

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL ENRAIZAMIENTO DE SAÚCO
(*Sambucus nigra* L.) BAJO EL USO DE ENRAIZADORES
NATURALES PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES EN EL
CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA.**

ELBA SOLEDAD TICONA MEDINA

LA PAZ – BOLIVIA

2022

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DEL ENRAIZAMIENTO DE SAÚCO
(*Sambucus nigra* L.) BAJO EL USO DE ENRAIZADORES
NATURALES PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES EN EL
CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA.

*Tesis de grado presentado como requisito
para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo.*

Presentado por:
ELBA SOLEDAD TICONA MEDINA

ASESORES:

Ing. Ph.D. Vladimir Orsag Céspedes

Ing. Esther Tinco Mamani

TRIBUNAL EXAMINADOR

Ing. Estanislao Poma Loza

Ing. Jonhy César Pánfilo Oliver Cortéz

.....
PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR

LA PAZ - BOLIVIA

2022

Dedicatoria

A mis amados padres: Roberto Ticona y Manuela Medina por el apoyo a pesar de los malos momentos en este camino que los pudimos superar, los consejos, valores inculcados, ayudarme a seguir este camino largo y el inicio de una nueva etapa en mi vida ya que gracias a su esfuerzo y trabajo arduo lograron que hoy me encuentre aquí.

A mí querido hermano Marco Antonio porque siempre ha estado ahí para apoyarme incondicionalmente, en todos los momentos vividos.

A esa persona que me enseñó a enfrentar el camino de la vida, con muchas barreras que se pueden superar a pesar del dolor.

Agradecimiento

A Dios mi eterna gratitud por guiar mis pasos hacia un buen camino de sabiduría y reflexión constante, de su mano seguir adelante y poder realizar el presente trabajo de investigación.

Mi más sincero agradecimiento a mis asesores:

Ph.D. Vladimir Orsag, Ing. Esther Tinco Mamani por su apoyo incondicional y colaboración en el transcurso del trabajo de investigación, con correcciones y sugerencias para la elaboración y conclusión de la tesis; y a mis revisores: Ing. Estanislao Poma, Ing. Jonhy César Oliver por la comprensión, paciencia y sugerencias para la conclusión de este trabajo de investigación.

ÍNDICE

	N° de página
1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Antecedentes	13
1.2. Justificación	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo General	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	16
3.1. Situación de los Bosques en América Latina.....	16
3.1.1. Situación de los Bosques en Bolivia y el Área Andina	17
3.1.2. Deforestación en Bolivia.....	18
3.1.3. Reforestación en Bolivia.....	20
3.2. Generalidad Botánica.....	20
3.2.2. Descripción de Género Sambucus	22
3.3. Fenología del cultivo	24
3.3.1. Descripción Morfológica	24
3.3.1.1. Tallos y ramas	24
3.3.1.2. Hojas.....	25
3.3.1.3. Flores	25
3.3.1.4. Frutos	26
3.3.1.5. Semilla	26
3.4. Importancia y valor económico del Saúco	27
3.5. Requerimientos Edafoclimáticos	27
3.6. Propagación vegetativa del Saúco	28
3.6.1. Generalidades de la propagación vegetativa o asexual.....	28
3.6.2. Método de propagación vegetativa o asexual.....	29

3.7. Propagación del saúco	32
3.8. Enraizamiento	32
3.8.1. Factores que condicionan el enraizamiento de esquejes.....	33
3.8.2. Fisiología del enraizamiento	35
3.8.3. Proceso de enraizamiento	35
3.8.3.1. Desarrollo anatómico de las raíces.....	36
3.9. Bases hormonales para el enraizamiento.....	37
3.9.1. Hormonas y/o enraizadores	38
3.10. Enraizantes naturales.....	39
3.10.1. Enraizadores naturales.....	40
3.11. Manejo del ambiente	44
3.11.1. Micro controladores digitales	45
4. LOCALIZACIÓN.....	47
4.1.2. Ubicación área de estudio.....	47
4.2. Características Climáticas de la zona.....	47
5. MATERIALES Y MÉTODOS	49
5.1.1. Material biológico	49
5.1.2. Material de campo.....	49
5.1.3. Material de escritorio	50
5.2.1. Procedimiento de investigación	50
5.2.2. Preparación y tiempos de inmersión en los enraizantes naturales.....	52
5.2.3. Siembra de esquejes y repique	55
5.2.4. Plantado de esquejes.....	56
5.2.5. Actividades post establecimiento.....	57
5.2.6. Proceso de toma de datos registrados en planillas.....	57
5.3.1. Diseño experimental.....	58
5.3.2. Tratamientos	58

5.3.3. Variables de respuesta.....	59
5.3.3.1. Tiempo de enraizamiento	59
5.3.3.2. Número de raíces por esqueje.....	60
5.3.3.3. Porcentaje de enraizamiento acorde al enraizante natural (%).....	60
5.3.3.4. Longitud radicular	60
5.3.3.5. Porcentaje de plantado efectivo (%).....	60
5.3.3.6. Número de plantines aclimatados.....	60
5.3.3.7. Número de brotes.....	61
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	62
6.1. Aspectos agro climatológicos	62
6.2. Tiempo de enraizamiento	64
6.3. Número de raíces.....	65
6.4. Porcentaje de enraizamiento.....	67
6.5. Longitud radicular.....	69
6.6. Porcentaje de plantado efectivo	71
6.7. Número de plantines aclimatados	72
6.8. Número de brotes	73
6.9. Análisis químico de los enraizadores	74
7. CONCLUSIONES.....	76
8. RECOMENDACIONES (SUGERENCIAS).....	78
9. BIBLIOGRAFÍA.....	79

