

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE AGRONOMÍA**



INFORME FINAL DE TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

**“Evaluación de extractos vegetales para el enraizamiento de
Arrayán (*Luma apiculata*) y Álamo (*Populus alba*) mediante
propagación por estacas”**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN REALIZADO DE MANERA INDIVIDUAL
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERA AGRÓNOMA

**AUTOR: KAREN ESTEFANÍA TINTA QUIPILEMA
TUTOR: ING. MG. JORGE DOBRONSKI ARCOS**

CEVALLOS – ECUADOR

2022

“EVALUACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES PARA EL ENRAIZAMIENTO DE ARRAYÁN (*Luma apiculata*) Y ÁLAMO (*Populus alba*) MEDIANTE PROPAGACIÓN POR ESTACAS”

APROBADO POR:



firmado electrónicamente por
**JORGE ENRIQUE
DOBRONSKI ARCOS**

ING. MG. Jorge Dobronski Arcos

TUTOR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“La suscrita, KAREN ESTEFANÍA TINTA QUISPILEMA, portador de la cédula de identidad número: 185004057-5, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “Evaluación de extractos vegetales para el enraizamiento de Arrayán (*Luma apiculata*) y Álamo (*Populus alba*) mediante propagación por estacas” es original, autentico y personal.

En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas”.



Tinta Quispilema Karen Estefanía

DERECHOS DE AUTOR

“Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “Evaluación de extractos vegetales para el enraizamiento de Arrayán (*Luma apiculata*) y Álamo (*Populus alba*) mediante propagación por estacas” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él”



Tinta Quispilema Karen Estefanía

“EVALUACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES PARA EL ENRAIZAMIENTO DE ARRAYÁN (*Luma apiculata*) Y ÁLAMO (*Populus alba*) MEDIANTE PROPAGACIÓN POR ESTACAS”

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN:

INTEGRANTES DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN:

FECHA



Firmado electrónicamente por:
**MARCO OSWALDO
PEREZ SALINAS**

16/09/2022

.....
Ing. Marco Pérez PhD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**MANOLO SEBASTIAN
MUÑOZ ESPINOZA**

16/09/2022

.....
Ing. Manolo Muñoz PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**WALTER OSWALDO
VELOZ NARANJO**

16/09/2022

.....
Ing. Walter Veloz Mg.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme y darme la capacidad para culminar con alegría y esfuerzo esta meta y por la vida que me da día a día.

A mi madre por la oportunidad que me ha dado de estudiar esta carrera y por su amor y esfuerzo que ha brindado.

A mi alma mater la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por haberme brindado el conocimiento para formarme como un profesional.

Al Ing. Mg. Jorge Dobronski A, tutor del presente trabajo de investigación, quien, con sus consejos técnicos y oportunos, permitió llegar a una exitosa culminación del proceso investigativo

De igual forma al Ing. Walter Veloz, Ing. Carlos Vásquez y al Ing. Luciano Valle quienes me dieron la oportunidad de recurrir a sus conocimientos y su experiencia para poder culminar mis estudios con éxito.

A todas mis amigas y amigos por su amistad y su apoyo, por último, agradecer a todas las personas que estuvieron a mi lado para poder culminar una meta más en mi vida.

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada con mucho cariño:

A Dios por brindarme la fuerza y sabiduría necesaria para culminar mi carrera, y por ser mi refugio en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi madre por su esfuerzo constante y por apoyarme día a día a cumplir una meta más en mi vida, por ser mi ejemplo y enseñarme a no rendirme y a luchar por mis sueños.

A mi familia por brindarme su apoyo y ser partícipes de mis sueños.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	4
2.2 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.2.1 ARRAYÁN	6
2.2.1.1 Origen.....	6
2.2.1.2 Distribución	6
2.2.1.3 Importancia	6
2.2.1.4 Generalidades	7
2.2.1.5 Características botánicas	7
Clasificación taxonómica	8
2.2.1.6 Utilidad.....	8
2.2.1.7 Propagación	9
Multiplicación sexual.....	9
Multiplicación asexual.....	9
Cultivo in vitro de plantas.....	9
2.2.2 ÁLAMO	10
2.2.2.1 Origen.....	10
2.2.2.2 Nombres comunes	10
2.2.2.3 Importancia	10
2.2.2.4 Generalidades	11
2.2.2.5 Características botánicas	11

Clasificación taxonómica	11
2.2.2.6 Utilidad.....	12
2.2.2.7 Propagación	12
2.3 MULTIPLICACIÓN DE PLANTAS	12
2.3.1 Ventajas e inconvenientes de la reproducción asexual	13
2.3.2 Métodos para propagación vegetativa.....	13
2.3.3 Propagación vegetativa por medio de estacas.....	14
2.4 CONDICIONES NECESARIAS PARA EL ENRAIZAMIENTO	15
2.5 FITOHORMONAS	16
2.5.1 Citoquininas.....	16
2.5.2 Giberelinas.....	16
2.5.3 Auxinas.....	17
2.6 EXTRACTOS VEGETALES	17
2.6.1 Sábila (Aloe vera).....	18
Propiedades.....	18
2.6.2 Maíz (Zea Mays)	19
Propiedades	19
2.6.3 Limón (Citrus limon).....	19
2.6.4 Llantén (<i>Plantago lanceolata</i>)	20
Propiedades	20
2.7 Agua de coco.....	20
CAPÍTULO III HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	21
3.1 HIPÓTESIS	21
3.2 OBJETIVOS.....	21
3.2.1 Objetivo general	21
3.2.2 Objetivos específicos	21
CAPÍTULO IV.....	22

4.1	UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	22
4.2	CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR.....	22
4.2.1	Suelo	22
4.2.2	Condiciones dentro del área de aclimatación.....	22
4.3	EQUIPOS Y MATERIALES	23
4.3.1	Equipos.....	23
4.3.2	Materiales	23
4.4	FACTORES DE ESTUDIO.....	24
4.4.1	Especie vegetales.....	24
4.4.2	Extractos vegetales	24
4.4.3	Testigo Comercial.....	24
4.5	Tratamientos.....	24
4.6	Diseño experimental	25
4.6.1	Esquema de campo.....	26
4.7	MANEJO DEL EXPERIMENTO	27
4.7.1	Obtención de los extractos vegetales para enraizamiento	27
4.8	Preparación del área del ensayo	28
4.9	Selección de estacas	28
4.9.1	Preparación de las estacas	29
4.10	Sustrato	29
4.11	Llenado de los vasos plásticos.....	29
4.12	Aplicación de tratamientos.....	29
4.12.1	Estacas con extractos vegetales.....	29
4.13	Riego	30
4.14	Controles fitosanitarios.....	30
4.15	VARIABLES RESPUESTAS.....	30
4.15.1	Porcentaje de enraizamiento	30

4.15.2	Longitud de las raíces	30
4.15.3	Número de raíces	30
4.15.4	Volumen radicular	31
4.15.5	Número de brotes 30, 45 y 60 días	31
4.15.6	Longitud del brote 30, 45 y 60 días	31
4.16.	Procesamiento de la información	31
CAPÍTULO V.....		32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		32
5.1	RESULTADOS.....	32
5.1.1	Resultados de la propagación por estacas en la especie arrayán.....	32
5.1.2	Porcentaje de enrizamiento	32
5.1.2.	Resultados de la propagación por estacas en la especie Álamo.....	33
	Longitud de las raíces.....	34
	Número de raíces	35
	Volumen radicular.....	36
	Número de brotes a los 30, 45 y 60 días	37
	Longitud de brote a los 30, 45 y 60 días.....	40
5.2	DISCUSIÓN	41
CAPÍTULO VI.....		43
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS		43
6.1	CONCLUSIONES.....	43
6.2	RECOMENDACIONES.....	44
6.3	BIBLIOGRAFÍA.....	44
6.4	ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tratamientos	25
Tabla 2 Datos de las variables agronómicas a los 60 días durante el proceso de enraizamiento	39
Tabla 3 Número de brotes de álamo (<i>Populus alba</i>) en el proceso de enraizamiento	40
Tabla 4 Longitud de brotes de álamo (<i>Populus alba</i>) en el proceso de enraizamiento	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos. 1	Porcentaje de estacas enraizadas por tratamiento a los 60 días (%).....	50
Anexos. 2	Longitud de las raíces a los 60 días después de la plantación (cm)	50
Anexos. 3	Número de raíces a los 60 días después de la plantación	50
Anexos. 4	Volumen radicular a los 60 días después de la plantación (cm³).....	51
Anexos. 5	Número de brotes a los 30 días.....	51
Anexos. 6	Número de brotes a los 45 días.....	51
Anexos. 7	Número de brotes a los 60 días.....	51
Anexos. 8	Longitud del brote a los 30 días (cm)	52
Anexos. 9	Longitud del brote a los 45 días (cm).....	52
Anexos. 10	Longitud del brote a los 60 días (cm).....	52
Anexos. 11	Análisis de la varianza porcentaje de estacas enraizadas por tratamiento	52
Anexos. 12	Análisis de la varianza longitud radicular	52
Anexos. 13.	Análisis de la varianza del número de raíces	53
Anexos. 14	Análisis de la varianza del volumen radicular.....	53
Anexos. 15	Análisis de la varianza del número de brotes a los 30 días.....	53
Anexos. 16	Análisis de la varianza del número de brotes a los 45 días.....	54
Anexos. 17	Análisis de la varianza del número de brotes a los 60 días.....	54
Anexos. 18	Análisis de la varianza de la longitud del brote a los 30 días.....	54
Anexos. 19	Análisis de la varianza de la longitud del brote a los 45 días.....	54
Anexos. 20	Análisis de la varianza de la longitud del brote a los 60 días	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de campo	26
Figura 2 Obtención del extracto de Limón	55
Figura 3 Obtención del extracto de Maíz.....	55
Figura 4 Obtención del extracto de Llantén.....	56
Figura 5 Obtención del extracto de Sábila.....	56
Figura 6 Combinación de los extractos vegetales más el agua de coco.....	56
Figura 7 Obtención de las estacas de arrayán y álamo	56
Figura 8 Desinfección al 10% de hipoclorito de sodio de las estacas de arrayán y álamo	57
Figura 9 Estacas de álamo y arrayán sumergidas en extracto de limón más agua de coco.....	57
Figura 10. Estacas de álamo y arrayán sumergidas en extracto de maíz más agua de coco.....	57
Figura 11. Estacas de álamo y arrayán sumergidas en extracto de llantén más agua de coco	57
Figura 12. Estacas de álamo y arrayán sumergidas en extracto de sábila más agua de coco.....	58
Figura 13 Instalación del experimento.....	58
Figura 14. Estacas de álamo y arrayán a los 30 días.....	58
Figura 15. Estacas de álamo y arrayán a los 45 días.....	59
Figura 16 Estacas de álamo y arrayán a los 60 días.....	59
Figura 17 Porcentaje de estacas enraizadas por tratamiento a los 60 días (%).....	59
Figura 18. Número de raíces	59
Figura 19. Volumen radicular	60
Figura 20. Longitud de las raíces	60

RESUMEN

El trabajo se realizó en la Granja Experimental Docente Querochaca de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, con el propósito de: evaluar extractos vegetales para el enraizamiento de Arrayán (*Luma apiculata*) y Álamo (*Populus alba*) en la propagación por estacas dado que son escasos los estudios realizados en especies de Myrtáceas nativas y Salicaceae, principalmente donde se apliquen extractos de sábila, llantén, maíz y limón combinado con agua de coco, como enraizantes naturales a nivel de vivero.

Los tratamientos en el estudio fueron ocho que resultaron de la combinación de los factores en estudio, dos especies de estacas y cuatro extractos vegetales (sábila, llantén, maíz y limón combinado con agua de coco) más un testigo hormonal para cada especie, donde se obtuvo que el enraizamiento de estacas en la especie arrayán fue de 0%. Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial $2 \times 4 + 2$ con tres repeticiones y se efectuó la prueba de Tukey al 5%.

El análisis de varianza en la especie álamo no registró diferencias significativas para las variables porcentaje de estacas enraizadas, longitud radicular y altura de la planta a los 60 días, resultados semejante se obtuvieron en las variables número de brotes a los 30, 45 y 60 días, lo que nos indica que los extractos vegetales evaluados son estadísticamente similares al tratamiento donde se aplicó hormonagro; por otro lado en las variables número de raíces y volumen radicular se registraron diferencias significativas a los 60 días, siendo el testigo álamo quien presentó el mayor promedio con 4.67 y 1.27 cm³, respectivamente. Resultados similares se obtuvieron en la variable longitud de brote donde se registraron tres rangos de diferencias estadísticas siendo el testigo álamo quien presentó la mayor longitud de brote con un promedio de 10.97 cm. Los resultados indican que la aplicación de extractos vegetales como enraizantes es una alternativa natural frente a la hormona comercial para la propagación por estacas en la especie álamo.

Palabras clave: extractos de enraizamiento, hormonagro, especies ornamentales

SUMMARY

The research was carried out in Querochaca Experimental Farm, Agricultural sciences Faculty, Ambato Technical University, located in Cevallos canton, Tungurahua province, with the purpose: evaluate plant extracts for the rooting of myrtle (*Luma apiculata*) and poplar (*Populus alba*) in the propagation by cuttings because the vegetative propagation in species of native Myrtaceae and Salicaceae are scarce, mainly in the application of plant extracts of aloe, plantain, corn and lemon combined with coconut water as natural rooting under plastic cover.

The treatments in the study were eight that resulted from the combination of the factors under study, two species of cuttings and four plant extracts (aloe, plantain, corn and lemon combined with coconut water) plus a hormonal control for each species, where obtained that the rooting of cuttings in the myrtle species was 0%. A completely randomized block experimental design (DBCA) was used with a 2x4+2 factorial arrangement with three repetitions and Tukey's test was performed 5%.

