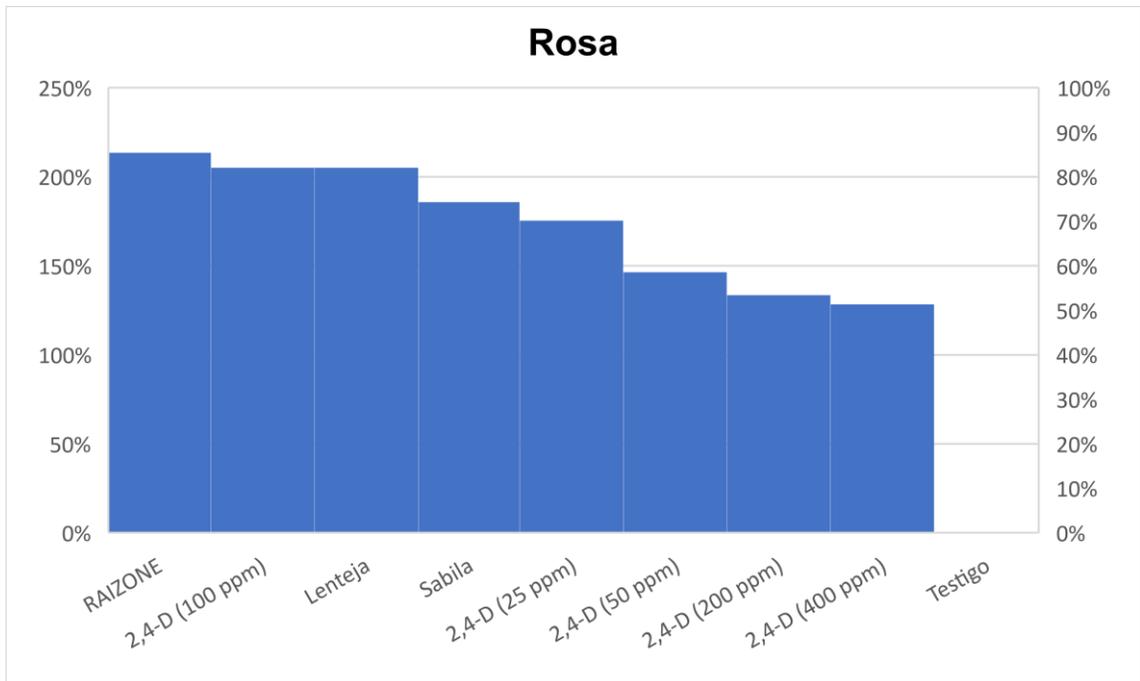


Figura 4.3. Influencia de diferentes productos en la estimulación y formación de nuevas raíces en Rosa.

En la figura (4.3), se muestra el resultado sobre la estimulación de nuevas raíces que presento cada promotor de enraizamiento en la especie de rosal, por lo que se realizó una comparativa porcentual de la influencia de los diferentes tratamientos con respecto al testigo, donde se obtuvo que el uso de RAIZONE y el producto 2,4-D Amina a una concentración de 100 ppm, reflejan un mejor resultado en la formación de nuevas raíces, ambos superando al testigo en un 214 y 205.1 % respectivamente, el uso de productos orgánicos como lo es el extracto de germinado de lenteja y mucilago de sábila también presentaron resultados satisfactorios en la promoción de nuevas raíces, superando al testigo en un 205 y 186 % respectivamente, por otra parte en el resto de los tratamientos con 2,4-D Amina con concentraciones de 25, 50, 200 y 400 ppm también se presentaron resultados sobresalientes en el enraizamiento de rosal, superando al testigo en un 175, 146, 134 y 128 % respectivamente, por lo que el empleo de cualquiera de los diferentes productos para la promoción de raíces en rosal resulta factible, sin embargo es importante mencionar que el uso de 2,4-D Amina empleado como enraizador a concentraciones de 25, 50, 100, 200 y 400 ppm ofrece resultados satisfactorios destacándose una mejor respuesta a una

concentración de 100 ppm, así como también es importante comentar que es un producto de fácil acceso y costo muy económico.

Según lo citado por Amador (1999), menciona que las auxinas se concentran en los ápices y raíces de las plantas, lo cual favorece la generación de raíces y coexiste una fuerte relación entre el área foliar y la masa radical en este caso, el uso de la isoauxina promovió un efecto positivo para esta variable, solo descartando una concentración.