INDICE DE TABLAS

	N° DE PÁGINA
Tabla 1. <i>Clasificación Taxonomica del saúco.</i>	211
Tabla 2. <i>Contenido nutricional del agua de coco.</i>	41
Tabla 3. <i>carcterística climatica anual evaluado enel centro experimental cota cota</i>	48
Tabla 4. <i>principales especies arbóreas en el centro experimental Cota Cota</i>	48
Tabla 5. <i>descripcion de los tratamientos.</i>	53
Tabla 6. <i>Tratamientos planteados.</i>	59
Tabla 7. <i>Análisis de varianza del número de raíces evaluados a los 120 y 150 días.</i>	66
Tabla 8. <i>Analísisde medias del número de raíces.</i>	66
Tabla 9. <i>Análisis del porcentaje de enraizamiento (%).</i>	68
Tabla 10. <i>Prueba de medias para el porcentaje de enraizamiento (%).</i>	68
Tabla 11. <i>Análisis de varianza longitud radicular (cm) evaluados a los 120 y 150 días</i>	70
Tabla 12. <i>Análisis de varianza de la longitud radicular (cm)</i>	70
Tabla 13. <i>Evaluación del porcentaje de plantado efectivo en respuesta de enraizadores naturales aplicados.</i>	72
Tabla 14. <i>Análisis de varianza del número de brotes.</i>	74
Tabla 15. <i>Análisis químico de enraizadores naturales.</i>	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	N° DE PÁGINA
Figura 1 <i>Distribución por Departamentos del Género Sambucus en Bolivia</i>	23
Figura 2 <i>Estructura física de la baya de saúco</i>	26
Figura 3 <i>Criterios de selección de la estaca</i>	31
Figura 4 <i>Desarrollo de la raíz adventicia</i>	36
Figura 5 <i>Iniciación de primordios de las raíces</i>	37
Figura 6 <i>Ubicación del área de estudio, Centro Experimental Cota</i>	47
Figura 7 <i>cama de enraizamiento</i>	51
Figura 8 <i>Distribución de unidades de estudio</i>	55
Figura 9 <i>Distribución de tratamientos en platabandas</i>	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	N° DE PÁGINA
Gráfico 1. <i>Temperaturas medias, humedad ambiental y humedad del suelo registrados en el trabajo de campo (junio a noviembre de 2019)</i>	62
Gráfico 2. <i>Tiempo de enraizamiento</i>	64
Gráfico 3. <i>Evaluación del número de raíces</i>	65
Gráfico 4. <i>Porcentaje de enraizamiento, acorde al enraizante natural</i>	67
Gráfico 5. <i>Longitud radicular evaluada en (cm)</i>	69
Gráfico 6. <i>porcentaje de plantado efectivo</i>	71
Gráfico 7. <i>Número de brotes</i>	73

ÍNDICE DE ANEXOS

	N° DE PÁGINA
Anexo 1. <i>Registro de variables climáticas</i>	2
Anexo 2. <i>Datos recolectados</i>	3
Anexo 3. <i>Memoria de cálculo ANVA</i>	5
Anexo 4. <i>Fichas técnicas</i>	6
Anexo 5. <i>Memoria Fotográfica.</i>	8

RESUMEN

Se evaluó el enraizamiento de esquejes de Saúco (*Sambucus nigra* L.) con un diámetro igual al de un lápiz y con 2 a 3 yemas presentes, bajo el uso de enraizadores naturales: infusión de sauce (T1), agua de coco (T2), extracto de sábila (T3), agua de lenteja (T4) y un testigo absoluto (T0), para la producción de plántines. El trabajo de campo de la presente investigación, se desarrolló en el Centro Experimental Cota Cota, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Se empleó un diseño completamente al azar (DCA). Divididos en platabandas con cámaras improvisadas controladas con sensores ambientales. Los resultados del trabajo muestran que los enraizadores tuvieron un comportamiento independiente. Respecto al porcentaje de enraizamiento, se obtuvieron efectos altamente significativos: 94% obtuvo el enraizador agua de coco (T2), el T1 (infusión de sauce) logró un 86%. La respuesta al tiempo de enraizamiento fue de 15 días en el T2 (agua de coco), además se observó un excelente encallado o formación de callo. Referente al número de brotes se obtuvieron diferencias significativas de 6.83 del T3 (extracto de sábila). Conforme al porcentaje de plantado efectivo, se alcanzaron diferencias altamente significativas en el T1 (infusión de sauce) con 90% y T3 (extracto de sábila) un 83%. Para la variable longitud radicular se presentan diferencias significativas observadas en el T2 (agua de coco) con un promedio de 22,47cm, frente al testigo y los demás enraizadores. Respecto al número de raíces se obtuvo diferencias altamente significativas, el T3 (extracto de sábila) logró un promedio 23 raíces entre largos y cortos, seguido del T1 (infusión de sauce) con 20 unidades. Finalmente, al realizar el trasplante en bolsas, el número de plántines aclimatados logró un porcentaje alto de aclimatación.

SUMARY

The rooting of Elderberry cuttings was evaluated (*Sambucus nigra* L.) with a diameter equal to that of a pencil and with 2 to 3 buds present, using natural rooters: willow infusion (T1), coconut water (T2), aloe extract (T3), lentil water (T4) and an absolute control (T0), for the production of seedlings. The field work of this research was developed at the Cota Cota Experimental Center, dependent on the Faculty of Agronomy of the Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). A completely randomized design (DCA) was used. Divided into platforms with improvised cameras controlled by environmental sensors. The results of the work show that the rooters had an independent behavior. Regarding the rooting percentage, highly significant effects were obtained: 94% obtained the coconut water roter (T2), the T1 (willow infusion) achieved 86%. The response to rooting time was 15 days in T2 (coconut water), in addition an excellent stranding or callus formation was observed. Regarding the number of shoots, significant differences of 6.83 were obtained from T3 (aloe extract). According to the percentage of effective planting, highly significant differences were reached in T1 (willow infusion) with 90% and T3 (aloe extract) with 83%. For the root length variable, there are significant differences observed in T2 (coconut water) with an average of 22.47cm, compared to the control and the other rooters. Regarding the number of roots, highly significant differences were obtained, T3 (aloe extract) achieved an average of 23 roots between long and short, followed by T1 (willow infusion) with 20 units. Finally, when carrying out the transplant in bags, the number of acclimatized seedlings achieved a high percentage of acclimatization.

1. INTRODUCCIÓN

El Saúco (*Sambucus nigra* L.), es una planta originaria de América. Se distribuye desde Argentina hasta Costa Rica. En Bolivia, el saúco tiene un amplio rango altitudinal, desde los 450 hasta los 3,600 msnm., según la zona, pero el óptimo rango está entre 3,200 y los 3,900 msnm. Se distribuye en formaciones secas y húmedas. Es una especie de amplio rango de distribución. Se encuentra en Argentina, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Paraguay y Perú (PRAA, 2011).

En Bolivia el saúco es conocido como “uvillo” una de las plantas medicinales más bondadosas entre las frutas, gracias a su aporte de vitaminas A, B y C, aporta minerales como hierro, calcio, magnesio, fósforo, zinc y potasio. Es también un gran ayudante a la hora de combatir las fiebres altas, los problemas de las vías respiratorias y el insomnio. En Cochabamba se utiliza como forraje para el ganado menor, debido a un alto contenido proteico. Investigaciones realizadas en Colombia demostraron su importancia como aplicación de prebióticos para el engorde de pollos parrilleros (Contexto ganadero, 2020).

Grajales *et.al.*, 2015 indican, que el sauco (*Sambucus nigra*) es un arbusto con características botánicas, composición química y sustancias activas, que ofrece las condiciones para ser aprovechado con fines medicinales, alimenticios, ornamentales, artesanales y para suplementación animal. Sobre la especie existen publicaciones sobre diversos temas en particular, sin embargo, no se cuenta con un documento que contenga información total sobre la especie.