Through the analysis of variance carried out in the poplar species, no statistically significant differences were recorded for the variables percentage of rooted cuttings, root length and height of the plant at 60 days, similar results were obtained for the variable number of shoots at 30, 45 and 60 days, that is, the evaluated plant extracts are statistically similar to the treatment where hormone was applied; on the other hand, the variables number of roots and root volume did show significant differences at 60 days, with the control poplar showing the highest average with 4.67 and 1.27 cm³, respectively. Similar results were obtained in the variable shoot length where three ranges of statistical differences were recorded, with the poplar control showing the longest shoot length with an average of 10.97 cm. The results indicate that the application of plant extracts as rooting agents is a natural alternative to the commercial hormone for propagation by cuttings in the poplar species.

Key words: rooting extracts, hormone, ornamental species

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Ceccon (2008), manifiesta que la aparición de la revolución verde en la década de los 50 generó grandes problemas en la actualidad por el cambio radical en la agricultura sustituyendo el conocimiento empírico del agricultor por conocimientos tecnológicos y dando apertura a la aplicación de nuevas técnicas, nunca antes empleadas entre ellas la aplicación de fertilizantes y agroquímicos, que por el uso indiscriminado y mal manejo han impactado negativamente en el medio ambiente y en la salud de los agricultores. En este contexto una transformación en la agricultura convencional se volvió primordial, es así como en 1972 se crea el IFOAM (Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica) presentando nuevas ideologías basadas en procesos biológicos sustentables (IFOAM, 2016). Según Heifer (2014), la mayoría de campesinos de la región interandina presenta pequeñas unidades de producción agrícola en donde se combina la producción de alimentos con prácticas tradicionales basadas en los conocimientos ancestrales (revalorización de rituales, uso de productos orgánicos y el aprovechamiento de especies vegetales existentes en las comunidades).

El uso de alternativas naturales en la agricultura está tomando fuerza y es ahí donde podemos destacar la utilización de extractos vegetales de diferentes especies como estimulantes de enraizamiento (González, *et al.* 2004) ya que pueden ser obtenidos de cualquier órgano de las plantas (semillas, hojas, tallo, raíz y frutos) mediante procesos de infusión, decocción, fermentación, entre otros (Rojas, 2015). Además, tienen la capacidad de influir directamente en la actividad metabólica debido a la presencia de auxinas, citoquininas y giberelinas, que promueven la formación de raíces,

constituyéndose en un mecanismo importante para la propagación de especies vegetales (Rosales, 2014).

Se cita el trabajo realizado por González, *et al.* 2004 donde se encontraron que los efectos estimulantes del crecimiento en los extractos de aloe (*Aloe vera* L) y en el sauce (*Salix humboldtiana* Wild) presentaban una posible actividad auxínica y de plantago (*Plantago lanceolata* L) una actividad citoquinínica intentando demostrar la capacidad estimulante de enraizamiento de dichas especies. También se realizó una comparación con un producto sintético ANA, dando como resultado que el gel de *Aloe vera*, es superior a los reguladores tradicionalmente utilizados en la formación de raíces. García (2008), manifiesta que incluso el agua de coco puede ser empleado como un enraizante natural, ya que contiene ciertos reguladores de crecimiento (citoquinina, auxinas y ácido abscísico) que favorecen en la elongación de las células de los cotiledones (Millán y Márquez, 2014).

Ramírez como se citó en Soto (2004), afirma que hoy en día el interés por recuperar especies vegetales como Arrayán y Álamo promueve investigaciones sobre estrategias para su propagación siendo la reproducción asexual una alternativa viable

El arrayán es una planta nativa del Ecuador, puede ser empleada como planta ornamental o cerca viva; sin embargo, su propagación resulta muy difícil. Según Ramírez y Romero (1980) las semillas de muchas myrtáceas son extremadamente sensibles a la sequedad, perdiendo su capacidad de germinar en pocas semanas. Isassis (2016), menciona que esta especie presenta fenoles que limitan la formación de raíces, sugiriendo el uso de tratamientos que estimulen la lixiviación de este compuesto mediante sustancias antioxidantes como es el caso del ácido cítrico o ascórbico.

El Álamo es una especie introducida en el Ecuador, originaria de Europa, Asia y norte de África, pertenece a la familia de las Salicaceae, es utilizada como planta ornamental o cerca viva ya que ofrece sombra y es capaz de soportar la contaminación (Minga y Verdugo, 2016),

Los estudios sobre la propagación vegetativa por estacas en especies de myrtáceas nativas y salicáceas son escasos, principalmente en la aplicación de extractos vegetales de sábila, llantén, maíz y limón combinado con agua de coco como enraizantes naturales. Por lo tanto, el presente trabajo pretende evaluar extractos vegetales para el enraizamiento de arrayán (*Luma apiculata*) y álamo (*Populus alba*) en la propagación por estacas.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Pascolini (2013) evaluó el efecto enraizante de los extractos acuosos de sauce (*Salix fragilis* L), llantén (*Plantago lanceolata* L), aloe (*Aloe vera* L) y la combinación de extractos de *P. lanceolata* y *S. fragilis* en estacas de romero (*Rosmarinus officinalis* L) y los comparó a la capacidad enraizante del producto comercial ANA (ácido naftalen acético), las variables en estudio fueron número de callos por estacas, calidad, cantidad de raíces, porcentaje de enraizamiento y peso fresco de ramas tomados a los 4 meses, dando como resultado que el enraizamiento con el extracto de *P. lanceolata* fue similar al del control con agua destilada, siendo menores los efectos enraizantes en el tratamiento con el ANA y con el extracto de *A. vera* cabe recalcar que el ensayo fue ejecutado a campo abierto con sustrato sintético.

Sisa (2017) empleó extractos vegetales de vicia (*Vicia sativa* L), maíz (*Zea mays*) y sauce (*Salix fragilis* L) como bioestimulantes radiculares con un sustrato conformado por (50 % de tierra negra de páramo + 50 % piedra pómez), llevando a cabo su investigación bajo una cubierta plástica y en vasos desechables de 10 onzas, con el fin de evaluar el enraizamiento de estacas de rosas variedad Natal briar; donde se registraron las variables días a la brotación, longitud del brote, longitud y volumen radicular, dando como resultado que para la variable longitud y volumen de la raíz a los 15, 30, 45 días el mejor tratamiento fue el extracto de vicia conformado por 250g semilla germinada de vicia/500 ml agua destilada con un promedio de 5.94 cm de longitud radicular y con un promedio de 1.96 cm³ de volumen radicular a los 45 días.

Rodríguez y Hechevarría (2004) evaluaron extractos de plantas medicinales y gel de *Aloe vera* L. incluyendo un tratamiento control con reguladores de crecimiento sintéticos, el ensayo fue realizado en el laboratorio de cultivo de tejidos "Dr. Juan Tomás Roig" donde se instalaron 6 experimentos, los mismos contaban con 10 tratamientos y 10 repeticiones, a su vez a cada experimento le correspondió una especie determinada, estas fueron las siguientes: *Matricaria recutita* L., *Melissa officinalis* L.,

Mentha piperita L., *Mentha citrata* L., *Orthosiphon aristatus* (Blume) Miq, *Artemisia absinthium* L, dando como resultado que los extractos de gel de *A. vera* presentaban el mejor comportamiento en cuanto a la estimulación del crecimiento superando al tratamiento control que son usados tradicionalmente en la formación de raíces ,este hecho demostró la posible presencia de actividad auxínica en este mismo contexto el extracto de sauce (*Salix humboldtiana* Wild) también tuvo un comportamiento satisfactorio, lo que corroboró resultados anteriormente obtenidos.

Guamán *et al.*, (2019) empleó tres enraizantes orgánicos: agua de lenteja, agua de coco y cristal de sábila, para evaluar la propagación vegetativa del Café robusta (*Coffea canephora* var. robusta), las varetas fueron sumergidas cinco minutos en cada tratamiento y posteriormente fueron sembradas en diferentes periodos de tiempo, se cuantificaron las variables: porcentaje de enraizamiento, número de hojas, altura de las plantas, diámetro de esquejes, longitud radicular y número de plantas sobrevivientes; dando como resultado que el cristal de sábila expuso los mejores resultados significativos y positivos comparativamente con el agua de coco; sin embargo, el agua de lenteja presentó el menor valor de porcentaje de enraizamiento en cada uno de los tiempos.

Alvarado y Munzon (2020) estudiaron el comportamiento de los efectos enraizantes de diferentes combinaciones de gel de aloe y agua de coco con sustratos a base de arena de río, hojarasca de cacao y tierra amarilla para la reproducción asexual y desarrollo de plántulas de ficus (*Ficus benjamina*), frente a una formulación comercial del regulador fisiológico ácido naftalacético (ANA); la investigación se realizó en un vivero comercial donde se evaluaron el prendimiento, vigor de plantas, emisión de brotes, longitud de raíces y peso de raíces a los 60 días después de la siembra obteniendo como resultado que el mejor tratamiento para enraizamiento y propagación fue tierra amarilla + cascarilla de arroz + gel de aloe, cuyo porcentaje de prendimiento alcanzó 54.17% y 1.95 brotes, superando a la hormona comercial, que llegó a un prendimiento de 41.67% y 1.15 brotes, por lo tanto determinaron que la combinación de tierra amarilla y cascarilla de arroz como sustratos y gel de sábila como enraizante natural, constituyen una alternativa a la hormona comercial para la propagación de esquejes de ficus en viveros.

2.2 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 ARRAYÁN

2.2.1.1 Origen

Descrita como árbol nativo de la serranía del Ecuador, su nombre proviene del árabe ar-Rayhan o Rihan que significa el "aromático", es una planta doméstica que se encuentra en jardines en compañía de pequeños arbustos o en bosques húmedos en las laderas de las montañas

2.2.1.2 Distribución

En América, esta especie ha sido registrado en México, Belice, Guatemala, Nicaragua, Cuba, Costa Rica, Panamá, Honduras, El Salvador, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia Gaibor 2000 citado por (Limaico, 2018).

2.2.1.3 Importancia

El arrayán no solo posee un gran valor ecológico si no también ofrece un extraordinario potencial como ornamental, medicinal o confines de reforestación (Camino, 2014).

Desde un punto de vista ornamental se trata de una especie muy utilizada en jardinería, apreciada por la vistosidad de su follaje, embellecen los espacios en donde sean colocados, producen aceites volátiles de aroma agradable generando una sensación de bienestar y pueden ser utilizados como linderos, cercas vivas debido a su buena resistencia a la poda, con el fin de aumentar la privacidad y adornar un entorno (Pereira, 2010).

Rivera (2014) menciona que en la actualidad las plantas ornamentales han adquirido un enorme valor no solo por su belleza y realce estético, sino por los beneficios que ofrecen las distintas especies, favoreciendo en la salud, estado de ánimo y calidad de vida en virtud de sus propiedades físicas y químicas.

También es conocida como planta medicinal empleada en todo el mundo en la medicina popular mediante la decocción de hojas y frutas para tratar enfermedades estomacales, hipoglucemiantes, antimicrobianas, de la tos y bucales, para el estreñimiento, apetitoso, antihemorrágico y externamente para la curación de heridas ya que se ha identificado la presencia de taninos hidrosolubles y de flavonoides. El arrayán puede ser empleado como especie forestal con fines de reforestación por tal razón son ideales para ser sembrados a orillas de quebradas y otros cursos de agua, sin embargo, su crecimiento es muy lento, por lo que se le debe proporcionar las condiciones óptimas para un buen desarrollo (Limaico, 2018).

2.2.1.4 Generalidades

El arrayán o palo colorado (*Luma apiculata*) es un árbol perteneciente a la familia de las mirtáceas, se pueden encontrar varias especies ampliamente distribuidas en la región Andina y que se distingue de otros cultivos por el color pardo rojizo que presentan los tallos (Minga y Verdugo, 2017).

Generalmente, el arrayán se desarrolla en suelos pesados (arcillosos) ya que requieren de un gran contenido de humedad y materia orgánica, además necesita de altitudes que van desde los 2.200 a 3.000 msnm con temperaturas de 25 a 28°C, generalmente esta especie crece en los linderos de los bosques o en los pies de las laderas (Gómez, 2012).

2.2.1.5 Características botánicas

Por lo regular, las mirtáceas son plantas perennifolias (especies con follaje que permanece verde y funcional durante todo el año) que crece entre 6 y 8 metros, pero pueden llegar a alcanzar alturas de 25 m con un tronco de 50 cm de diámetro, a su vez esta presenta un copa de forma redondeada y espesa con ramas nudosas, resistentes, olorosas y angulares; así mismo este árbol genera una raíz pivotante, su tallo exhibe una corteza de color rojo pardo que se desprende en láminas con hojas simples de 2 a 3 cm aromáticas y quebradizas de forma ovalada con borde entero, las hojas maduras presentan un color verde oscuro y las jóvenes son de color verde claro y rojizo además presentan flores de color blanco amarillento que miden aproximadamente 1 cm con

inflorescencia apical y su fruto es una baya rojiza grande de forma redonda que posteriormente cambia de color a un negro (Gómez, 2012).

Clasificación taxonómica

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Myrtales
Familia:	Myrtaceae
Género:	Luma
Especie:	Luma apiculata

(Ecuared, 2010)

2.2.1.6 Utilidad

El arrayán produce metabolitos secundarios que lo hacen especial, por esta razón es posible aprovechar sus beneficios, puesto que sus hojas son empleadas en la prevención de resfríos, en la alimentación como aromatizante para las comidas, principalmente en la colada morada, además es considerado como aditivo natural en bebidas mediante infusión, así mismo se pueden extraer esencias para la elaboración de perfumes y licores (Castilla, s.f).