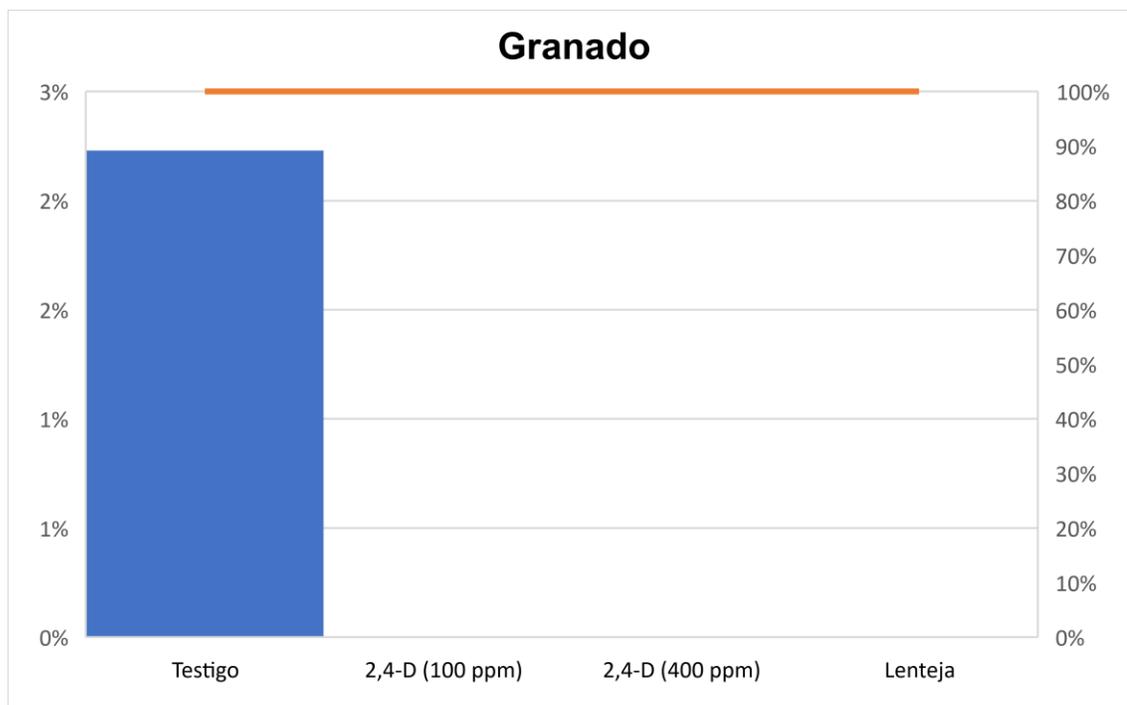


Figura 4.4. Influencia de diferentes productos en la estimulación y formación de nuevas raíces en granado.

En la figura (4.4.), se muestra la respuesta sobre el enraizamiento que presentó cada estimulante en la especie de granado, se realizó una comparativa porcentual de la influencia de los diferentes tratamientos con respecto al testigo, encontrándose resultados no satisfactorios e incluso con valores menores al testigo de hasta un -99.55 %, resaltando así que el testigo fue superior a los tratamientos empleados presentando un enraizamiento del 2.23 %, por lo que el uso de RAIZONE, mucilago de sábila, extracto de germinado de lenteja y el producto 2,4-D Amina a concentraciones de 25, 50, 100, 200 y 400 ppm, en el enraizamiento de estacas de granado no es factible.

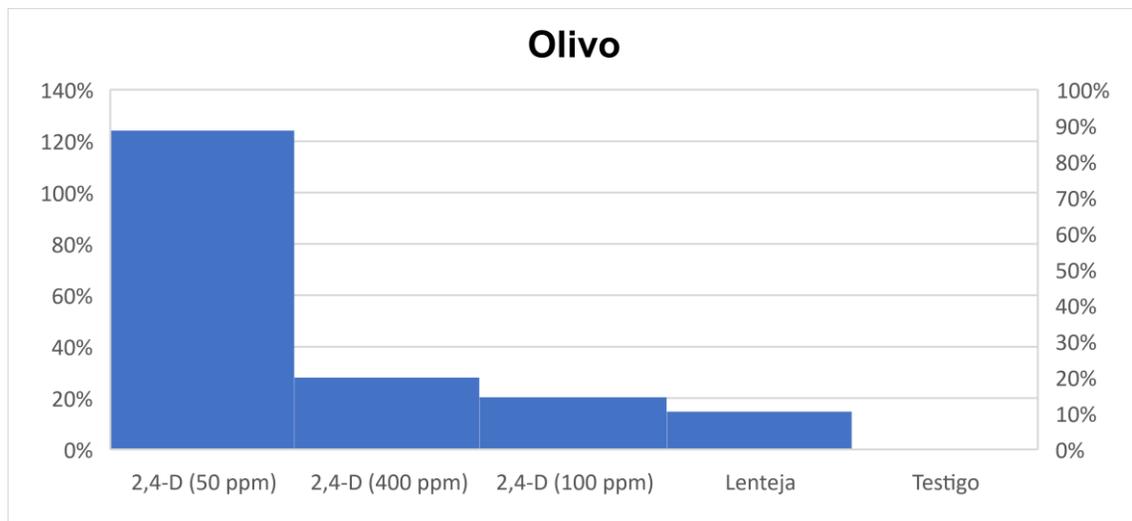


Figura 4.5. Influencia de diferentes productos en la estimulación y formación de nuevas raíces en olivo.