La propagación asexual se puede realizar por medio de estacas con la utilización de enraizantes completamente naturales que proporcionen un óptimo desarrollo y crecimiento de los plantines con altas proporciones de auxinas, no obstante, existen productos que facilitan el prendimiento de las estacas que son importantes para el crecimiento y desarrollo de las raíces donde están rigurosamente controladas por las auxinas a partir de órgano, tejido y célula (Sisaro y Hagiwara, 2016).

La multiplicación de algunas especies forestales no se puede llevar a cabo a través de reproducción sexual debido a que muchas de ellas presentan un bajo porcentaje de germinación o porque no logran formar las flores necesarias para que se realice la polinización y posterior formación de la semilla. La alternativa para poder multiplicar especies

que presentan los anteriores problemas es mediante propagación vegetativa la cual permite replicar una planta madre desde una parte de ella (Ramírez *et al.*, 2012).

La presente investigación reúne las experiencias de propagación vegetativa por esquejes con la utilización de enraizantes naturales del grupo auxinas que podrían ser de utilidad para iniciar acciones de repoblamiento a escala comercial para obtener mayor número de plántones de Saúco de calidad en el menor tiempo posible que permita ampliar las parcelas agroforestales, y obtener beneficios con que la misma cuenta.

1.1. Antecedentes

La técnica de propagación vegetativa o asexual resulta una alternativa viable que ofrece ventajas si se emplea correctamente evita la dependencia de semillas botánicas no demanda gran inversión económica. La investigación se realizó en un medio controlado para permitir acortar el tiempo de reproducción. Aunque, existen programas y planes orientados a incrementar la producción y plantación de especies forestales nativas, que permitan compensar la pérdida de bosques naturales, se ha obtenido mayor aceptación con plantaciones con especies forestales exóticas debido a su rápido crecimiento y facilidad que se tiene para su producción, lo cual hace que haya mayor oferta a nivel de viveros forestales.

El uso del saúco en Chile y Perú se ha diversificado, en la industrialización de subproductos como: las flores, hojas y frutos, bajo técnicas actualizadas, por ejemplo, fabricación de jarabes para el tratamiento de problemas respiratorios; procesados del fruto, como: mermeladas, esencias, licor, yogurt y jarabes (Vlachojannis *et al.*, 2010; Krawitz *et al.*, 2011).

1.2. Justificación

El saúco es un árbol milenario cultivado por los agricultores desde siempre por sus múltiples beneficios y usos que tiene tanto en un huerto como en las áreas cultivables, ya que del saúco podemos aprovechar todo, la madera para la elaboración de herramientas, utensilios, cortinas rompe vientos y barreras vivas, combatir la erosión de suelos, los frutos para alimentación y derivados, su parte aérea como sistema silvopastoril para ramoneo, así como también para hacer: medicinas, remedios caseros, para combatir plagas, enfermedades y hongos.

El presente trabajo busca la introducción de la especie Saúco (*Sambucus nigra* L.) utilizando propagación asexual o vegetativa como una alternativa rápida, viable y de un menor costo

económico permitirá al Centro Experimental Cota Cota, mejorar el suelo protegiéndolo de la erosión constante, lograr la reforestación, que podrían colaborar en la ciudad de La Paz con el apoyo de cercas vivas en las laderas, aportando solidez en áreas ya urbanizadas, el aporte de nutrientes, estructura, y cobertura con el aporte de propagación como barreras rompe vientos, aporte proteico en ensilaje de ganado menor, alimentación diaria para la ciudadanía además de sus derivados como usos medicinales otorgándoles información actualizada que repercutirá en el corto, mediano y largo plazo en la conservación de los ecosistemas y la planificación de futuros proyectos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Evaluar el enraizamiento del saúco (*Sambucus nigra* L.) utilizando enraizadores naturales para la producción de plantines en el Centro Experimental Cota Cota.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el tiempo de prendimiento con el uso del enraizantes naturales.
- Identificar el número y longitud de raíces de los esquejes respecto al enraizador natural aplicado.
- Evaluar el porcentaje de prendimiento de los esquejes bajo ambiente protegido.
- Determinar las condiciones climáticas a las cuales se encuentran sometidos los esquejes bajo ambiente protegido para su desarrollo, con ayuda del Microcontrolador Arduino interactuando con sensores en el mundo físico.
- Analizar el número de plantines acorde al plantado efectivo respecto a su multiplicación.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Situación de los Bosques en América Latina

En la región de América Latina, los bosques ocupan un 46,4% de la superficie total. Entre 1990 y 2015, se deforestaron 96,9 millones de hectáreas, el cual constituye un riesgo importante para su supervivencia. Las principales causas tienen que ver con la ganadería y la agricultura. La búsqueda de grandes extensiones para ganadería o agricultura llevaron a países como Brasil, Bolivia, Argentina y Paraguay a reducir sus bosques. Latinoamérica es una de las tres regiones del mundo donde más avanza la deforestación. El año pasado los ojos del mundo se posicionaron en la amazonia por los grandes incendios que ocurrieron en la zona, pero no solo allí se quemaban los bosques. (Tuchin F, 2020).

El mismo autor indica, que entre 2011 y 2018 la deforestación anual de Bolivia, es de aproximadamente de 300.000 hectáreas. “Esto tiene un enorme impacto en la pérdida de hábitat. Por ejemplo, los recientes fuegos forestales en Bolivia posiblemente causaron la pérdida de cientos o miles de jaguares”, explica Jordi Surkin, director de Conservación de WWF Bolivia. Al mismo tiempo se incendiaron grandes porciones del Gran Chaco Americano en Bolivia y Paraguay. Pero esta situación no es una excepción: se repite año a año. Pero la deforestación afecta no solo a la Amazonía, sino también a la ecorregión chaqueña, de 1,1 millones de km² (tres veces el tamaño de Alemania), que se extiende desde el noroeste de Argentina hacia Paraguay, Bolivia y una pequeña porción de Brasil. En Bolivia, los incendios acabaron con la vegetación de cerca de 1,5 millones de hectáreas, 900.000 de ellas en zonas protegidas de bosques, informó la Gobernación del departamento de Santa Cruz. En Paraguay, hogar de grandes humedales y bosques secos, se deforestaron cerca de 62.000 hectáreas entre agosto de 2017 y agosto de 2018 debido al aumento de la actividad ganadera para producir carne de exportación. Recientemente, los fuegos hicieron desaparecer más de 350.000 hectáreas en la zona cercana a la frontera con Bolivia.

En Argentina se da un fenómeno similar al de Paraguay, explica el Ignacio Gasparri, ya que hubo a partir de los años 90 "un gran incentivo para deforestar" con la llegada de los cultivos transgénicos. La Secretaría de Ambiente argentina estima en 300.000 hectáreas anuales en promedio las pérdidas de los últimos 15 años (Papeleo C., 2019).