Por otro lado, este árbol evita la erosión del suelo, crea microclimas y genera alimento para ciertos animales, como el ganado cuando sus hojas están tiernas además produce madera de color rosado, que es apetecida en el mercado por ser resistente y de buena calidad dado que se emplean para la elaboración de muebles y construcción de vigas, tablas y pilares (Minga y Verdugo, 2017).

2.2.1.7 Propagación

Para realizar la propagación de *Luma apiculata* se puede optar por la multiplicación sexual o asexual que se describen a continuación:

Multiplicación sexual

Generalmente, su reproducción se da por medio de semillas en almácigos, para su obtención se recoge frutos maduros y unos 15 días antes de la siembra y se extrae la semilla, son recalcitrantes por lo que pierden viabilidad en poco tiempo, no soportan períodos de almacenamiento, razones suficientes que obligan a realizar la siembra después de su recolección además requiere de sombra en su estado juvenil y al madurar necesita abundante luz solar así mismo el sustrato debe permanecer húmedo (Gómez, 2012)

Multiplicación asexual

Para la propagación vegetativa se debe utilizar estacas de 15 cm de largo y 1 a 2 cm de diámetro, que tengan al menos 3 yemas tomadas de la parte media de las ramas. Para un prendimiento óptimo debe tener humedad elevada y constante, sin embargo Isassis (2016), menciona que esta especie presenta fenoles que limitan la formación de raíces, sugiriendo el uso de tratamientos que estimulen la lixiviación de este compuesto mediante sustancias antioxidantes como es el caso del ácido cítrico o ascórbico.

Cultivo in vitro de plantas

Es un conjunto muy heterogéneo de técnicas que presentan en común el hecho de que un explante (una parte separada del vegetal que pueden ser protoplastos células desprovistas de pared celular células, tejidos u órganos) se cultiva asépticamente en un medio artificial de composición química definida y se incuba en condiciones ambientales controladas (Mroginski et al., 2012).

2.2.2 ÁLAMO

2.2.2.1 Origen

El álamo (*Populus alba*) es una especie que pertenece a la familia Salicaceae, su origen es en la Cuenca del Mediterráneo, Asia. Son resistentes a cambios de temperatura ambiental y algunas heladas y tienen la capacidad de desarrollarse en suelos pobres, arcillosos o calcáreos (Villarando et al., 2011).

2.2.2.2 Nombres comunes

Algunos nombres que se le conoce son: alemo, blancón, chopo, chopo blanco, chopo silvestre, álamo, álamo alvar, álamo blanco, álamo blanquillo, álamo común, álamo plateado, peralejo, pobo.

2.2.2.3 Importancia

Los álamos son empleados en asociación con pasturas o cultivos agrícolas, los macizos pueden ser aprovechados para el silvopastoreo, o para implantar un cultivo agrícola durante los primeros años. Por otro lado, son especies utilizadas en parques, jardines, espacios verdes y ambientes rurales no solo como protectores sino también como ornamentales ya que purifican el aire transformando el dióxido de carbono en oxígeno limpio y absorben la contaminación producida por los gases en aerosol y de productos de limpieza siendo recomendable el emplear estas plantas en lugares cerrados así mismo aumentan el estado de ánimo y reducen los niveles de estrés: está comprobado que el tener plantas en casa generan efectos psicológicos y anímicos positivos en las personas, que se produce solo al verlas (Rivera, 2014) y a su vez puede ser utilizada como especie forestal o con propósitos comerciales ya que presentan una relativa importancia económica, es así como actualmente es cada vez más común el comercio de estas plantas, buscando expandirse el mercado mediante el mejoramiento genético de las especies (Henao, 2016).

2.2.2.4 Generalidades

El Álamo (*Populus alba*) o también conocido como árbol del pueblo es una especie introducida en el Ecuador, originaria de Europa, Asia y norte de África pertenece a la familia de las Salicaceae, son plantas heliófilas, que presentan altos requerimientos de luz y, por lo tanto, gran actividad fotosintética, poseen entre 30 y 40 especies, en su mayoría se distribuyen en riberas, orillas de los lagos y tierras altas, además es considerada una especie de crecimiento rápido (Minga y Verdugo, 2017).

Para alcanzar su óptimo desarrollo necesitan de temperaturas que van desde los 35 a 40°C, se adaptan a cualquier tipo de clima con suelos de texturas livianas (franco a franco arenosa) con buena aireación, bastante humedad y bien estructurados con un pH cercano a la neutralidad de 6.5 a 7.0 (Fernández, 2021).

2.2.2.5 Características botánicas

Especie arbórea caducifolia de tonalidad blanquecina algodonosa en el envés de las hojas, corteza, tronco y ramas; de copa regular y con abundante cantidad de hojas, alcanza alturas de entre 20 a 30 m con un diámetro de tronco de 35 a 40 cm, de igual las plantas provenientes de semilla presentan una raíz pivotante o primaria, mientras que las plantas provenientes de estacas enraizadas son siempre en forma de abanico, su tallo es de corteza delgada lisa y grisácea con hojas simples, alternas, pecioladas de color blanquecino y algodonosas y no poseen flores vistosas (Cañarviri, 2007).

Clasificación taxonómica

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Malpighiales
Familia:	Salicaceae
Género:	Populus
Especie:	P. alba

2.2.2.6 Utilidad

El álamo presenta una sustancia resinosa que es empleada en el área medicinal para calmar el dolor producido por las hemorroides en este mismo contexto el carbón vegetal pulverizado de los álamos permite adsorber toxinas en el tubo digestivo al mismo tiempo esta especie ornamental, genera sombra y es capaz de soportar la contaminación siendo muy utilizada con fines comerciales por su madera que es conocida por ser de buena calidad, fina, homogénea y de color claro-amarillento además es adecuada para elaboración de pasta de papel (Garde *et al.*, 2019).

2.2.2.7 Propagación

Los álamos poseen la capacidad de reproducirse tanto por semilla o puede ser multiplicado por otros medios vegetativos empleando técnicas modernas para el enraizado de estacas de madera suave dentro de esta última se destaca la multiplicación por estacas, raíces, injertos, e incluso in vitro por cultivo de células en laboratorio. Este tipo de reproducción tiene la característica de que las plantas obtenidas son exactamente iguales, en lo que a su genética se refiere, entre sí y con la planta de la que proceden además casi todas las plantaciones comerciales de álamo están formadas por plantas procedentes de estaquilla Hartmann y Kester, 1986 citado por Cañarviri, (2007).

2.3 MULTIPLICACIÓN DE PLANTAS

La reproducción de especies se puede dar mediante dos alternativas la vía sexual y asexual; la reproducción sexual se genera por medio de semillas, en cuando a la reproducción asexual se efectúa a través del material vegetativo (estacas, injertos, esquejes) que se obtiene de las partes de la planta como raíz, tallo y hojas por lo tanto la propagación vegetativa o agámica permite a partir de porciones de una planta madre la obtención de nuevos individuos genéticamente iguales y a su vez estas partes separadas de la planta, tienen la capacidad de regenerar su sistema radicular o formar otro sistema de ramas (MINAGRO, 2018).

Ramírez citado por Soto (2004) menciona que actualmente el interés por recuperar especies vegetales promueve investigaciones sobre estrategias para su propagación, siendo la reproducción asexual o vegetativa una alternativa viable.

2.3.1 Ventajas e inconvenientes de la reproducción asexual

Entre las ventajas que conlleva este tipo de reproducción se incluyen la obtención de especies vegetales en menor tiempo, plantas con características similares a la planta que les dio origen, conservan los caracteres genéticos de las variedades en cuanto a su capacidad productiva, calidad y a su resistencia a plagas y enfermedades; así mismo, ofrece un manejo más sencillo a nivel de vivero facilitando el alcanzar nuevos territorios. Por otro lado, se exponen las desventajas: se obtiene una menor producción por unidad de superficie por lo tanto el material de propagación debe ser almacenado por un tiempo relativamente corto, por último, se vuelve indispensable contar con plantas madres de buenas características de dónde se obtendrá el material de multiplicación (Reyes, 2015).

2.3.2 Métodos para propagación vegetativa

De acuerdo con MINAGRO (2018) entre los métodos para reproducción asexual en especies vegetales se enfatizan los siguientes:

Multiplicación por barbados: el barbado es una estaca que se planta en una cancha de cría y al cabo de 1-2 años desarrolla un sistema radical que la convierte en un árbol, esta forma de reproducción se utiliza para sauces, álamos, plátanos y olmos.

Multiplicación por acodos: esta técnica aprovecha la posibilidad que brindan las ramas de algunas especies de formar raíces sin ser separadas de la planta madre, esta consiste en poner en contacto con la tierra ramas laterales que generalmente son las más bajas de los árboles que tengan entre 1 - 2 años edad de modo tal que permitan originar raíces al ser enterradas en el suelo.

Multiplicación por estacas, ramillas o esquejes: la reproducción por estacas es aquella en que una parte del tallo es desprendida de la planta madre con yemas vivas que posteriormente serán expuesta en condiciones ambientales favorables e inducida a formar raíces y ramas, produciendo una nueva planta. Este tipo de multiplicación se vuelve el método más importante para propagar árboles y arbustos ornamentales, tanto de especies caducifolias como de especies perennifolia (Reyes, 2015).

2.3.3 Propagación vegetativa por medio de estacas

Este tipo de propagación por medio del enraizamiento de estacas se ha convertido en el principal método de multiplicación vegetal de importantes cultivos florícolas y ornamentales, permite multiplicar y obtener en un tiempo relativamente corto, plantas homogéneas y de buena calidad comercial, en este contexto el proceso empieza con la obtención de las estacas, las cuales deben cosecharse de plantas vigorosas, sin enfermedades tanto de origen fúngico como viral, bacteriano o que presente algún tipo de plaga; seguidamente las estacas serán plantadas en un sustrato idóneo al igual que se debe proveer de las condiciones ambientales óptimas para su correcto desarrollo a fin que se regeneren nuevas raíces adventicias que produzcan una nueva planta, a pesar de ello este proceso es difícil en virtud de que la planta demora más tiempo en regenerar sus estructuras que simplemente continuar con el crecimiento de un órgano ya existente, es por eso que la eficacia de la propagación va depender de la especie y de ciertos factores ya sean previos o posteriores a la cosecha de las estacas por consiguiente el tiempo juega un papel fundamental en el enraizamiento si se considera que varía notablemente la edad de las plantas y el tipo de especie con la que se trabaje, es decir si son de la misma especie o son diferentes; generalmente las estacas provenientes de brotes de mayor edad o madurez son las que poseen mayor dificultad por dicho proceso. En cuanto a las plantas jóvenes se debe prestar atención puesto que muchas especies se consolidan a medida que la planta completa su desarrollo, asimismo el determinar los tipos de estacas que existen es un requisito importante para la eficacia del enraizamiento puesto que estas varían de acuerdo con la época del año y la especie con la que se emplee, en ese sentido se incluyen los siguientes tipos: especies herbáceas que se emiten durante todo el año, especies de madera suave que se obtienen a partir de brotes nuevos de primavera en arbustos y árboles leñosos, plantas de maderasemileñosas como arbustos y cultivos leñosos que se obtienen durante el verano a partir

de tallos del crecimiento de la temporada y por último las especies de madera dura o leñosa que se encuentran en arbustos y especies leñosas en otoño o invierno a partir de tallos leñosos del crecimiento de la temporada anterior (MINAGRO, 2018).

2.4 CONDICIONES NECESARIAS PARA EL ENRAIZAMIENTO

- **Una alta humedad relativa:** evita la deshidratación de igual manera una temperatura adecuada estimula la actividad metabólica de las estacas, especialmente en la zona basal donde surgen las raíces adventicias (15 a 25°C sería lo ideal) y suficiente luminosidad para permitir que las estacas continúen con la fotosíntesis y produzcan energía (MINAGRO, 2018).
- **Sustrato:** es todo componente poroso, que puede ser empleado solo o en combinación con otros, debe contar con las siguientes características; ser suficientemente densos y firmes para servir de anclaje a las estacas; tener suficiente capacidad de retención hídrica, ausencia de impurezas, es decir no presentar malezas ni ser fuente de plagas ni de patógenos y contar con pH entre 5.5 y 6.5 para un óptimo desarrollo de las plantas, no obstante existen numerosos sustratos que pueden utilizarse como medios de enraizamiento como lo son los sustratos orgánicos donde se incluyen productos de madera procesados por composteo (corteza, aserrín, virutas), turba (peat moss), composta de materia orgánica, lodos de depuradora, fango, estiércol, paja, cascarillas de arroz, cacahuete, entre otras (Osuna *et al.*, 2017).
- **Turba o peat moss (proveniente del musgo Sphagnum):** se clasifica en dos grupos: **turbas rubias** (las que más le ha dado el sol) y **turbas negras**; las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, poseen una excelente porosidad, buena receptora de soluciones nutritivas proporcionando gran aireación a las raíces, libre de gérmenes y bastante ligera, se recomienda que después de su humedecimiento y abonado sea utilizada inmediatamente (Florka, 2016).

En general se utilizan combinaciones de turba y perlita, por sus cualidades de retención hídrica y porosidad; sin embargo, se pueden emplear otros componentes como son vermiculita, resaca y con precaución cáscara de arroz o viruta (Reyes, 2015).

- **Contenedores:** que faciliten la plantación de las estacas y posterior traslado de las estacas enraizadas, los contenedores pueden ser simples cajoneras o bandejas con o sin celdas.

Lo que hace más importante al enraizamiento de las especies vegetales es la capacidad que presentan las plantas para sintetizar fitohormonas (auxinas, citoquininas y giberelinas) presentes en yemas y brotes en activo crecimiento, es decir este tipo de hormonas juegan un papel decisivo en el enraizamiento o no de una especie (MINAGRO, 2018).