En la figura (4.5.), se muestra la respuesta sobre el enraizamiento que presentó cada estimulante de raíces en la especie de olivo, se realizó una comparación porcentual de la influencia de los diferentes tratamientos con respecto al testigo, donde se encontró que es posible el uso de 2,4- Amina empleado como enraizador en estacas de olivo, siempre y cuando la concentración a emplear no sea menor a 50 y/o igual a 200 ppm, ya que cuando se emplea a estas concentraciones favorece a la intoxicación de la unidades de propagación y en consecuencia la muerte de las mismas, cuando se utiliza 2,4-D Amina a una concentración de 50 ppm, se refleja un mejor efecto en la formación de raíces, superando al testigo en un 124 %, mientras que cuando se emplean a dosis de 400 y 100 ppm, superan al testigo en un 28 y 20% respectivamente, el uso de productos orgánicos como el extracto de germinado de lenteja ejercen una respuesta favorable mínima de tan solo un 14.84 % sobre el testigo y resultados no satisfactorios e incluso con valores menores al testigo de hasta un -60.10 %, por lo que es factible en la promoción de raíces en olivo, el empleo de 2,4-D Amina, siempre que no se utilice a una dosis mayor a 50 ppm.

Para las interacciones A*B, A*C, B*C y la triple interacción reportan una diferencia estadística no significativa por lo que se entiende que los factores muestran un comportamiento independiente entre factores.

V. CONCLUSIONES.

Al analizar los datos obtenidos y de acuerdo a las condiciones en que se estableció el cultivo, se puede concluir lo siguiente:

1. La propagación de *Sedum*, geranio, rosa, y olivo por el método de estaca, se vio influido de mejor manera bajo condiciones de invernadero.
2. Propagar estacas utilizando el herbicida 2,4-D Amina a una concentración de 100 ppm favoreció al enraizamiento de estacas en *Sedum*, y rosa, mientras que, a una concentración de 50 ppm, se reflejó un mejor efecto en la promoción de raíces en especies de geranio y olivo satisfactoriamente.
3. El uso de mucilago de sábila y extracto de germinado de lenteja empleado como enraizador, presentaron resultados sobresalientes únicamente en la especie de rosal.
4. Para la propagación de granado, el empleo de los distintos productos promotores de raíces en los diferentes tratamientos, no presentaron resultados favorables en el enraizamiento de esta especie.

Con los resultados obtenidos en este experimento, se recomienda a los productores dedicados a la propagación ornamental de especies como *Sedum*, geranio, rosal y olivo, utilizar el producto 2,4-D amina a concentraciones de 100, y 50 ppm, ya que además de ser un producto de costo accesible y de fácil acceso también presenta una buena influencia en el enraizamiento de las especies.

VI. SUGERENCIAS.

Al reunir todos los componentes necesarios para obtener el mejor resultado para la promoción de nuevas raíces en estaca, se sugiere realizar las siguientes actividades:

1. Realizar la propagación en primavera ya que es cuando hay un activo crecimiento de los brotes.
2. Seleccionar plantas con buen vigor y libres de plagas y enfermedades.
3. Extraer el material vegetativo por la mañana, de preferencia antes de que el sol intensifique su radiación.
4. Desinfectar el material que se usara para la colecta de las estacas.
5. Uso de sustrato que permita el fácil enraizamiento de las unidades.
6. Bajo el sistema de producción trabajado en este experimento se recomienda utilizar una concentración de 100 ppm del producto 2,4-D Amina para la propagación de *Sedum* y rosal y una concentración de 50 ppm para geranio y olivo.
7. El empleo de extracto de germinado de lenteja y mucilago de sábila como enraizador favorece al enraizamiento de rosal satisfactoriamente.
8. Es necesario dar riegos frecuentes de modo que el sustrato en el que estén establecidos presente siempre una buena humedad y bajo condiciones de invernadero.

LITERATURA CITADA.