En América Latina y el Caribe existen casi 13 millones de hectáreas con certificación FSC (Forest Stewardship Council) el cual es una ONG independiente y sin fines de lucro fundada para promover el manejo responsable de los bosques en el mundo, describen cómo se pueden manejar los bosques para que satisfagan las necesidades sociales, económicas, ecológicas, culturales y espirituales de las generaciones actuales y futuras. Sus principios y criterios incluyen tanto aspectos gerenciales como requisitos ambientales, sociales y económicos, de ellas más de 6 millones de hectáreas se encuentran en Brasil. Esta área comprende sitios con bosque natural y plantaciones forestales, así como certificación de manejo forestal y de cadena de custodia. En total, a nivel mundial hay 143 millones de hectáreas bajo la certificación FSC, de estas 17,7 millones se ubican en bosques tropicales y subtropicales. (Cordero, 2011).

En América Latina se registró una pérdida neta de 88 millones de hectáreas de bosques (el 9% de la superficie forestal total) durante los 20 años transcurridos desde 1990 hasta 2010. Por primera vez en la historia la superficie forestal de la región se redujo a menos de 50% de la superficie terrestre total. Si se mantuviese este ritmo de desaparición de bosques, América latina se quedaría sin ellos en unos 220 años (FAO, 2011).

3.1.1. Situación de los Bosques en Bolivia y el Área Andina

Los bosques de las tierras bajas de Santa Cruz, Beni, La Paz y Pando cubren aproximadamente el 76% del área forestal de Bolivia, un 18% se encuentra en Chuquisaca y Tarija y el 6% restante en los valles cercanos a Cochabamba. Una de las características de Bolivia, es ser un país con un alto potencial forestal, ya que el 48% de su superficie total está cubierta por seis tipos diferentes de bosques. De acuerdo a los estudios e inventarios aun incompletos en el país se registraron hasta el momento alrededor de 14.000 especies de plantas nativas con semillas (sin incluir helechos, musgos, algas), pero se estima que tiene más de 20.000 especies (Super, U. 2021).

De los 53 millones de hectáreas con cobertura forestal, 6.710.105 hectáreas se encuentran bajo aprovechamiento sostenible, a través de los diferentes derechos forestales otorgados dentro el nuevo régimen forestal vigente en Bolivia (FAO, 2001).

Aproximadamente un tercio de Bolivia incluye los andes, zona de climas extremos. En promedio la temperatura desciende 0,66 grados centígrados, por cada 100 (m) de ascenso, pero la topografía produce otros cambios climáticos que localmente y en diferentes horas del

día, ocasionan marcadas diferencias en pocos cientos metros de distancia (Fjeldsa y Kessler, 2004).

En altitudes por arriba de los 3.000 a 3.500 (m) la vegetación de los Andes centrales está dominada por zonas agrícolas y pastizales. Donde los árboles nativos son escasos y están mayormente representados por especies introducidas de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus*. Los bosques naturales son aún más raros y están comúnmente restringidos a localidades especiales, como laderas rocosas. Estos sobrevivientes de bosque son dominados por especies del género *Polylepis*, aunque en muchos lugares otras especies leñosas como *Buddleja*, *Clethra*, *Gynoxys*, *Podocarpus* o *Prumnopitys* también están presentes (Moraes *et al.*, 2006).

3.1.2. Deforestación en Bolivia

Se asume que una alta densidad y crecimiento poblacional cerca a áreas forestales incrementan la presión sobre los bosques, la tenencia de la tierra y la falta de derechos de propiedad bien definidos son también causas importantes de este fenómeno. Por último, existe un conjunto de variables físico - ambientales que influyen fuertemente el lugar donde los agentes deforestan (Urioste, 2010).

En Bolivia se perdieron más de 430 mil hectáreas de cobertura arbórea, de las cuales 277 mil hectáreas corresponden a bosque primario, es decir bosques que mantenían su estado original, sin haber sido afectados por la acción humana. Bolivia perdió 6.11 millones de hectáreas de bosques, lo que equivale a una disminución del 9.5% de la cobertura arbórea desde el 2000. Esta cifra es realmente alarmante ya que son muy pocos los países que han visto disminuir sus bosques en un periodo de tiempo tan corto. Cabe resaltar que, Santa Cruz es responsable del 68% de la pérdida de bosques en el país. La pérdida de bosque se incrementó significativamente en los dos últimos años como consecuencia de los incendios forestales registrados en el país, los cuales rompieron todos los récords históricos. Los incendios del 2019, fueron catalogados como una de las catástrofes naturales más devastadoras a nivel mundial. En nuestro país durante esa gestión se quemaron 1.5 millones de hectáreas de bosque y en 2020, 600 mil hectáreas. Si bien en el año 2020, los incendios fueron menores en cuanto a la superficie total, afectaron una mayor superficie de áreas protegidas. (FAN, 2019).

El 24% del total de áreas quemadas es decir más de 685 mil hectáreas se registraron dentro de 21 Áreas protegidas nacionales, departamentales y municipales. Otuquis, San Matías, Iténez y Kenneth Lee fueron las áreas más afectadas (FAO, 2020).

De acuerdo al Centro de Documentación e Información de Bolivia (CEDIB), las principales causas de los incendios responden una serie de factores, entre los cuales se destacan actividades antrópicas vinculadas a la habilitación tierras para actividades productivas (chaqueos), condiciones climáticas como sequías, altas temperaturas y fuertes vientos que propician la expansión del fuego y una serie de normas que promueven la expansión de la frontera agrícola. Estas cifras son preocupantes no solo para Bolivia, sino también a nivel global. Lograr detener la deforestación para el año 2020 fue un ambicioso reto propuesto por los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de muchos países de lograr frenar la deforestación y aumentar el número de áreas protegidas, de acuerdo con un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, en el quinquenio más reciente (2015 – 2020), la deforestación se produjo a un ritmo de 10 millones de hectáreas al año, es decir, 2 millones de hectáreas menos al año que en el periodo 2010 – 2015. Con ese ritmo de reducción, alcanzar la meta del ODS (Objetivo de Desarrollo Sostenible), para detener la deforestación llevará otros 25 años. A nivel mundial, Brasil, Bolivia y Paraguay están entre los 10 países que perdieron mayor cobertura boscosa en el periodo 2010 – 2020 (FAO, 2020 a).