2.5 FITOHORMONAS

Alcántara *et al.* (2019) mencionan que una hormona vegetal o fitohormona es un compuesto orgánico producido internamente por las plantas, encargados de actuar como mensajeros químicos ya que son capaces de cambiar los patrones de crecimiento de los vegetales, controlando su crecimiento y desarrollo, responden a cambios ambientales y regulan la expresión genética de la planta. En el enraizamiento de vegetales intervienen varias hormonas, las cuales detallamos a continuación:

2.5.1 Citoquininas

Esta hormona participa directamente en la iniciación y elongación de las raíces siendo estas el principal órgano de síntesis; estimula la formación de brotes axilares a nivel vegetal y activa la senescencia en las hojas, por lo general se originan a partir de la adenina y se puede encontrar diferentes variedades de citoquininas como: Kinetina, Zeatina, Benciladenina y 4-hidroxifeniletanol (Alcántara *et al.*, 2019).

2.5.2 Giberelinas

Son hormonas que estimula la elongación celular, inducen el proceso de germinación y participan en la iniciación de la floración, así mismo este tipo de hormonas se originan a partir del ent-Kaureno existiendo diferentes variedades de giberelinas como: GA1, GA2 y GA (Alcántara *et al.*, 2019)

2.5.3 Auxinas

Las auxinas son promotoras de la división y alargamiento celular al igual que inducen la formación de raíces y aumentan la dominancia apical; inhiben el envejecimiento y la senescencia en los tejidos vegetales, estas hormonas se forman a partir del aminoácido triptófano, además existen diferentes variedades de auxinas como AIA Acidó indolacético, AIB Acidó indolbutírico, Acidó α -naftalenacético (ANA) (Alcántara *et al.*, 2019).

Hartmann y Kester (1999) menciona el ácido Naftalenacético (ANA) es una auxina sintética químicamente similar al Acidó Indolacético (AIA) que en la mayoría de las especies ha demostrado su efectividad frente a otras auxinas. Es probablemente el mejor material para el uso general debido a que no es tóxico para las plantas y es efectivo para estimular enraizamiento en un gran número de especies.

Sin embargo, el propósito de las sustancias promotoras o reguladoras de crecimiento de las raíces es incrementar el porcentaje de enraizamiento, reduciendo el tiempo de iniciación de raíces y mejorar la calidad del sistema radicular.

Actualmente existe la necesidad de reemplazar los productos de origen sintético por alternativas más naturales y productos orgánicos, es ahí donde se enfatiza en el uso de los extractos vegetales como enraizadores, quienes están directamente relacionados en la actividad metabólica de las plantas destacando la presencia de hormonas como auxinas, citoquininas y giberelinas.

2.6 EXTRACTOS VEGETALES

Un extracto vegetal es una combinación de varios compuestos biológicamente activos presentes en los tejidos u órganos de las plantas, obtenidos mediante procesos físicos o químicos; los extractos vegetales presentan varios principios activos con diferentes concentraciones en una misma planta, suelen presentar una mayor estabilidad y actividad, careciendo, en la mayoría de los casos de efectos adversos o de generación de residuos (Santamaría *et al.*, 2015).

Domínguez, 2016 citado por Córdova (2019) indica que se puede obtener un extracto de las siguientes formas:

- Maceración: colocar en agua por tres días o menos, una determinada porción de material para finalmente ser filtrada evitando que esta se fermente.
- Fermentación de purines: preparar en un saco permeable, la cantidad necesaria del material vegetal para posteriormente introducirlo en un envase con agua libre de cloro, posteriormente sellar con una tapa dejando circular el aire, se debe mecer cada día.
- Infusión: hervir agua a punto de ebullición sobre el material vegetal fresco o seco y dejar reposar durante 12 y 24 horas.
- Decocción: colocar el material vegetal en un volumen de agua por 24 horas, dejar que hierva por 20 minutos y retirar del fuego.

Los extractos vegetales son productos obtenidos por el tratamiento de materiales vegetales con solventes apropiados como agua, alcohol o éter, actuando de dos formas como reforzantes o nutrientes que fortifican y estimulan su crecimiento, y a la vez repelen, atraen, inhiben o estimulan a insectos y patógenos.

2.6.1 Sábila (Aloe vera)

La sábila es originaria de Europa, pero hay especies que proceden de las áreas costeras del mar rojo y del mediterráneo, en Madagascar.

Propiedades

La sábila se emplea en la medicina tradicional y se caracteriza por ser una de las mayores regeneradoras de células, lo más utilizado de esta planta son las hojas, donde se extrae la parte carnosa, mucílagos incoloros e inodoros, conocidos vulgarmente por el nombre de cristal. Esta estructura presenta acción cicatrizante, antiinflamatoria, además presenta propiedades bactericidas, laxantes y agentes desintoxicantes. Se ha confirmado que estos cristales contienen vitaminas A, B1, B2, B6, C, E y ácido fólico, presencia de minerales, aminoácidos esenciales y polisacáridos que estimulan el crecimiento de los tejidos y la regeneración celular (Calzada y Pedroza, 2005).

2.6.2 Maíz (Zea Mays)

El maíz presenta un sistema radicular fasciculado, de gran potencia y con rápido desarrollo. Puede llegar hasta los 4 metros de altura, dependiendo de la variedad es una planta monoica, su propagación es por semillas (Sisa, 2017)

Propiedades

El maíz es empleado como materia prima para la obtención de insecticidas, también la dextrosa es muy importante para realizar melaza y los rastrojos se puede incorporar al suelo como material orgánico , permite la producción de biocombustible como el etanol , el almidón del endospermo de las semillas es la base para obtener los endulzantes de maíz (Sisa, 2017)

2.6.3 Limón (Citrus limon)

Los cítricos en general son considerados plantas tropicales y subtropicales, con cierta variación en las exigencias específicas de temperaturas máxima, mínima y óptima de acuerdo con las especies y dentro de ella, las variedades y cultivares.

El limón es un árbol vigoroso y de tamaño medio, espinoso de la familia de las rutáceas, frutos de tamaño mediano de forma variable, pueden ser esféricos u ovalados, con semillas, piel entre verde amarillo es un producto de amplio cultivo en el Ecuador, sin embargo, solamente desde hace aproximadamente 10 años (Ordoñez et al., 2018).

Propiedades

El limón aporta una gran cantidad de vitamina C, potasio y cantidades menores de otras vitaminas y minerales. Además, presenta propiedades antioxidantes que ayuda a neutralizar sustancias cancerígenas como la nitrosamina además los cítricos son una fuente de compuestos bioactivos tales como carotenoides, fibra y compuestos fenólicos, flavanonas, antocianinas y ácido hidrodinámico.

Según Ordoñez et al., (2018) menciona que generalmente la cáscara es descartada como desecho sin embargo este subproducto del limón es el componente más interesante ya que en esta parte se encuentran localizados una amplia variedad de productos secundarios con actividad antioxidante y polifenoles, es decir que el uso de estos residuos se convierte en una fuente natural para obtener estos productos.

Serrano (2019) menciona el ácido cítrico es un ácido orgánico tricarbóxico, presente en la mayoría de las frutas cítricas como el limón y la naranja.

2.6.4 Llantén (*Plantago lanceolata*)

El Llantén, *Plantago major* o *Plantago lanceolata*, es una planta medicinal herbácea perenne con el tallo no ramificado, alcanza los 30-50 cm de altura tiene un rizoma corto con muchas raicillas de color amarillo, con hojas algo dentadas es muy fácil de encontrar (Espinosa y Callupe, 2019).

Propiedades

El llantén posee principios activos como flavonoides, ácido silícico, taninos y mucílagos además presenta acción antiséptica, expectorante, antibiótica, cicatrizante, antiinflamatoria, calmante, depurativa, saciante, antihemorrágica, emoliente y astringente (Espinosa y Callupe, 2019).

2.7 Agua de coco

García (2008), manifiesta que incluso el agua de coco puede ser empleado como un enraizante natural, ya que contiene ciertos reguladores de crecimiento (citoquinina, auxinas y ácido abscísico) que favorecen en la elongación de las células de los cotiledones (Millán y Márquez, 2014).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1 HIPÓTESIS

- El uso de extractos vegetales de sábila, llantén, maíz y limón combinados con agua de coco (en una relación 50/50) presentan propiedades enraizantes en la propagación asexual de estacas de arrayán y álamo.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo general

- Evaluar extractos vegetales para el enraizamiento de Arrayán (*Luma apiculata*) y Álamo (*Populus alba*) en la propagación por estacas.

3.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el extracto vegetal con mayor efecto enraizante en álamo y arrayán.
- Determinar si la especie arrayán (*Luma apiculata*) se adapta a la propagación vegetativa.
- Comparar los resultados obtenidos en arrayán y álamo.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El ensayo se llevó a cabo en la Granja Experimental Docente Querochaca de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, localizado en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua a 1° 22'02" de latitud de Sur y 78° 36'22" de longitud Oeste, a 2850 msnm (INAMHI, 2016).

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

De acuerdo con los registros meteorológicos del promedio de cinco años de la estación meteorológica de la Granja Experimental Docente Querochaca, la precipitación anual es de 632 mm, con una temperatura media de 12.7°C y la humedad relativa de 76.1% con una velocidad de viento de 3.3 m/seg con dirección de Este a Oeste (INAMHI, 2016).

4.2.1 Suelo

SIGTIERRAS (2017) menciona que los suelos de esta zona corresponden al orden Andisol, suelos generalmente negros que se desarrollan a partir de depósitos volcánicos; sin embargo, el presente trabajo se desarrolló en el área de aclimatación del laboratorio de biotecnología vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias por sus condiciones óptimas de climatización, en cuanto al sustrato se utilizó TS4 que es una turba rubia.

4.2.2 Condiciones dentro del área de aclimatación

Dentro del vivero en donde se desarrolló la investigación (Área de Aclimatación), la temperatura fue de 15 a 25 °C y 80% de humedad.

4.3 EQUIPOS Y MATERIALES

4.3.1 Equipos

- Balanza
- Licuadora industrial
- Cocineta
- Ph metro
- Germinadora

4.3.2 Materiales

- Estacas de arrayán (*Luma apiculata*) y álamo (*Populus alba*)
- Extracto de sábila (*Aloe vera*), extracto de llantén (*Plantago lanceolata*), extracto de maíz (*Zea mays*) y extracto de limón (*Citrus limon*)
- Hormonagro N° 1
- Agua de coco
- Vasos de precipitación
- Agua destilada
- Hipoclorito de sodio al 10 %
- Alcohol 80%
- Vasos plásticos de 14 onz
- Tijera de podar
- Sustrato (Turba Rubia TS4)
- Probeta de 50 ml
- Regla de 30 cm

4.4 FACTORES DE ESTUDIO

4.4.1 Especie vegetales

Arrayán P1

Álamo P2

4.4.2 Extractos vegetales

Extracto de sábila (*Aloe vera*) + Agua de Coco E1

Extracto de llantén (*Plantago lanceolata*) + Agua de Coco E2

Extracto de maíz (*Zea mays*) + Agua de Coco E3

Extracto de limón (*Citrus limon*) + Agua de Coco E4

4.4.3 Testigo Comercial

Hormonagro N° 1(ANA) T

4.5 Tratamientos

Los tratamientos resultan de la combinación de los factores en estudio y se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1*Tratamientos*

N°	Simbología	Especie	Extracto vegetal
1	P1E1	Arrayán	Extracto de sábila (<i>Aloe vera</i>) + agua de coco
2	P1E2	Arrayán	Extracto de llantén (<i>Plantago lanceolata</i>) + agua de coco
3	P1E3	Arrayán	Extracto de maíz (<i>Zea mays</i>) + agua de coco
4	P1E4	Arrayán	Extracto de limón (<i>Citrus limon</i>) + agua de coco
5	P2E1	Álamo	Extracto de sábila (<i>Aloe vera</i>) + agua de coco
6	P2E2	Álamo	Extracto de llantén (<i>Plantago lanceolata</i>) + agua de coco
7	P2E3	Álamo	Extracto de maíz (<i>Zea mays</i>) + agua de coco
8	P2E4	Álamo	Extracto de limón (<i>Citrus limon</i>) + agua de coco
9	Testigo 1	Arrayán	Hormonagro N° 1
10	Testigo 2	Álamo	Hormonagro N° 1

4.6 Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue el diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con un arreglo factorial de $2 \times 4 + 2$, con tres repeticiones también se realizó el análisis de la varianza (ADEVA) y se efectuó la prueba Tukey al 5%.

4.6.1 Esquema de campo

R1	R2	R3
T Álamo	P2E1	T Arrayán
P2E1	P2E4	P1E1
P2E3	P1E3	T Álamo
T Arrayán	P1E1	P1E4
P1E3	P1E4	P1E3
P1E1	T Arrayán	P2E1
P2E4	P2E2	P2E3
P1E2	T Álamo	P2E4
P1E4	P2E3	P1E2
P2E2	P1E2	P2E2

Figura 1

Esquema de campo

4.7 MANEJO DEL EXPERIMENTO

4.7.1 Obtención de los extractos vegetales para enraizamiento

4.7.1.1 Extracto de sábila (*Aloe vera*)

Para la obtención del extracto, se realizó una recolección de las pencas de sábila y se procedió a eliminar el lado puntiagudo de la hoja, seguidamente se efectuó un corte longitudinal dividiendo el penco en dos partes a continuación se extrajo su contenido con la ayuda de un cuchillo y se raspó el gel hasta obtener 250 g, luego se colocó en un envase que estuvo previamente desinfectado y finalmente se empleó de manera inmediata.