- Amador, D. 1999. Reguladores del crecimiento utilizados en el cultivo de tejidos vegetales: términos y conceptos fundamentales. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 12 p.
- Abad, B.M. 1993, Sustratos, Características y propiedades. Curso superior de especialización sobre cultivo sin suelo. FIPA, Almería, España.
- ABEL S & A THEOLOGIS. 1996. Early genes and auxin action. *Plant Physiology* 111: 9–17. AOYAMA T & A OKA. 2003. Cytokinin signal transduction in plant cells. *J Plant Research* 116: 221- 231.
- Arysta Lifescience Casa Comercial. 2010. “Raizal 400”.
- Balagué, C., Sturtz, N., Duffard, R. & Evangelista de Duffard, A. M. 2001. Effect of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid herbicide on *Escherichia coli* growth, chemical composition and celular envelope. Marzo 21, 2017, de environ. *Toxicol.* 16: pp.35-45
- Bewley, J., y Black, M., 1994, *Seeds, physiology of development and germination*, Plenum Press, Nueva York.
- BHALERAO RP, J EKLÖF, K LJUNG, A MARCHANT, M BENNETT & G SANDBERG. 2002. Shoot-derived auxin is essential for early lateral root emergence in *Arabidopsis* seedlings. *Plant Journal* 29: 325– 332.
- Calderón, A.E. 1982. *Manual del fruticultor moderno Vol. 2. Ciencia y Técnica* Grupo Noriega Editores.
- Calderón, A.E. 1982. *Manual del fruticultor moderno Vol. 3. Ciencia y Técnica* Grupo Noriega Editores.
- Davies PJ (2010) *Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!*, Ed 3. Springer Netherlands.
- DHARMASIRI N, S DHARMASIRI & M ESTELLE. 2005a. The F-box protein TIR1 is an auxin receptor. *Nature* 435: 441-445.
- DHARMASIRI N, S DHARMASIRI, D WEIJERS, E LECHNER, M YAMADA, L HOBBIE, JS EHRISMANN, G JURGENS & M ESTELLE. 2005b. Plant development is regulated by a family of auxin receptor F box proteins. *Developmental Cell* 9:109-19.
- Enders TA, Strader LC. Auxin activity: Past, present, and future. *Am J Bot* 2015;102(2):180-96.

- Fachinello, J. C., Nachtigal, J. C., Hoffmann, A. 1994. Propagacao da Goiabeira serrana *Feijoa sellowiana* Berg, a través de mergulhia de cepa. 1994. *Scientia Agricola*. (Piracicaba). 49 (1): pp 37-39.
- Fue, FW 1928. Wuchstoff und Wachstum . Extrait du Recueil des Travaux Botaniques Neerlandais 25: 1 – 116.
- Garay Arroyo A, de la Paz Sánchez M, García Ponce B, Álvarez Buylla ER, Gutiérrez C. La homeostasis de las auxinas y su importancia en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. *Rev Educ Bioquím* 2014;33(1):13-22.
- HAGER A. 2003. Role of the plasma membrane H⁺-ATPase in auxin-induced elongation growth: historical and new aspects. *Journal of Plant Research* 116: 483–505.
- Hartman, H.T. y Kester, D.E. 1999. Propagación de plantas. Editorial SECSA, México, D.F.
- Hartmann, H. T. y Kester, D. E. 1998. Propagación de plantas: principios y prácticas. 6 reimp. México. Continental. 785 p.
- Hartmann, H. y Kester, D. 1988. “propagación de plantas”. Segunda edición. Editorial continental. México. Página 810.
- Heede, V.D. y Lecourt M. 1989. El estaquillado: guía práctica de la multiplicación de las plantas. Ediciones mundi-prensa. Madrid, España.
- Howard, B.H. 1981. Plant propagation. *Rev. E. Mailing Res. Str.* 1980:59-72.
- JENIK PD & MK BARTON. 2005. Surge and destroy: the role of auxin in plant embryogenesis. *Development* 132: 3577-3585.
- JONES AM. 1994. Auxin-binding proteins. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 45: 393-420.
- Jordan M, Casaretto J. Hormonas y reguladores de crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. En: Squeo FA, Cademil L, editores. *Fisiología Vegetal [Internet]*. Universidad de La Serena. La Serena, Chile; 2006. p. 1-28.
- Li Y, G Hagen & TJ Guilfoyle. 1991. An Auxin-Responsive Promoter Is Differentially Induced by Auxin Gradients during Tropisms. *Plant Cell* 3: 1167-1175.
- LUDWIG-MÜLLER J & JD COHEN. 2002. Identification and quantification of three active auxins in different tissues of *Tropaeolum majus*. *Physiologia Plantarum* 115: 320–329.