La recientemente creada Autoridad de Fiscalización de Bosques y Tierras (ABT), en sustitución de la Superintendencia Forestal (SIF), va por el mismo camino que en materia administrativa, ignoró la necesidad de un sistema institucional en el que se sustente y tenga validez la legislación forestal y más de medio centenar de leyes que contemplan derechos indígenas incluidos convenios y tratados internacionales. En la ABT, son autoridades que continúan desarrollando entre interinatos y negociaciones partidarias y no de un proceso serio de institucionalización, se han reproducido viejos males como la incapacidad de asumir responsabilidades institucionales legales y responsabilidades administrativas estatales. Así; nadie exige o rinde cuentas por el patrimonio forestal que administran los servidores públicos quienes se mantienen en sus cargos otorgando indulgencias a mañosos pseudo dirigentes campesinos e indígenas; La Gestión forestal comunitaria se reduce hoy a un conteo de árboles maderables que media docena de individuos (Intocables y poderosos) venden a nombre de comunidades inexistentes o de las que nunca serán beneficiarias de sus negociados millonarios. Desde hace seis años las auditorias, audiencias, registros de

contratos, autorizaciones a privados en TCO quedaron sin efecto; el Estado “reparte” los bosques, no los administra y las autorizaciones de aprovechamiento las obtiene cualquier ciudadano que acceda a las desprestigiadas “certificaciones” de “dirigentes” politiqueros que hoy se asumen como propietarios de bosques; Los compradores de madera en comunidades deben aprenderse un manual de cumplimiento de requisitos y papeleos sin preocuparse por un plan (Tejada, A.,2010).

3.1.3. Reforestación en Bolivia

En Bolivia alrededor de 1.000 ha año⁻¹ se reforestan con especies nativas y 17.000 ha año⁻¹ se reforestan mayormente con eucalipto (*Eucalyptus sp.*) y pino (*Pinus sp.*), los cuales están tan bien establecidos hoy en día que la mayoría de los bolivianos cree que es de nuestro país. El eucalipto (*Eucalyptus sp.*) es valioso para solucionar rápidamente la escases de madera en los valles andinos (reduciendo así la presión sobre áreas de bosques nativos), pero sus efectos ecológicos negativos hacen difícil su uso para combatir la erosión debido a que tiene numerosos componentes tóxicos en las hojas y evitan la germinación y el crecimiento de otras plantas por esa razón no favorece la formación de suelo orgánico y los niveles de nutrientes en el suelo se vuelven extremadamente bajos (Kaimowitz, 1998 citado por Urioste, 2010).

Las plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus sp.*) y pino (*Pinus sp.*) no mantienen el mismo nivel de biodiversidad que los bosques de Polylepis y bosques mixtos de especies nativas. Un estudio de aves en Cochabamba, encontró que la riqueza de especies, densidad de individuos y abundancia de especies de rangos de distribución varían significativamente entre plantaciones de árboles exóticos en relación a hábitats de bosques naturales (Garden, 2000).

Al respecto, (FAO, 2010a), señala que no es fácil generalizar acerca de las diferencias entre pérdidas y ganancias de una zona forestal; son muchas las diferencias entre un bosque maduro y otro más joven o entre un bosque nativo y otro bosque con especies introducidas y el término “plantación” es fuente de confusión y cierta polémica, pues algunos observadores consideran que los bosques plantados no compensan la desaparición de los bosques nativos o primarios, sobre todo se tienen en cuenta los efectos en la biodiversidad.

3.2. Generalidad Botánica

El Saúco es un arbusto o árbol, normalmente de 3-6 m de altura. En buenas condiciones llega a alcanzar hasta 12 m de altura. Sus tallos tiernos son poco resistentes, debido a su

médula esponjosa; pero los fustes leñosos se endurecen tanto que constituyen una de las maderas más fuertes y apreciadas para construcciones rurales. Tronco cilíndrico, a veces torcido, con copa irregular y de color verde claro característico. Las hojas son compuestas, de 7-9 folíolos imparipinnadas, folíolos oblongos y puntiagudos en el ápice, bordes aserrados, de 4-16 cm de largo y 3-7 cm de ancho. Las flores están dispuestas en corimbos vistosos, de color blanco, ligeramente fragante e irritante. Los frutos son bayas esféricas de 5-6 mm de diámetro. Inicialmente de color verde y rojinegro al madurar. Dispuestos como racimos de uva, cada uno con peso que oscila entre los 180 a 415 gramos (Minagri, 2007).

El género de esta especie es el *Sambucus* y existen muchísimas variedades en el mundo como: *Australis*, *Nigra*, *Caerulea*, *Canadensis*, mexicana, etc., aunque la más común en Sudamérica, incluyendo en nuestro país, es la especie *Australis*. El árbol del saúco es mediano. Varía entre 3 y 6 (m) de altura, diámetro de 0.40 (m) de copa redondeada, baja y densa; el tronco es curvo e inclinado con corteza rugosa y ramas gruesas de médula blanca. Las flores son de color blanco y tienen un olor agradable muy fuerte, muy parecido a la uva moscatel. Los frutos son bayas de 5-6 mm. de diámetro y tienen color verde y rojinegro cuando maduran. Las bayas están acomodadas como racimos de uva. Son jugosos, de agradable olor y sabor agridulce. (Perú Acorde, 2000).

Zamudio, (2002) refiere que es árbol perenne, copa redonda, de 4 a 12 (m) de altura. El tronco es corto, corteza café, madera amarilla, hojas con 6 a 8 folíolos, de forma lanceada de color verde amarillento de 6 a 19 cm de largo con bordes aserrados.

Tabla 1.

Clasificación taxonómica del Saúco

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliópsida
Subclase	Asteridae
Orden	Dipsacales
Familia	Caprifoliaceae
Genero	<i>Sambucus</i>
Especie	<i>nigra</i>

Nota. Clasificación taxonómica de las plantas. (Rojas 2011).

Se conocen dos subespecies de *Sambucus nigra* entre estos se encuentran:

- *Sambucus peruviana*
- *Sambucus mexicana*

Nombres Comunes

Los nombres comunes (Pretell *et al.*, 1985 mencionado por Lovera 2006) varían de acuerdo a las zonas donde se distribuye esta especie como son:

- “Saúco” (Andahuaylas, Bolivia y Colombia)
- “Rayan” (Cuzco)
- “Uvas de la sierra”, “Uvilla del diablo”, “Pochko uvas” (Ancash)
- “Layan”, “Pintura de novia” (San Jerónimo)
- “Ccola ccola”, “Kjola” (Aymara)
- “Saúco blanco”, “Tilo” (Ecuador)
- En Bolivia, en Inquisivi se constató que la denominan: p’okotillo, kjola.

3.2.2. Descripción de Género Sambucus

El género *Sambucus* está conformado por hierbas, arbustos o árboles, a veces sarmentosos; hojas opuestas, siempre verdes, imparipinadas, foliolos finamente dentados, glabros o pubescentes con pelos simples y a veces con glándulas subsésiles; pecíolo corto, algunas veces glandular, estipuladas; inflorescencia en forma terminal o axilar, en panículas o corimbos umbeliformes; flores bisexuales, numerosas, pequeñas, fragantes, blancas o rojizas; y frutos en forma de drupas con 1 a 5 semillas (Ayala 2003).