4.7.1.2 Extracto de maíz (*Zea mays*)

Para su elaboración se emplearon tres libras de grano de maíz de la variedad Chazo, así mismo, se procedió a seleccionar las semillas que presentaron mejores características y que se encontraban en buen estado; con la ayuda de la balanza se pesaron seis fundas de 250 g, seguidamente se depositaron las semillas en diferentes recipientes con 500 ml de agua destilada y se dejaron en reposo; adicionalmente se efectuó una desinfección general del equipo (germinadora) y de las bandejas que se emplearon, al día siguiente se retiró el agua destilada de las semillas y se acondicionaron las bandejas con la ayuda de toallas de cocina, finalmente se colocaron las semillas en la germinadora a una temperatura de 40°C durante 5 días y se verificó que se mantenga la humedad de tal manera que las semillas comenzaron a duplicar su tamaño y generar plúmula y raíz posteriormente se licuaron con 1l de agua destilada para su inmediata inmersión.

4.7.1.3 Extracto de llantén (*Plantago lanceolata*)

Se preparó a partir de las raíces y hojas, sin presencia de plagas y enfermedades, procediendo a pesar 200 g de este material para después depositarlo en un recipiente con 2.5 l de agua; procediendo a hervir durante 15 minutos a fuego lento, machacamos las raíces y las hojas y dejamos reposar durante 10 horas.

4.7.1.4 Extracto de limón (*Citrus limon*)

Para el extracto de limón se emplearon 20 limones de la variedad sutil y se procedió a lavar los limones limpiando la cáscara con una esponja; seguidamente con la ayuda de un cuchillo se cortó la cáscara de los limones y posteriormente se colocó en un recipiente previamente desinfectado, luego se añadió un litro y medio de alcohol, dejando en reposo por 15 días en un lugar ventilado y protegido de luz directa.

4.8 Preparación del área del ensayo

Previamente se realizó una limpieza y desinfección del área de aclimatación, incluyendo los materiales que se emplearon en este proceso, además se definió el espacio para la realización del ensayo.

4.9 Selección de estacas

En el caso del arrayán se recolectaron estacas jóvenes, es decir desde el tercio inferior de la copa del árbol que corresponde a tejido del último año o crecimiento de 0.5 a 1 cm de diámetro, con una longitud de 17 cm, corte recto en la parte superior y basal dejando las hojas existentes con el fin de producir el menor estrés posible en las estacas.

En el caso del álamo se recogieron estacas de tallos lignificados con una longitud de 17 cm y con un diámetro de 0.5 a 1 cm realizando un corte recto en la parte superior y basal y se eliminaron las hojas que se hallaban en la estaca.

4.9.1 Preparación de las estacas

Una vez obtenido el material vegetal se procedió a realizar una desinfección, para ello se efectuaron cortes en sentido transversal en la parte basal con el propósito de facilitar el enraizamiento, en cuanto al corte superior se realizó un corte inclinado, consiguiendo estacas con una longitud de 15 cm que posteriormente fueron sumergidas por un minuto en hipoclorito de sodio al 10% (50 ml en un litro de agua).

4.10 Sustrato

Se utilizó TS4 como sustrato, el cual está conformado por fibra de turba rubia con perlita, su uso está recomendado para plantas ornamentales y presenta un pH de 5.5; además facilita el desarrollo de las raíces y optimiza la retención de agua, mejorando la aireación del sustrato (Valimex, 2017).

4.11 Llenado de los vasos plásticos

Se procedió a llenar el sustrato, que fue previamente humedecido, en cada vaso y se realizó un hueco sobre el mismo con el propósito de insertar las estacas de cada especie.

4.12 Aplicación de tratamientos

4.12.1 Estacas con extractos vegetales

En diferentes recipientes se colocó el 50% de los extractos de aloe vera, llantén, maíz y limón con 50% de agua de coco, seguidamente se sumergieron las estacas en los extractos vegetales como solución hormonal y los testigos en solución Hormonagro N° 1 y se dejaron en reposo por 24 horas, finalmente se procedió al trasplante en los vasos.

4.13 Riego

El riego se generó constantemente con el fin de mantener una humedad relativa cercana al 100%.

4.14 Controles fitosanitarios

Como acción preventiva de Damping off o mal de semilleros, por un mes se realizaron aplicaciones, cada 8 días, de 2 g de captan en un litro de agua vía drench; adicionalmente, a los 45 días se aplicó un extracto de ají con ruda con el fin de controlar la aparición de mosquitos.

4.15 VARIABLES RESPUESTAS

Luego de 60 días se procedió a retirar las plántulas, enjuagando el sustrato con mucho cuidado y se midieron los siguientes parámetros:

4.15.1 Porcentaje de enrizamiento

En esta variable, se contó el número de estacas vivas que presentaron mejores características en cuanto al vigor y turgencia frente al número total de estacas por cada unidad experimental en cada tratamiento para luego aplicar una regla de tres y expresar el porcentaje de enraizamiento.

4.15.2 Longitud de las raíces

Se procedió a medir con una regla graduada en cm, la longitud de las raíces primarias de cada estaca de los tratamientos evaluados y el resultado se lo expresó en centímetros (cm).

4.15.3 Número de raíces

Se realizó el conteo del número de raíces principales que presentaron las plántulas.

4.15.4 Volumen radicular

Mediante el método volumétrico (probeta 50 ml) se colocaron las raíces de cada plántula de los tratamientos evaluados, obteniendo el valor por el desplazamiento del agua, finalmente el resultado se lo expresó en centímetros cúbicos (cm³).

4.15.5 Número de brotes 30, 45 y 60 días

Esta variable se evaluó desde los 30 días hasta los 60 días contabilizando el número de yemas brotadas, después de haber sembrado las estacas, de cada uno de los tratamientos evaluados.

4.15.6 Longitud del brote 30, 45 y 60 días

Se midió la longitud de los brotes de las estacas de cada uno de los tratamientos con la ayuda de una regla graduada en cm y los promedios se los expresaron en centímetros.

4.16. Procesamiento de la información

Los datos tomados se procesaron empleando el programa estadístico INFOSTAT

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 RESULTADOS

5.1.1 Resultados de la propagación por estacas en la especie arrayán

5.1.2 Porcentaje de enraizamiento

A los 60 días de establecido el experimento se evaluó la variable porcentaje de enraizamiento dando como resultado que todos los tratamientos registraron un 0%, lo que permite inferir que al registrarse este valor, todas las variables en estudio para esta especie fueron nulas, existen varios factores que afectan el enraizamiento de este tipo de estacas entre ellos; factores ambientales debido a que muchas especies de mirtáceas son extremadamente sensibles a la sequedad y la presencia de fenoles además la información sobre propagación de esta especie es muy escasa convirtiéndose en un limitante para su producción.

Isassis (2016), obtuvo resultados similares al evaluar tres métodos de propagación de la especie arrayán; por semilla, estacas y cultivo *in-vitro*, dando como resultados que en cuanto a la propagación sexual, es decir por semilla alcanzó un porcentaje de germinación del 65.74%, en la propagación *in-vitro* se generaron problemas de contaminación en el material vegetal y finalmente en la propagación asexual por estacas el enraizamiento fue de 0% a los 90 días después de la plantación y se menciona que estos resultados se pudieron dar por que el arrayán presenta fenoles que limitan la formación de raíces, sugiriendo el uso de tratamientos que estimulen la lixiviación de este compuesto mediante sustancias antioxidantes como es el caso del ácido cítrico o ascórbico.

Por otro lado Loeza-Corte *et al.*, (2013) menciona varias estrategias que podrían facilitar el éxito en el enraizamiento para estudios posteriores, entre ellas el evaluar diferentes tipos de lignificación debido a que es un factor a considerar en cada especie; además Soto (2004), destaca que la edad de la planta madre ejerce una fuerte influencia en la capacidad de las estacas para formar raíces, independiente de la especie recomendando el uso de plantas jóvenes; así mismo, Hartmann y Kester (1999),

mencionan que la época de recolección de las estacas influye en el enraizamiento, debido a que está relacionado con los balances hormonales internos de la planta madre; el tipo de planta ya sea perenne o caduca y las condiciones ambientales resultando fundamental el mantener la humedad relativa alta entre el 80a 100% de manera constante y temperatura ambiental controlada entre 20 a 27°C para el caso de la diurna y alrededor de los 15°C la nocturna, para reducir la pérdida de humedad de las estacas, la capacidad de retención de agua del aire (humedad relativa) debe ser alta para un adecuado enraizamiento.

No obstante, es necesario recalcar que en la presente investigación se trabajó con estacas jóvenes obtenidas del tercio inferior de la copa del árbol correspondiente al tejido del último crecimiento, el experimento se llevó a cabo en un área con ambiente controlado y en cuanto a los tratamientos se destaca la presencia del extracto de limón más agua de coco. Según Serrano (2019), el ácido cítrico es un ácido orgánico tricarbónico, presente en la mayoría de las frutas cítricas como el limón y la naranja a pesar de ello no se obtuvieron resultados favorables en la propagación asexual por vía estacas en esta especie.

5.1.2. Resultados de la propagación por estacas en la especie Álamo

5.1.2.1 Variables agronómicas evaluadas en los tratamientos

Porcentaje de enraizamiento

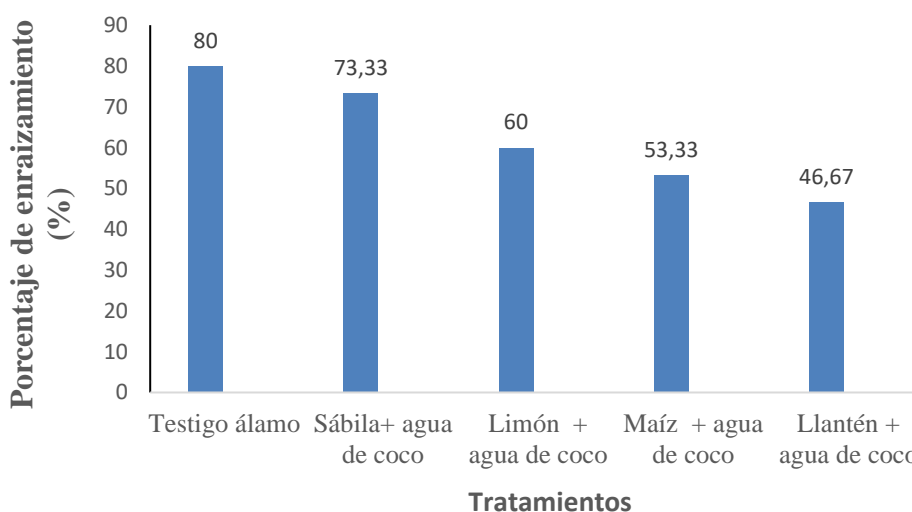


Figura 2 Gráfica del porcentaje de enraizamiento

Mediante el análisis de varianza efectuada a los 60 días después de la plantación de las estacas, se pudo determinar que no se registran diferencias estadísticas significativas para la variable porcentaje de estacas enraizadas, presentando un p-valor de 0.0532 pero se pudieron identificar diferencias numéricas, siendo el testigo comercial quien alcanzo el mayor porcentaje de enraizamiento con un promedio del 80 % esto se debe a que se aplicó una hormona química (ANA) como tratamiento (Tabla 2).

Por otro lado, en cuanto al porcentaje de enraizamiento, donde se aplicaron extractos vegetales se registró que el tratamiento P2E1 formado por extracto de sábila + agua de coco alcanzo un promedio de 73.33 % siendo el valor más alto entre los tratamientos naturales, seguido del tratamiento P2E4 extracto de limón + agua de coco con 60% sin embargo; se evidencio un menor porcentaje en el tratamiento P2E2 extracto de llantén + agua de coco con un 46.67 % (Tabla 2).

Longitud de las raíces

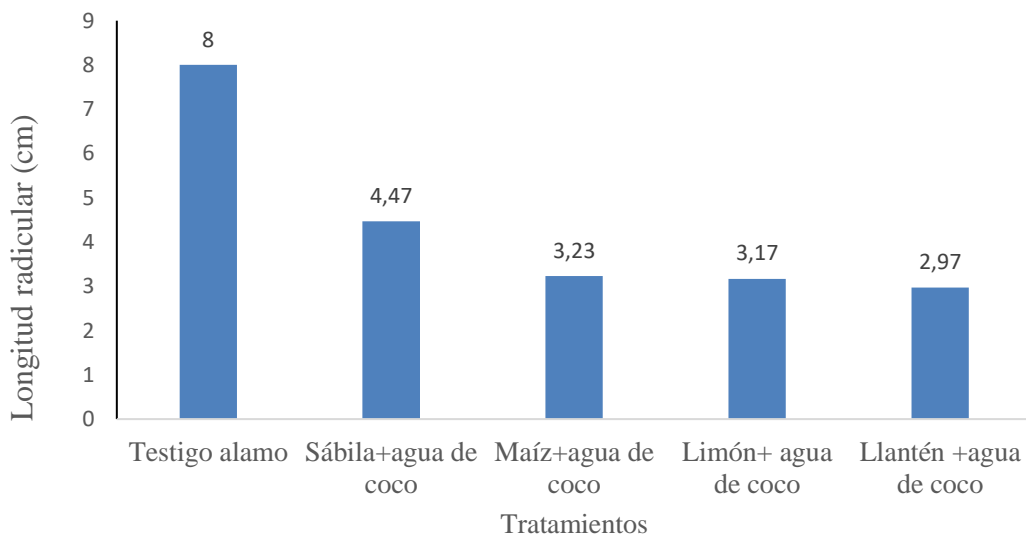


Figura 3 Gráfica de la longitud radicular

Mediante el análisis de varianza efectuada a los 60 días después de la plantación de las estacas, se pudo determinar que no se registran diferencias estadísticas

significativas para la variable longitud radicular, presentando un p-valor de 0.0926 pero se pudieron identificar diferencias numéricas, el testigo comercial quien alcanzo un promedio de 8 cm siendo el valor más alto entre los tratamientos, seguidode extracto P2E1 extracto de sábila más agua de coco con un promedio de 4.47 cm, sin embargo; se evidencio una menor longitud radicular en el tratamiento P2E2 extracto de llantén + agua de coco con un valor de 2.97 (Tabla 2).