- Mashiguchi K, Tanaka K, Sakai T, Sugawara S, Kawaide H, Natsume M, et al. The main auxin biosynthesis pathway in Arabidopsis. *Proc Natl Acad Sci USA* 2011; 108(45):18512-7.
- Osuna I. (2017). *Manual de Propagación de Plantas Superiores*. México: Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco
- Pereira, M.2003. *propagagao via estaquillas apicais, caracterizagao morfológica e molecular de jabuticabeiras (Myrciarispp)*. Tese de Doutorado. Piracicaba. Escalaca Superior de Agricultura Luiz de Queiroz . Universidade de Saupaulo. Brasil. 86 p.
- PFLUGER J & P ZAMBRYSKI. 2004. The role of SEUSS in auxin response and floral organ patterning. *Development* 131: 4697–4707.
- Pineda, L. 2013. *Enraizamiento de estaquilla de estoraque (Myroxylon balsamum Harmans.)*, a través de la hormona AIB en cámara de sub irrigación, en el IIAP-SAN MARTÍN. Perú. 25 p.
- Prieto RUÍZ, J. A. 1992. *Estudio de algunos factores que influyen en la propagación por estaquillas de Cupressus guadalupensis S. Wats*. Tesis Maestro en Ciencias Forestales Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 96 p.
- Raven, P., Ebert, R.F y Eichhorn, S.E (1999) *Biología de las plantas*. Sixth edition, W.H. Freeman and Company, publishers. pp. 686-693.
- Ruelas, G.S. 1976. *Estudio de los efectos del rutín y el ácido indolbutírico así como su interacción en el enraizamiento de estacas de un híbrido natural entre durazno (Prunus persicae L.) y almendro (P. amygdalus Batsch.)*. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Chapingo. México.
- Soto, L.E. 2006. *Efecto de diferentes dosis de AIB sobre el enraizamiento de Ficus benjamina L. en Diferentes Épocas del año*. Universidad autónoma 62 indígena de México. El fuerte. México. Ra Ximahi, vol. 2, numero 003. Pp 795-814.
- THIMANN KV. 1977. *Hormone action in the whole life of plants*. Amherst: University of Massachusetts Press.
- Toro, J., Briones, J. y pinargote M. 1985. *Las malas hierbas: Su conocimiento y manejo* Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. 107 p.
- VAN DOORN WG & AD STEAD. 1997. Abscission of flowers and floral parts. *Journal of Experimental Botany* 48, 821–837
- Vega Celedón P, Canchignia Martínez H, González M, Seeger M. Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias. *Cultrop* 2016;37(Suppl 1):33-9.

- Vendramini G. (2019). Caracteres Morfológicos y Dinámica Microbiana en la Propagación Vegetativa Orgánica. Colombia: Tesis de Grado Universidad Nacional del Sur.
- Weaber, R.J. 1990. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Edit. Trillas. México.
- Weed Science Society of America. 1994. Herbicide handbook: Butachlor y 2,4-D séptima edición. UP.S.A. Illinois. Pp 41-42 y 77-81.
- Weswood, N.M. 1982. Fruticultura de Zonas Templadas. Edicion Mundi-prensa. Madrid, España.
- Wilkinson, E. H. y Withnall, A.M. 1970. Wye research in Apple cutting propagation. Wrower 74:24-135, 182-183.
- Azcón-Bieto, J. y M. Talón. "Fisiología y bioquímica vegetal". España: Interamericana. 1993
- Gutiérrez, B. 1995. Consideraciones sobre la fisiología y el estado de madurez en el enraizamiento de estacas de especies forestales. Ciencia e Investigación Forestal. Chile. 9 (2): 261 – 277.
- Robles, E. 2009. Efecto de la Brasiloide sobre la formación y elongación de brotes adventicios de *Rubus idaeus* "frambuesa" in vitro. Tesis de grado. UMSNH, México
- Salisbury, F. 2000. Fisiología de las plantas: Aedos. Barcelona.
- Dole, John M.; Gibson, James L. (2006) Cutting Propagation: A Guide to Propagating and Producing Floriculture Crops. First Edition, Ball Publishing, Batavia Illinois. 385p

CONSULTA EN LINEA:

www.arystalifescience.cl/productos/fichas_pdf/RAIZAL%20400_FCH.pdf.

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-37432006000100004

<https://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Auxinasgiberelinasycitocinas.pdf>

<https://doi.org/10.1073/pnas.1108434108>

<http://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Auxinasgiberelinasycitocinas.pdf>

<https://doi.org/10.1073/pnas.1108434108>

<https://doi.org/10.3732/ajb.1400285>