3.2.3. Distribución y Hábitat

El hemisferio norte, tanto América como Eurasia. La especie *canadensis* se extiende de Canadá hasta Panamá y las Antillas (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

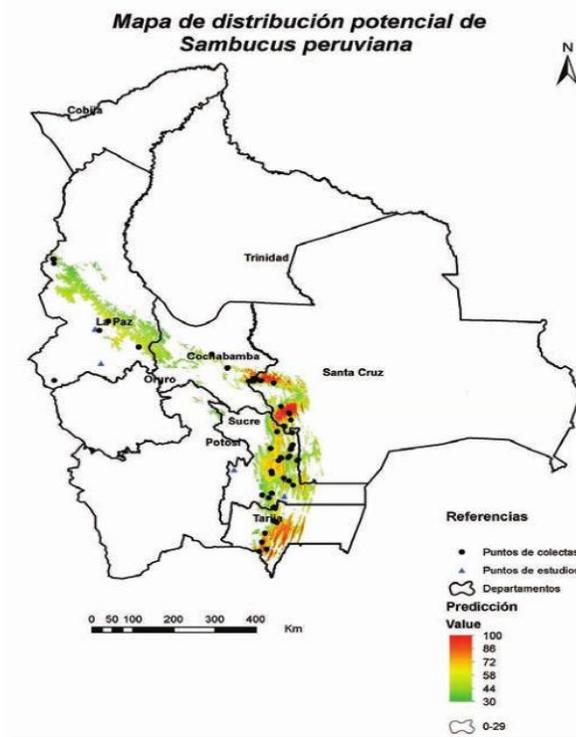
Sánchez y Amado (2010), indican que el saúco es un arbusto nativo de Europa, noroeste de África y sudoeste de Asia, distribuido en América desde México y Costa Rica hasta Argentina.

Lovera (2006), citado por Bernal *et al.*, (2011), afirma que es originario de los Andes e introducido a otras regiones, se encuentra distribuido desde Costa Rica hasta Argentina.

Originaria de Perú, Bolivia y en Argentina en las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán y Catamarca, entre los 900 y 2000 m.s.n.m. se la encuentra en bordes y claros del bosque húmedo junto a arroyos y ríos, en quebradas y faldeos húmedos. (Lázaro, 2008).

Figura 1.

Distribución por Departamentos del Género Sambucus en Bolivia.



Nota. Adaptado de (Plantas de Bolivia con potencial medicinal 2016).

Se distribuye desde Bolivia hasta el norte de Argentina, en Guatemala es cultivado como cerco vivo en casi todas las altitudes (Nash, 1976, Lastra y Bachiller, 1997 citados por INTA 2013) y en Bogotá Colombia, lo podemos encontrar en varias zonas de crecimiento (Delgado *et al.*, 1995 citado por Ibáñez 2000).

En Bolivia se ha evidenciado en regiones del altiplano: la provincia Inquisivi en las comunidades de Patohoco, Marancelani, Palmar Pampa, Taucarasi, Tupuyo, Yamora y en la población de Inquisivi. En la ciudad de La Paz se comprobó la existencia como planta ornamental en diferentes zonas como Calajahuirá, Sopocachi, Obrajés, Calacoto, Cala Calani, Mallasa y Miraflores. Valles, chaco, yungas y el chapare.

3.3. Fenología del cultivo

El saúco se cultivó en jardines durante mucho tiempo. Aunque el olor de sus hojas no es agradable, entre finales de primavera y principios de verano se cubre de bonitas flores blancas. En un jardín natural ofrece refugio y alimento a muchas aves (Perú Acorde, 2000a).

La etapa de floración se inicia a fines del mes de noviembre y comienzos de diciembre, variando según las condiciones climáticas y el piso altitudinal en el que se desarrolla; después de realizada la fecundación, las bayas de saúco comienzan a crecer, alcanzando su mayor tamaño a fines del mes de enero e inicios del mes de febrero (Rodo, 1998).

La maduración de frutos varía de acuerdo a los pisos altitudinales, se inicia entre enero y febrero en pisos altitudinales menores a 2800 m.s.n.m., a comparación de los pisos altitudinales ubicados entre 2800 a 3500 m.s.n.m., el inicio se presenta de marzo a mayo; y en altitudes mayores a 3500 m.s.n.m. los frutos no logran madurar provocando la caída y el fracaso de la fructificación (Galindo, 2003b).

3.3.1. Descripción Morfológica

Se refiere a la representación morfológica de la planta de saúco: tallos, hojas, flores, frutos y semillas.

3.3.1.1. Tallos y ramas

Tallo gris, hueco (con un tejido esponjoso en el interior) y con lenticelas muy obvias. Estos tallos son tiernos son poco resistentes debido a una medula esponjosa; a medida que la planta envejece, el fuste se endurece de tal manera que constituye una madera muy fuerte y utilizada en construcciones rurales (Bacigalupo, 1984 citado por Juárez de Varela 1996).

En los rebrotes, la medula central contiene abundante reserva de agua, haciendo que su consistencia sea suave. El grosor del fuste de los árboles de saúco, varían de acuerdo a la edad de la planta, condiciones de suelo y pisos ecológicos, adquiriendo abundantes ramificaciones cortas de medula hueca en la copa del árbol; si la planta es talada el tallo rebrota con facilidad varias varillas, las hojas de estos rebrotes son grandes, anchas y de color verde oscuro (IDMA 2000).

Según Villarreal (2008), la corteza externa es áspera, suavemente agrietada, las grietas son de 2 – 4 mm de profundidad, menos agrietada hasta lisas en árboles jóvenes de color

cenizo. Mientras, la corteza interna es de color blanquecino, quebradiza, delgada de 2 – 4 mm de espesor (Hinostroza *et al.*, 1988 citado por Lovera, 2008). Tallos con corteza fisurada, lenticelas redondeadas o elípticas; ramas glabras a hirsútas.

3.3.1.2. Hojas

Según Perú Acorde (2000b), presenta hojas opuestas, grandes, compuestas con 5 a 11 (raramente de 3 hasta 13) folíolos algo puntiagudas, imparipinadas, opuestas, decusadas 20 – 30 cm en promedio, ápice agudo; con borde finamente aserrado, de 4-16 cm de largo y 3-7 cm de ancho; nervaduras primarias y secundarias, bien marcadas de tamaño y forma muy variable, con los márgenes aserrados a profundamente divididos en segmentos (sobre todo en las hojillas basales), a veces con pelillos sobre las venas.

Para Lázaro (2008), presenta hojas imparipinnadas, de 13-30 cm; pecíolo glabro, de 3-10 cm; folíolos 3-9, opuestos, ovados-lanceolados, acuminados, de bordes aserrados, de 6-15 cm; peciolo pubescentes.