Lo que permite inferir que todos los productos naturales evaluados son estadísticamente similares al tratamiento donde se aplicó un tratamiento comercial, en la especie ornamental álamo.

Número de raíces

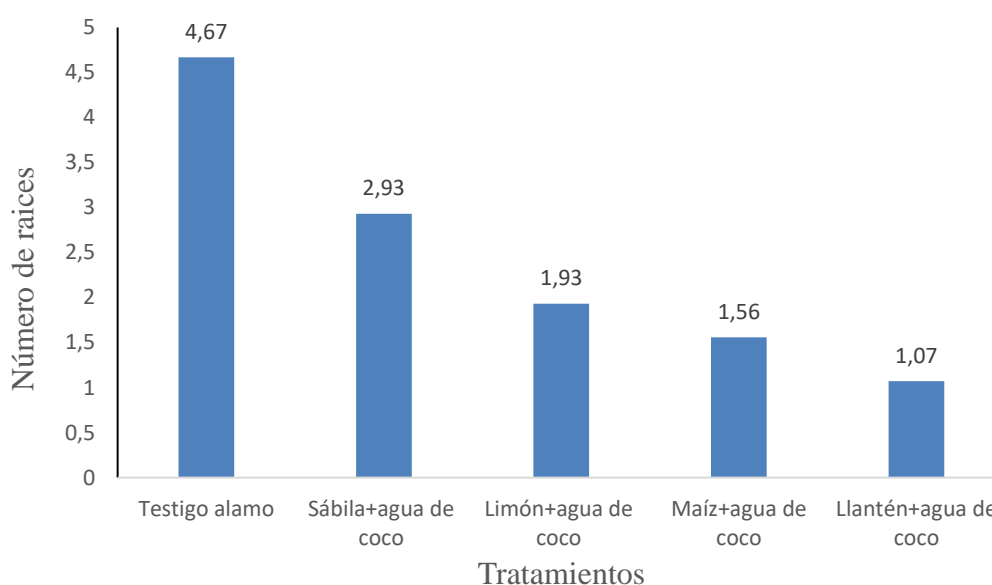


Figura 4 Gráfica del número de raíces

Por otro lado, mediante el análisis de varianza para la variable número de raíces se registraron diferencias significativas con un p-valor < 0.0038 y al realizarse la prueba de Tukey al 5% se determinó que el mejor tratamiento para la variable número de raíces corresponde al testigo comercial con un promedio de 4.67 que presentó diferencias significativas estadísticas, seguido del extrado de sábila más agua de coco con un promedio de 2.93, mientras que el menor valor se registró en el tratamiento P2E2 extracto de llantén + agua de coco con un promedio de 1.07 (Tabla 2).

Volumen radicular

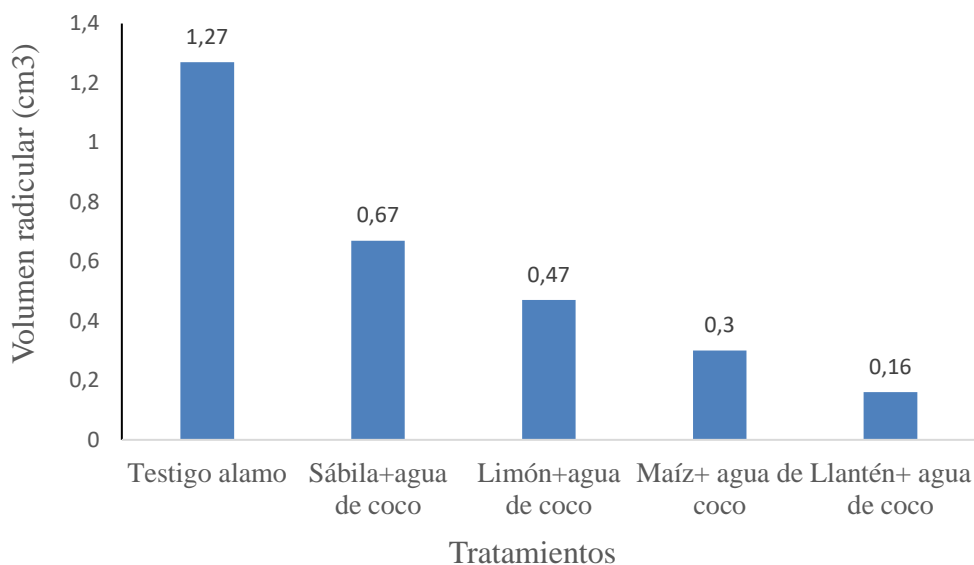


Figura 5 Gráfica del volumen radicular

Finalmente mediante el análisis de varianza para la variable volumen radicular se registraron diferencias significativas con un p-valor < 0.0014 y al efectuarse la prueba de Tukey al 5% se obtuvo que el mayor volumen radicular corresponde al testigo comercial con promedio de 1.27 cm^3 presentando diferencias estadísticas significativas, en cuanto a los tratamientos donde se aplicaron extractos vegetales, un menor volumen radicular se registró en el tratamiento P2E2 extracto de llantén + agua de coco con un promedio de 0.16 cm^3 , aunque no difieren significativamente de los tratamientos P2E4 extracto de limón + agua coco, P2E3 extracto de maíz + agua de coco y P2E1 extracto de sábila + agua de coco (Tabla 2).

El testigo comercial registró los mejores resultados en cuanto a las variables número de raíces y volumen radicular debido que en este tratamiento se aplicó Hormonagro N°1, hormona química, cuyo ingrediente activo es el ácido Naftalenacético del grupo de las auxinas que estimulan la formación radicular y elevan la dominancia apical (Ecuaquímica, 2013).

En los resultados obtenidos en las variables porcentaje de estacas enraizadas, longitud radicular y altura de la planta, podemos apreciar que el uso de extractos vegetales como enraizantes naturales son igual de beneficiosos y hasta más económicos que los enraizantes comerciales que normalmente son empleados en este tipo de propagación confirmando lo mencionado por González *et al.*, (2004), en su investigación determinaron una posible actividad auxínica en los extractos de aloe (*Aloe vera* L.) y sauce (*Salix humboldtiana* Wild).

Resultados similares se obtuvieron en Alvarado y Munzón (2020), donde se evaluó la efectividad del gel de aloe y agua de coco, como enraizantes naturales, frente a una formulación comercial del regulador fisiológico ácido naftalacético (ANA) en diferentes sustratos para la propagación asexual de árboles de *Ficus benjamina* a los 60 días después de la siembra, el mejor tratamiento para enraizamiento y propagación fue tierra amarilla + cascarilla de arroz + gel de aloe, cuyo porcentaje de prendimiento alcanzó 54.17% superando a la hormona comercial, que llegó a un prendimiento de 41.67% lo que permite concluir que el uso de enraizantes naturales constituyen una alternativa a la hormona comercial.

Número de brotes a los 30, 45 y 60 días

Mediante el análisis de varianza de la variable número de brotes efectuados a los 30, 45 y 60 días después de la plantación no existen diferencias estadísticas significativas de los tratamientos; sin embargo, se pudieron identificar diferencias numéricas donde P2E1 extracto de sábila + agua de coco a los 60 días alcanzó un promedio de 2.20 siendo el valor más alto entre los tratamientos, lo que permite concluir que todos los productos naturales evaluados son estadísticamente similares al tratamiento donde se aplicó una hormona química (Hormonagro N°1) (Tabla 3).

Esto se debe a la presencia de fitohormonas naturales en los extractos vegetales que estimulan el proceso de enraizamiento y desarrollo de las estacas cabe recalcar que al ser combinados con el agua de coco potencializa este enraizamiento como afirman Millán y Márquez (2014), el agua de coco es un enraizante natural, ya que contiene

ciertos reguladores de crecimiento (citoquinina, auxinas, ácido abscísico) que favorecen en la elongación de las células de los cotiledones.

Cañarviri (2007), empleo tres tipos de Fitohormonas vegetales: Rothor (mezcla de ANA y IBA) , Rootone (mezcla de ANA y IBA) y Biozyme *tf (GA y IBA) para evaluar la propagación mediante estacas de tres especies de álamo y se cuantificaron las siguientes variables días a la brotación, diámetro, altura de brote e índice de área foliar , donde se obtuvo que los tratamientos donde se aplicó Rootone x *P. balsamifera* y Rootone x *P. alba* aplicados, resultaron ser eficientes para la propagación mediante estacas de álamo en la zona del Araca, debido a la presencia de ingrediente auxínicos, loque indicó que el uso de productos naturales pueden sustituir el método tradicional, aconsejando su uso para la propagación de estacas de álamo.

Tabla 2*Datos de las variables agronómicas a los 60 días durante el proceso de enraizamiento*

Tratamientos	Porcentaje de enrizamiento (%)	Longitud radicular (cm)	Número de raíces	Volumen radicular (cm ³)
¹ P2E1	73.33 a	4.47 a	2.93 a b	0.67 b
P2E2	46.67 a	2.97 a	1.07 b	0.16 b
P2E3	53.33 a	3.23 a	1.56 b	0.30 b
P2 E4	60.00 a	3.17 a	1.93 b	0.47 b
Testigo álamo	80.00 a	8.00 a	4.67 a	1.27
Media	62.66	4.36	2.43	0.572
² EE	7.15	1.22	0.42	0.12
Valor de P	0.0532	0.0926	< 0.0038	< 0.0014
³ C V (%)	19.76	18.95	11.67	6.34

a-b. Medias en la fila seguida de letras diferentes indica diferencias significativas (P<0.05).

¹ P2E1: Especie álamo + Extractos vegetales + Agua de coco

² E.E: Error estándar

³ C.V.: Coeficiente de variación

Tabla 3*Número de brotes de álamo (Populus alba) en el proceso de enraizamiento*

Tratamientos	30 días	45 días	60 días
P2E1	2.13 ± 0.64 a	2.07 ± 0.41 a	2.20 ± 0.43 a
P2E2	1.40 ± 0.34 a	1.73 ± 1.10 a	1.53 ± 0.57 a
P2E3	1.43 ± 0.15 a	1.67 ± 0.23 a	1.33 ± 0.30 a
P2 E4	1.93 ± 0.64 a	1.93 ± 0.64 a	1.87 ± 0.75 a
Testigo álamo	2.0 ± 0.52 a	1.80 ± 0.80 a	1.60 ± 0.40 a

Valores promedios en una columna seguidos de letras similares mostraron que no existen diferencias significativas según Tukey ($p < 0.05$)

Longitud de brote a los 30, 45 y 60 días

Mediante el análisis de varianza de la variable longitud del brote a los 30, 45 y 60 días se pudieron determinar diferencias significativas en los tratamientos con p-valor < 0.0004 , < 0.0022 y < 0.0275 respectivamente, de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% a los 30 días presenta tres rangos de diferencias estadísticas, siendo el mejor tratamiento el testigo comercial con un promedio de 3.67 cm, seguido de P2E extracto de sábila + agua coco con valores de 3.03 cm, mientras que el menor se registró en tratamiento P2E4 extracto de limón + agua coco con un promedio de 1.17 cm; a los 45 días presenta tres rangos de diferencias estadísticas, siendo el mejor tratamiento el testigo comercial con un promedio de 6.03 cm, seguido de P2E1 extracto de sábila + agua coco con un promedio de 5.61 cm, mientras que el menor registró el tratamiento P2E4 extracto de limón + agua coco con un promedio de 2.60 cm; a los 60 días se identificaron dos rangos siendo el mejor tratamiento el testigo comercial con un promedio de 10.97 cm (Tabla 4).

El testigo comercial presentó la mayor longitud de brote con un promedio de 10.97 cm a los 30, 45 y 60 días después de la plantación de las estacas (Tabla 4).

Resultados similares obtuvo Machaca (2020), donde se evaluó la propagación vegetativa del álamo con aplicación de diferentes dosis de ácido indolbutírico en ambientes semicontrolados, las dosis empleadas en esta investigación fueron de 400 y 800 ppm de la fitohormona enraizante donde se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a la variable longitud de brote, la estaca de longitud de 20 cm alcanzó 15.84 cm; en cambio, la menor fue la estaca de longitud de 40 cm, con 11.28cm; así mismo, el efecto de la dosis de la fitohormona en las estacas sobre el tiempo de producción registró que la aplicación de la dosis de 800 ppm estimula el desarrollo vegetativo.

Tabla 4

Longitud de brotes de álamo (Populus alba) en el proceso de enraizamiento

Tratamientos	Longitud del Brote (cm)		
	30 días	45 días	60 días
¹ P2E1	3.03 ab	5.61 ab	9.0 ab
P2E2	1.50 c	3.37 bc	5.43 b
P2E3	1.90 bc	4.07 abc	5.80 ab
P2 E4	1.17 c	2.60 c	5.27 b
Testigo álamo	3.67 a	6.03 a	10.97 a
Media	2.25	4.42	7.29
² EE	0.25	0.42	1.12
Valor de p	< 0.0004	<0.0022	<0.0275
³ CV (%)	19.03	16.47	11.82

a-c. Medias en la fila seguida de letras diferentes indica diferencias significativas (P<0.05).