3.3.1.3. Flores

Según Zamudio (2002), las flores son pequeñas, fragantes; de cáliz pequeño, adherido al ovario y con 5 dientes muy cortos en el ápice; la corola blanca, de menos de 1 cm de diámetro, es un tubo que hacia el ápice se amplía y se divide en 5 segmentos; estambres generalmente 5; el estigma con 3 a 5 lóbulos. La inflorescencia de 10 a 30 cm de diámetro, con flores fragantes, color blanco o cremosa; los frutos maduros de color negro púrpura. La semilla es estéril.

Actinomorfas, cerca de 8 mm diámetro; cáliz verde, gamosépalo; corola con pétalos libres redondeados; estambres, alternos con pétalos, 4 mm de longitud. Pistilo con ovario supero, globoso; estilo corto; estigma capitado 12 y carnoso (Reynel y León 1990 citado por Tejero, 2012).

Según Lázaro (2008), las inflorescencias se presentan en cimas terminales, corimbiformes; pedúnculo de 7-10 cm cáliz tubuloso de 2 mm. Corola con tubo corto, glabro, de 4-5 mm. Estambres insertos en el tubo corolino de 2-4 mm; filamentos glabros, anteras con 2 tecas, dehiscencia longitudinal. Ovario 3-5-locular, con 1 óvulo en cada lóculo, de 2 mm; estigma 3-5 lobulado.

3.3.1.4. Frutos

Según Galindo (2003b), el fruto es globoso u ovoide, carnosos, de hasta 8 mm de diámetro, de color negro o púrpúreo, con 3 a 5 semillas. Bayas trilobulares de 7 a 12 mm de diámetro, 4 a 6 semillas, embriones pequeños, carnosos y jugosos, sabor dulce, comestibles, agrupados en racimos de color morado, intenso a negro cuando son maduros.

Para Villarreal (2008), el saúco presenta frutos abayados, de 4.0-5.0 mm diámetro, esferoidales, púrpuras o negros, glabros.

3.3.1.5. Semilla

Son de forma redonda u ovalada, su color característico es rojo-azulado oscuro, presenta de 200 a 400 por racimo, siendo su diámetro variable entre 0,8 a 1cm, el peso oscila entre 0,4 a 0,7 g; y son débiles a la acción mecánica. (Honda s/f citado por Arana 1984, Cahuana 1991). La baya de saúco se encuentra constituida por una película u hollejo, pulpa y semillas. Además, presenta una estructura similar a la baya de uva.

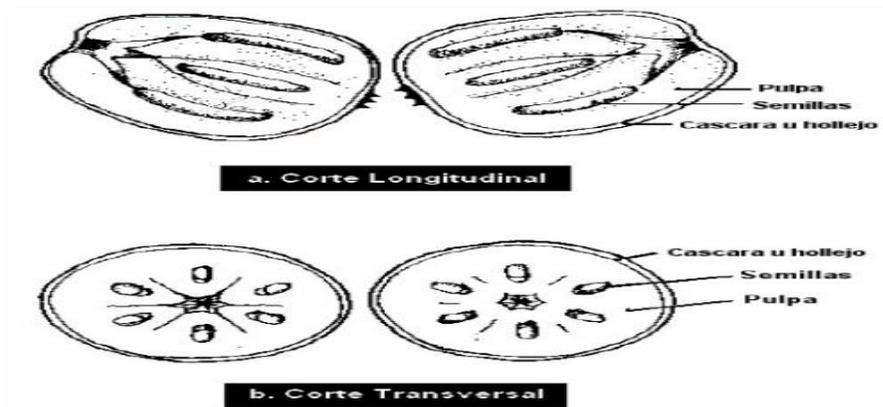
Según Galindo (2003b), las bayas maduras alcanzan un alto nivel de grados Brix 7.2, acidez de 0.92 a 1.37 y un pH de 3.2 a 3.8.

Según Villarreal (2008), las semillas presentan 2.0-4.0 mm de largo, ovadas rugosas y generalmente de color negro.

INTA (2013), refiere que la semilla es estéril.

Figura 2.

Estructura física de la baya de saúco



Nota. Adaptado de Cahuana, (1991).

3.4. Importancia y valor económico del Saúco

Según Agrotterra.com (2009), el estudio de caracterización del mercado en España indican la venta del kilogramo de bayas de Saúco en \$us. 18.5.

Según Herrera, (1975) citado por Galindo (2003b), el Saúco es requerido en otras regiones para hacer mermeladas. En la campaña agrícola del Perú 2000-2001 se ha vendido 90 toneladas y el mercado requiere comprar más.

El año 2002 se realizó un estudio de mercado en el departamento de Cajamarca- Perú, sobre la producción de mermelada de saúco, donde se observó que 8,57 Tn representando el 60 % de la producción total de mermeladas de frutas nativas. Este estudio de mercado, afirma que la exportación de mermeladas de saúco representa incipientemente el 0,1 % de las principales variedades de frutas exportadas en el 2002 (Technoserve 2004). Mientras, el año 2005 presento una producción total aproximada de 0,74 t (738,18 kg) de mermelada de saúco en parte del departamento de Lima (INDDA, 2006 mencionado por Lovera 2006).

En Bolivia (ketal hipermercados) el precio de 254gr. de mermelada de saúco es de \$us 2.91, la caja de flor de saúco en infusión sobres de 20 unidades es de \$us 4.36 y el yogurt de 850ml. es de \$us 3.63.

3.5. Requerimientos Edafoclimáticos

Según Galindo (2003b), el saúco tiene un amplio rango de adaptación, lo podemos encontrar desde los 1800 hasta 2800 msnm, pero la altura óptima se encuentra entre los 3200 y 3800 msnm, la temperatura anual más apropiado para su cultivo está entre los 8 a 17 °C y resiste heladas fuertes, con una humedad \geq al 70%. Crece en las zonas templadas y abiertas o montañosas de las regiones tropicales y subtropicales, en altitudes de los 1,300 hasta los 3,700 m.s.n.m; requiere de suelos profundos y francos.

El saúco es una especie heliófita, crece entre los 2300 - 3500 m.s.n.m. en zonas con temperatura media anual de 8 a 17 °C; se presenta en zonas con ocurrencia casual de heladas (Reynel y León 1990 citado por Rodo 1998).

Según Hernández, (2011), el saúco prefiere suelos profundos de textura variable, tolera la pedregosidad baja o media y requiere buen nivel de humedad, por lo que se lo encuentra plantado al borde las acequias, en cercos de chacras y en huertas, con un pH neutro. Es una especie poco exigente en suelos, pero desarrolla mejor en suelos profundos, francos y

limosos con pH neutro o ligeramente alcalino; ya que sólo requiere de humedad (riego) para su crecimiento, por tal razón se encuentra al borde de las acequias y canales de regadío acequias, en cercos y en huertos asociados con Manzanos, Membrillos Capulí y también con forestales como Aliso, Sauce. También se puede reproducir por esquejes. Suelos débilmente ácidos pH 4.5 - 7.5. Principalmente suelos ricos en nitrógeno.