¹ P2E1: Especie álamo + Extractos vegetales + Agua de coco

² E.E.: Error estándar

³ C.V.: Coeficiente de variación

5.2 DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos en esta investigación y según el análisis de varianza en las diferentes variables agronómicas para la especie álamo, se puede inferir que los extractos vegetales evaluados son estadísticamente similares al tratamiento donde se aplicó un tratamiento comercial (Hormonagro) el cual es una hormona química, cuyo

ingrediente activo es el ácido Naftalenacético del grupo de las auxinas, por lo tanto el uso de estos productos naturales como enraizantes pueden llegar a sustituir la aplicación de hormonas químicas, ya que los extractos vegetales presentan fitohormonas y pueden ser obtenidas de forma natural, que resultan más económicas y amigables con el medio ambiente; estos resultados confirman lo citado por Cañarviri (2007), que mencionó que el uso de productos naturales pueden sustituir el método tradicional aconsejando su uso para la propagación de estacas de álamo; así como lo corrobora González *et al.*, (2004) que con sus resultados menciona que el uso de alternativas naturales en la agricultura está tomando fuerza y es ahí donde se puede destacar la aplicación de extractos vegetales de diferentes especies como estimulantes de enraizamiento .

En cuanto a los resultados obtenidos para la especie arrayán en esta investigación se registró que a los 60 días de establecido el experimento el porcentaje de enraizamiento fue de 0% lo que permite inferir que existen varios factores que afectan el enraizamiento de este tipo de estacas entre ellos; la presencia de fenoles que limita la formación de raíces como los menciona Isassis, (2016) ya que evaluó tres métodos de propagación de dicha especie : por semilla, estacas y cultivo *in-vitro*, dando como resultados que la propagación por semilla alcanzó un porcentaje de germinación del 65.74%, en la propagación *in-vitro* se generaron problemas de contaminación en el material vegetal y finalmente en la propagación asexual por estacas el enraizamiento fue de 0% y se menciona que estos resultados se pudieron dar por que el arrayán presenta fenoles que limitan la formación de raíces, sugiriendo el uso de tratamientos que estimulen la lixiviación de este compuesto mediante sustancias antioxidantes como es el caso del ácido cítrico o ascórbico además la información sobre propagación de esta especie es muy escasa convirtiéndose en un limitante para su producción, cabe recalcar que en el presente trabajo se empelo un extracto de limón más agua de coco como tratamiento , sin embargo no se registraron resultados positivos.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1 CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación se concluyó lo siguiente:

El extracto vegetal con mayor efecto enraizante fue P2E1, conformado por extracto de sábila más agua de coco ; el cual registro diferencias numéricas obteniendo el valor más alto entre los tratamientos donde se aplicaron extractos naturales con un promedio de 73.33 % ,lo que nos permite inferir que este extracto vegetal muestra la presencia de una posible actividad de auxinas que pueden llegar a sustituir a los enraizantes comerciales y convertirse en una alternativa tecnológica más para ofrecer en la propagación por estacas en la especie álamo ,sin embargo si comparamos con el testigo comercial este fue superior.

La especie arrayán no se adaptó a la propagación vegetativa, ya que a los 60 días de establecido el experimento se registró un porcentaje de enraizamiento del 0% en los tratamientos con extractos vegetales y con el testigo comercial conformado por una hormona sintética , convirtiéndose en un proceso difícil debido a que no se pudo eliminar la presencia de los fenoles que limitan la formación de las raíces en esta especie a pesar de a ver empleado extracto de limón el cual contiene ácido cítrico que puede ser utilizado como un antioxidante natural.

Al comparar los resultados obtenidos en esta investigación y a pesar que se brindaron las mismas condiciones ambientales, sustrato, controles fitosanitarios y riego, el comportamiento de las estacas de álamo en el período de enraizamiento con aplicación de extractos vegetales y testigo comercial, superaron el comportamiento de las estacas de la especie arrayán donde sus resultados fueron nulos.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda probar distintas dosis de extracto de sábila más agua de coco con el fin de superar el porcentaje de enraizamiento obtenido en esta investigación y mejorar la cantidad de raíces.
- Se recomienda evaluar a la especie arrayán con otros productos que contengan características antioxidantes que disminuyan la presencia de fenoles y promuevan el enraizamiento
- En futuras investigaciones se recomienda realizar ensayos por especies individuales, donde los factores de estudio para la especie arrayán sean: edad de la planta madre, etapa fenológica en la que se obtiene el material vegetal, humedad relativa, además se sugiere investigar la propagación de esta especie mediante cultivo in-vitro.
- En cuanto al álamo se sugiere como factores en estudio tiempos de inmersión y probar distintas dosis de los tratamientos.

6.3 BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, J., Acero, J., Alcántara, J., & Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109–129. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Alvarado, Allany Munzón, M. (2020). EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE GEL DE SÁBILA Y AGUA DE COCO COMO ENRAIZANTES NATURALES EN DIFERENTES SUSTRATOS. 44(1), 65–77.
- Calvo, B. (2021). *Plantas acuáticas: nombres y tipos*. 19 de Febrero. <https://www.mundodeportivo.com/uncomo/hogar/articulo/plantas-acuaticas-nombres-y-tipos-51108.html#:~:text=Las plantas acuáticas son aquellas,estanques%2C pantanos e incluso charcos.>
- Camino, R. V. De. (2014). *¿ Especies nativas o exóticas ? Ese es el dilema . January 2005.*
- Cañarviri, E. (2007). *REPRODUCCION MEDIANTE ESTACAS DE TRES ESPECIES DE ALAMO (Populus spp.) CON TRES TIPOS DE*

FITOHORMONAS EN ARACA – PROVINCIA LOAYZA [UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES].

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5227/T-1131.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castilla, G. De. (n.d.). *Ficha técnica ÁRBOLES DE REGENERACIÓN NATURAL ASISTIDA ESTRATEGIA DE COMPENSACIÓN VOLUNTARIA. 2.*

<https://clientes.takami.co/uploads/redactorfile/d657a721664d49d793d39b86115315ab/arrayan.pdf>

Ceccon, E. (2008). tragedia en dos actos La revoluciónverde. In *Ciencias* (Vol. 1, Issue 91, pp. 21–29).

Cordova, R. (2019). Aplicación de extractos vegetales en la propagación asexual de estacas de valeriana [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD].

In *Universidad Técnica De Ambato Facultad*.
[https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29701/1/Tesis-233 Ingeniería Agronómica -CD 635.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29701/1/Tesis-233%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20CD%20635.pdf)

Cruz, R. (2015). Jardinería ornamental y hortícola. *CamSec*, 12-19;33-52;73-77.

Ecuaquimica. (2013). *FICHA TECNICA HORMONAGRO A.N.A.* 5–6.

Ecuared. (2010). Taxonomía. [https://www.ecured.cu/Arrayán](https://www.ecured.cu/Array%C3%A1n)

Ecuared. (2015). Taxonomia Alamo. [https://www.ecured.cu/Álamo](https://www.ecured.cu/%C3%81lamo)

Fernandez, P. (2021). <https://docplayer.es/218303208-Plan-de-manejo-compania-agricola-y-forestal-el-alamo-ltda-un-sistema-de-produccion-integral-y-sustentable.html>. <https://docplayer.es/218303208-Plan-de-manejo-compania-agricola-y-forestal-el-alamo-ltda-un-sistema-de-produccion-integral-y-sustentable.html>

Florka. (2016). *¿QUÉ ES LA TURBA – PEAT MOSS?* <https://florka.es/que-es-la-turba-peat-moss/>

Garde et al. (2019). *Especies Ornamentales de Borja*.

Gómez, D. (2012). *Nuestro Arrayán*.

Heifer Ecuador. (2014). La agroecología está presente. In *Heifer*. www.heifer-ecuador.org

- Henao, M. (2016). *Prácticas sostenibles en el cultivo de plantas ornamentales convencionales producidas bajo invernadero usadas en Banner Greenhouses (Nebo, Carolina del Norte E.E.U.U)*. III(2), 2016.
- Hudson , Hartamann y Dale, K. (1999). *Propagación de plantas* (p. 761). Compañía editorial continelta , sa de cv México. [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/76744/mod_resource/content/1/Propagación de plantas.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/76744/mod_resource/content/1/Propagación_de_plantas.pdf)
- IFOAM. (2016). *IFOAM: El inicio de un movimiento orgánico coordinado a escala global*. 9 de octubre. <https://www.bioecoactual.com/2016/01/09/ifoam-el-inicio-de-un-movimiento-orgánico-coordinado-a-escala-global/>
- INAMHI. (2016). *Boletín Climatológico Anual*. 31. http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_anu.pdf
- Isassis, M. (2016). *EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE PROPAGACIÓN EN Psidium NATURALES PRESENTA: MAGALI ISASSI SERRANO [UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO]*. https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65721/Tesis_Issasi_Serrano-split-merge.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Machaca, Z. (2020). *Universidad nacional del altiplano* [Universidad nacional del altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14737/Machaca_Llano_Zaida_Milagros.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Manuel, J., Manuel, J., De, U., Flores, T. De, Loeza-corte, J. M., Díaz-lópez, E., Campos-pastelín, J. M., & Orlando-guerrero, J. I. (2013). Efecto de lignificación de estacas sobre enraizamiento de *Bursera morelensis* Ram . y *Bursera galeottiana* Engl . en la. *REALYC.ORG*, 20, 6.
- Millán, Magda y Márquez, J. (2014). *Propagación por Estaca de las Especies Propagación por Estaca de las Especies Nativas: Dipteryx panamensis panamensis y Peltogyne pubescens. Usando Usando Diferentes Tipos de Enraizantes Diferentes Tipos de Enraizantes Mediante el Uso del Propagador de Su*. Universidad de Manizales Facultad.
- MINAGRO. (2018). Manual de Vivero. *Dirección de Educación Agraria*, 2, 178.

http://www.agrariahurlingham.com.ar/alumnos/2_vivero_manual.pdf

Minga y Verdugo. (2017). *Árboles y arbustos de los ríos de Cuenca Azuay-Ecuador*. April 2016. https://www.researchgate.net/profile/Danilo-Minga/publication/303677294_Arboles_y_arbustos_de_los_rios_de_Cuenca_Azuay-Ecuador/links/5911bb62a6fdcc963e69a3ad/Arboles-y-arbustos-de-los-rios-de-Cuenca-Azuay-Ecuador.pdf

Mroginski et al. (2012). Cultivo de tejidos vegetales: (Manual de práctica). Unam-Fesc, 01(01), 42. http://portal.cuautitlan.unam.mx/manuales/cultivosdetejidosvegetales_manualprac.pdf

Limaico, D. (2018). EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE DESINFECCIÓN Y CONTROL DE LA FENOLIZACIÓN EN SEMILLAS DE ARRAYÁN (*Myrcianthes rhopaloides*) PARA LA GERMINACIÓN “IN VITRO” EN IBARRA, ECUADOR [UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD]. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7898/1/03_BIOT_002_TRABAJO_DE_GRADO.pdf

Osuna, H. R., Osuna, A. M., & Fierro, A. F. (2017). *Manual de propagación de plantas superiores*. <https://bit.ly/3s5MH5k>

Pascolini, I., & Paola, A. (2013). *Tesina* [Universidad Nacional de Río Negro]. https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/501/1/Tesina_de_Pascolini_Alejandra_Paola.pdf

Pereira Figueroa. (2010). *Plantas saludables*. 10 de Enero. <https://plantayflor.blogspot.com/2013/08/plantas-saludables.html>

Raúl Guamán, S. L. y, & Martínez, T. (2019). Enraizantes Naturales en *Coffea canephora* var. *robusta* (L. Linden) A. Chev. *22 de Febrero de 2019*, 12, 93–102.

Reyes, J. (2015). Guía de técnicas, métodos y procedimientos de reproducción asexual o vegetativa de las plantas. *Vivero Agroforestal Loma Grande*, 64. <https://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/Guía-de-técnicas-métodos-y-procedimientos-de-reproducción-asexual-o-vegetativa-de->

las-plantas.pdf

- Rivera. (2014). *Las plantas y la salud*. 2 de Junio.
<https://generacionverde.com/blog/ambiental/las-plantas-y-la-salud/>
- Rodríguez, H., & Hechevarría, y . I. (2004). Efectos estimulantes del crecimiento de extractos acuosos de plantas medicinales y gel de Aloe vera (L.) N. L. Burm. *Revista Cubana de Plantas Medicinales Versión On-Line ISSN 1028-4796*, 9.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962004000200006
- Rojas, M. (2015). Extractos Vegetales. *Curso Tecnologías Agroecológicas Socialmente Apropriadas (TASA), Postítulo En Agroecología y Desarrollo Rural Sustentable*, 27.
- Santamaría, C., Martín González, A., & Astorga, F. (2015). Extractos vegetales reducción del estrés. *NutriNews*, 75–80.
<https://nutricionanimal.info/download/0315-ena-WEB.pdf>
- Serrano, M. (2019). *Evaluación de la variación de diferentes medios en la producción de ácido cítrico mediante fermentación en estado sólido con Aspergillus carbonarius* [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18137/1/UPS-CT008608.pdf>
- SIGTIERRAS, S. N. de I. y G. de T. R. e I. T. (2017). Memoria explicativa del Mapa de órdenes de suelos del Ecuador. Quito, Ecuador. *SIGTIERRAS (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica)*, 15.
- Sisa, M. (2017). “*EVALUACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES COMO ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA ACCIONAR EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE ROSA (Rosa spp.)*” DOCUMENTO [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO]. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26376>
- Soto, C. (2004). (*luma*), *Amomyrtus meli* (*meli*) y *Luma apiculata* (*arrayán*) mediante el uso de plantas madres jóvenes y adultas [UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE].
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fifs718r/doc/fifs718r.pdf>

Valimex. (2017). *Turbas y sustratos profesionales*. 28.

Calzada Rivera, A. M., & Pedroza Sandoval, A. (2005). Evaluación físico-química del gel y jugo de la hoja de sábila (*A. barbadensis*) en diferentes prácticas de manejo. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, IV(2), 93–101.

Camino, R. V. De. (2014). ¿ Especies nativas o exóticas ? Ese es el dilema . January 2005. Ecuared. (2010). Taxonomía. <https://www.ecured.cu/Arrayán>

Ecuared. (2015). Taxonomia Alamo. <https://www.ecured.cu/Álamo>

Espinosa y Callupe. (2019). Uso de llantén (plantajo mayor) en el tratamiento de quemaduras de primer grado, en personas *de 10 a 20 años – Paucartambo –Pasco –*. UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN.

Hudson , Hartamann y Dale, K. (1999). *Propagacion de plantas (p. 761)*. Compañía editorial continental, sa de cv México.

[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/76744/mod_resource/content/1/Propagacion de plantas.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/76744/mod_resource/content/1/Propagacion_de_plantas.pdf)

Isassis, M. (2016). *EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE PROPAGACIÓN EN Psidium NATURALES PRESENTA : MAGALI ISASSI SERRANO [UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO]*.

https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65721/Tesis_Issasi_Serrano-split-merge.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Limaico, D. (2018). *EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE DESINFECCIÓN Y CONTROL DE LA*

FENOLIZACIÓN EN SEMILLAS DE ARRAYÁN (Myrcianthes rhopaloides) PARA LA GERMINACIÓN “IN VITRO” EN IBARRA, ECUADOR [UNIVERSIDAD TÉCNICA DELNORTE FACULTAD].

[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7898/1/03_BIOT_002 TRABAJO DE GRADO.pdfq](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7898/1/03_BIOT_002_TRABAJO_DE_GRADO.pdfq)

Mroginski et al. (2012). *Cultivo de tejidos vegetales: (Manual de práctica)*. Unam-Fesc, 01(01),42.

http://portal.cuautitlan.unam.mx/manuales/cultivosdetejidosvegetales_manualprac.pdf Ordoñez-Gómez, E. S., Reátegui-Díaz, D., & Villanueva-Tiburcio, J. E.

(2018). Total polyphenols and antioxidant capacity of peel and leaves in twelve citrus. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 123–131.

<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.13>

Pereira Figueroa. (2010). *Plantas saludables*. 10 de Enero.

<https://plantayflor.blogspot.com/2013/08/plantassaludables.html>

Rivera. (2014). Las plantas y la salud. 2 de Junio.

<https://generacionverde.com/blog/ambiental/las-plantas-y-la-salud/>

Serrano, M. (2019). Evaluación de la variación de diferentes medios en la producción de ácido cítrico mediante

fermentación en estado sólido con *Aspergillus carbonarius*

[UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE

CUENCA].<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18137/>

1/UPS-CT008608.pdf

Sisa, M. (2017). “EVALUACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES COMO ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA ACCIONAR EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE ROSA (*Rosaspp.*)” DOCUMENTO [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO].

<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26376>

Villarpando, D., Villarpando, P., & Villalobos, J. (2011). Fichas Botánicas de Especies Agroforestales Nativas Aptas para Tierras Altoandinas. *Fichas Botánicas De Especies Agroforestales Nativas Y Naturalizadas Aptas Para Tierras Altoandinas*, 1–59. [http://www.ecosaf.org/altiplano/Fichas botanicas CARE.pdf](http://www.ecosaf.org/altiplano/Fichas_botanicas_CARE.pdf)

6.4 ANEXOS

Anexos. 1 Porcentaje de estacas enraizadas por tratamiento a los 60 días (%)

Tratamientos	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	II		
P2E1	40	100	80	220	73%
P2E2	20	60	60	140	47%
P2E3	40	60	60	160	53%
P2E4	60	60	60	180	60%
Testigo álamo	60	100	80	240	80%

Anexos. 2 Longitud de las raíces a los 60 días después de la plantación (cm)

Tratamientos	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	II		
P2E1	2,4	7	4	13,4	4,47
P2E2	2,7	1,6	4,6	8,9	2,97
P2E3	1,7	4,5	3,5	9,7	3,23
P2E4	3,7	1,9	3,9	9,5	3,17
Testigo álamo	4,6	12,1	7,3	24	8,00

Anexos. 3 Número de raíces a los 60 días después de la plantación

Tratamientos	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	II		
P2E1	2,4	3,2	3,2	8,8	2,93
P2E2	0,22	1,6	1,4	3,22	1,07
P2E3	0,8	2,67	1,2	4,67	1,56
P2E4	2,2	1,6	2	5,8	1,93
Testigo álamo	5,4	4	4,6	14	4,67

Anexos. 4 Volumen radicular a los 60 días después de la plantación (cm3)

Tratamientos	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	II		
P2E1	0,6	0,5	0,9	2	0,67
P2E2	0,2	0,09	0,2	0,49	0,16
P2E3	0,3	0,2	0,4	0,9	0,30
P2E4	0,8	0,3	0,3	1,4	0,47
Testigo álamo	1,1	1,5	1,2	3,8	1,27

Anexos. 5 Número de brotes a los 30 días

Tratamientos	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	II		
P2E1	2,6	1,4	2,4	6,4	2,13
P2E2	1,8	1,2	1,2	4,2	1,40
P2E3	1,3	1,6	1,4	4,3	1,43
P2E4	2,4	1,2	2,2	5,8	1,93
Testigo álamo	1,6	1,8	2,6	6	2,00

Anexos. 6 Número de brotes a los 45 días

Tratamientos	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	II		
P2E1	2,2	1,6	2,4	6,2	2,07
P2E2	3	1	1,2	5,2	1,73
P2E3	1,8	1,8	1,4	5	1,67
P2E4	2,2	1,2	2,4	5,8	1,93
Testigo álamo	1	1,8	2,6	5,4	1,80

Anexos. 7 Número de brotes a los 60 días

Tratamientos	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	II		
P2E1	2,4	1,8	2,4	6,6	2,20
P2E2	2,2	1,2	1,2	4,6	1,53
P2E3	1	1,4	1,6	4	1,33
P2E4	2,2	1	2,4	5,6	1,87
Testigo álamo	1,2	1,6	2	4,8	1,60

Anexos. 8 Longitud del brote a los 30 días (cm)

Tratamientos	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	II		
P2E1	3,7	2,8	2,6	9,1	3,03
P2E2	1,5	1	2	4,5	1,50
P2E3	2	1,2	2,5	5,7	1,90
P2E4	1,1	0,7	1,7	3,5	1,17
Testigo álamo	4	2,7	4,3	11	3,67

Anexos. 9 Longitud del brote a los 45 días (cm)

Tratamientos	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	II		
P2E1	5,2	6,1	5,7	17	5,67
P2E2	2,8	2,5	5,9	11,2	3,73
P2E3	3,6	3,4	5,2	12,2	4,07
P2E4	2	1,9	3,9	7,8	2,60
Testigo álamo	5,8	5,6	6,7	18,1	6,03

Anexos. 10 Longitud del brote a los 60 días (cm)

Tratamientos	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	II		
P2E1	10,1	11,1	5,8	27	9,00
P2E2	6,2	3,7	6,4	16,3	5,43
P2E3	7,3	4,9	5,2	17,4	5,80
P2E4	5,7	3	7,1	15,8	5,27
Testigo álamo	12,9	10,9	9,1	32,9	10,97

Anexos. 11 Análisis de la varianza porcentaje de estacas enraizadas por tratamiento

Porcentaje de enraizamiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% DE ENRAIZAMIENTO	15	0,81	0,66	19,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	2773,33	2	1386,67	9,04	0,0088
Tratamientos	2293,33	4	573,33	3,74	0,0532
Error	1226,67	8	153,33		
Total	6293,33	14			

Anexos. 12 Análisis de la varianza longitud radicular

Longitud radicular

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Longitud radicular	15	0,65	0,38	18,95	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,65	6	0,44	2,44	0,1215
Bloques	0,54	2	0,27	1,48	0,2833
Tratamientos	2,11	4	0,53	2,91	0,0926
Error	1,45	8	0,18		
Total	4,10	14			

Anexos. 13. Análisis de la varianza del número de raíces

Número de raíces

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Numero de raíces	15	0,83	0,71	11,67	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,76	6	0,29	6,69	0,0086
Bloques	0,07	2	0,03	0,79	0,4859
Tratamientos	1,69	4	0,42	9,63	0,0038
Error	0,35	8	0,04		
Total	2,11	14			

Anexos. 14 Análisis de la varianza del volumen radicular

Volumen radicular

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Volumen radicular	15	0,87	0,77	6,34	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	0,01	2	2,8E-03	0,45	0,6522
Tratamientos	0,32	4	0,08	13,04	0,0014
Error	0,05	8	0,01		
Total	0,38	14			

Anexos. 15 Análisis de la varianza del número de brotes a los 30 días

Número de brotes a los 30 días

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Nº de brotes a los 30 días	15	0,52	0,16	8,59	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,18	6	0,03	1,45	0,3039
Bloques	0,07	2	0,03	1,62	0,2567

Tratamientos	0,11	4	0,03	1,37	0,3252
Error	0,16	8	0,02		
Total	0,34	14			

Anexos. 16 Análisis de la varianza del número de brotes a los 45 días

Número de brotes a los 45 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº de brotes a los 45 días	15	0,20	0,00	12,98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,09	6	0,02	0,33	0,9059
Bloques	0,07	2	0,03	0,73	0,5093
Tratamientos	0,02	4	0,01	0,12	0,9714
Error	0,38	8	0,05		
Total	0,47	14			

Anexos. 17 Análisis de la varianza del número de brotes a los 60 días

Número de brotes a los 60 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº de brotes a los 60 días	15	0,53	0,17	8,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,17	6	0,03	1,48	0,2958
Bloques	0,06	2	0,03	1,47	0,2859
Tratamientos	0,12	4	0,03	1,49	0,2928
Error	0,16	8	0,02		
Total	0,33	14			

Anexos. 18 Análisis de la varianza de la longitud del brote a los 30 días

Longitud del brote a los 30 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tamaño del brote a los 30 días	15	0,92	0,85	19,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15,97	6	2,66	14,48	0,0007
Bloques	2,53	2	1,26	6,88	0,0183
Tratamientos	13,44	4	3,36	18,27	0,0004
Error	1,47	8	0,18		
Total	17,44	14			

Anexos. 19 Análisis de la varianza de la longitud del brote a los 45 días

Longitud del brote a los 45 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tamaño del brote a los 45 días	15	0,89	0,80	16,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32,63	6	5,44	10,26	0,0022
Bloques	8,43	2	4,21	7,95	0,0125
Tratamientos	24,20	4	6,05	11,42	0,0022
Error	4,24	8	0,53		
Total	36,86	14			

Anexos. 20 Análisis de la varianza de la longitud del brote a los 60 días

Longitud del brote a los 60 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tamaño del brote a los 60 días	15	0,74	0,54	11,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,52	6	0,42	3,74	0,0448
Bloques	0,33	2	0,16	1,47	0,2864
Tratamientos	2,19	4	0,55	4,87	0,0275
Error	0,90	8	0,11		
Total	3,41	14			

Anexo 23. Fotografías

Figura 2 Obtención del extracto de Limón



Figura 3 Obtención del extracto de Maíz



Figura 4 Obtención del extracto de Llantén



Figura 5 Obtención del extracto de Sábila



Figura 6 Combinación de los extractos vegetales más el agua de coco



Figura 7 Obtención de las estacas de arrayán y álamo



Figura 8 Desinfección al 10% de hipoclorito de sodio de las estacas de arrayán y álamo



Figura 9 Estacas de álamo y arrayán sumergidas en extracto de limón más agua de coco



Figura 10. Estacas de álamo y arrayán sumergidas en extracto de maíz más agua de coco



Figura 11. Estacas de álamo y arrayán sumergidos en extracto de llantén más agua de coco



Figura 12. Estacas de álamo y arrayán sumergidas en extracto de sábila más agua de coco



Figura 13 Instalación del experimento



Figura 14. Estacas de álamo y arrayán a los 30 días

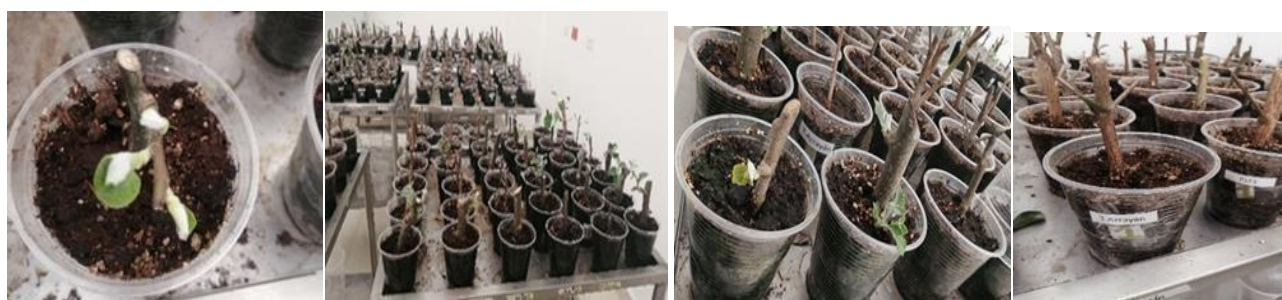


Figura 15. Estacas de álamo y arrayán a los 45 días



Figura 16 Estacas de álamo y arrayán a los 60 días



Figura 17 Porcentaje de estacas enraizadas por tratamiento a los 60 días (%)



Figura 18. Número de raíces



Figura 19. Volumen radicular



Figura 20. Longitud de las raíces