Se concluye lo siguiente:

- El Saúco es tolerante a suelos pedregosos, pero prefiere suelos sueltos y con alta humedad.
- Crece en óptimas condiciones en altitudes de 1800 a 2800 m.s.n.m., es difícil encontrarlo en estado silvestre debido a que crece en huertas y cerca de fuentes de agua.

3.6. Propagación vegetativa del Saúco

Según Sánchez y Amado (2010), debido a que su propagación por semilla sexual es complicada por condiciones complejas de letargo de las cubiertas y del embrión; de manera que las semillas deben someterse a un periodo de estratificación cálida de 2 meses, a temperaturas de 21° a 30° C, seguido por un periodo de estratificación fría de 3 a 5 meses, a temperatura de 4° C., condiciones que se obtienen en la transición verano-primavera.

La semilla no se encuentra establecida por presentar problemas de infertilidad, la mejor manera de propagarlo es por vía asexual, es decir, por medio de estacas (Pretell *et al.*, 1985 citado por Ocampo, 1994).

3.6.1. Generalidades de la propagación vegetativa o asexual

La propagación vegetativa o asexual es la reproducción de plantas a partir de otra planta similar, utilizando los tejidos vegetales que conservan la potencialidad de multiplicación y diferenciación celular para generar nuevos tallos y raíces a partir de cúmulos celulares presente en diversos órganos.

Para Hartman y Kester (1997), las estacas son el medio más importante en la propagación de arbustos ornamentales, tanto de especies deciduas como de hoja ancha y siempre verdes de hoja angosta, puesto que de unas cuantas plantas madre, es posible iniciar muchas nuevas plantas en un espacio limitado, además de ser económico, rápido y simple, no requiriendo las técnicas especiales de injerto. También se obtiene una mayor uniformidad

por la ausencia de variaciones ya que la planta madre se reproduce exactamente sin cambio genético.

Paredes (2010), explica que para muchas especies la reproducción asexual predomina sobre la sexual, y es que las condiciones de su ambiente hacen improbable que la semilla genere una planta capaz de establecerse debido a las limitaciones de recursos como el agua, la luz o la competencia.

Según Hernández (2011), la propagación debe realizarse bajo poli sombra, mediante estacas, que se toman de árboles sanos. La longitud de la estaca debe estar entre 18 y 30 cm, diámetro entre 2 y 4 cm, lignificadas, por lo menos tres nudos. Lo anterior permite garantizar un mejor rendimiento del material para el corte de las estacas se utiliza el tercio medio y superior de las ramas.

Uribe *et al.*, (2011), recomiendan que se debe colocar con una o dos yemas (basales) cubiertas en el suelo, donde formarán raíces y las demás yemas (apicales) deben quedar descubiertas para formar las ramas y las hojas del arbusto, Para estimular el prendimiento y el crecimiento de raíces, se recomienda remojar el extremo de la estaca con mucílago de sábila.

3.6.2. Método de propagación vegetativa o asexual

- **Propagación por esquejes**

Hartmann *et al.*, (2001), indica que la propagación por esquejes, consiste en que de la planta madre se corta una porción de tallo, raíz u hoja; después de lo cual esa porción se coloca bajo ciertas condiciones ambientales favorables y se induce a que forme raíces y tallos, obteniéndose con ello una planta nueva, independiente idéntica a la planta madre, en las especies que se pueden propagar por esquejes éste método tiene numerosas ventajas, de unas cuantas plantas madres es posible iniciar nuevas plantas en un espacio limitado, es económico, rápido, simple y no requiere las técnicas especiales de injerto. La planta madre por lo general, se reproduce exactamente sin cambio genético (Citado por Cárdenas y López, 2011).

MINAG (2003), indica que los esquejes deben contener como mínimo dos nudos, no importa el tamaño; pero es indispensable que contenga la consistencia semileñosa antes que la médula se retraiga, el centro quede hueco y haya pérdida de su color gris; las estacas se

obtienen de ramas no muy jóvenes, es decir, de aquellas que se encuentran en la parte media de la copa del árbol. De aquellos árboles ubicados en terrenos húmedos o cerca al agua, se puede recolectar estacas en cualquier época del año, mientras que de árboles ubicados en terrenos secos o lejos del agua solo en meses de lluvia. Las estacas pueden tener cortes limpios y haber sido obtenidas en cortes a bisel, no deben almacenarse, pero mientras dure el proceso de recolección es conveniente tenerlas bajo sombra o envolverlas con una manta húmeda.

Moncaleano (2012), señala que el esqueje es un método de propagación asexual que tiene como característica la reproducción de individuos iguales genotípicamente al progenitor, la propagación por estacas es posible por dos características de la célula vegetal: totipotencia y des diferenciación que es la pérdida parcial del carácter funcional y morfológico de una célula. Aunque son más conocidos los esquejes de tallo, se pueden obtener a partir de diferentes partes de la planta como raíces y hojas, sobre todo cuando la estructura de la planta no presenta tallos visibles.

Ipizia (2011), indica que en nuestro medio son conocidas como ramillas terminales o esquejes. Son obtenidas de especies leñosas siempre verdes. Las cuales deben ser tomadas en periodo de inicio de lluvias. Sus dimensiones varían entre 7 y 15 cm. de largo, reteniendo las hojas de la parte superior. Si éstas fueran muy grandes deben reducirse para evitar la pérdida de agua y permitir un menor espaciamento en la cama de cultivo. Con frecuencia se usan las puntas de las ramas, pero las partes basales del tallo también enraízan. El corte basal se hace justamente debajo de un nudo. Es recomendable obtener el material en las primeras horas de la mañana, cuando los tallos están turgentes y mantenerlos envueltos en una tela húmeda. Se deben proteger del sol todo el tiempo.

➤ **Criterios de selección**

Vázquez, *et al.*, (s.f.), recomiendan algunos criterios y pasos que se deben considerar en el proceso de reproducción:

- Donantes vigorosos y sanos con reservas alimenticias.
- Segmentos basales o centrales de la rama.
- Los segmentos varían entre 15 y 75 cm de largo, por lo menos dos nudos, lo recomendable es de cuatro a seis.

- El diámetro de las ramas puede ser de 0.6 a 5 cm. El corte basal se hace justo abajo de un nudo (sitio donde preferentemente se forman raíces adventicias) y el corte superior se realiza de 1.3 a 2.5 cm arriba del otro nudo.
- Empaquetar las estacas cuidando su orientación, para mantener su polaridad y permitir que el flujo de savia siga su dirección normal.

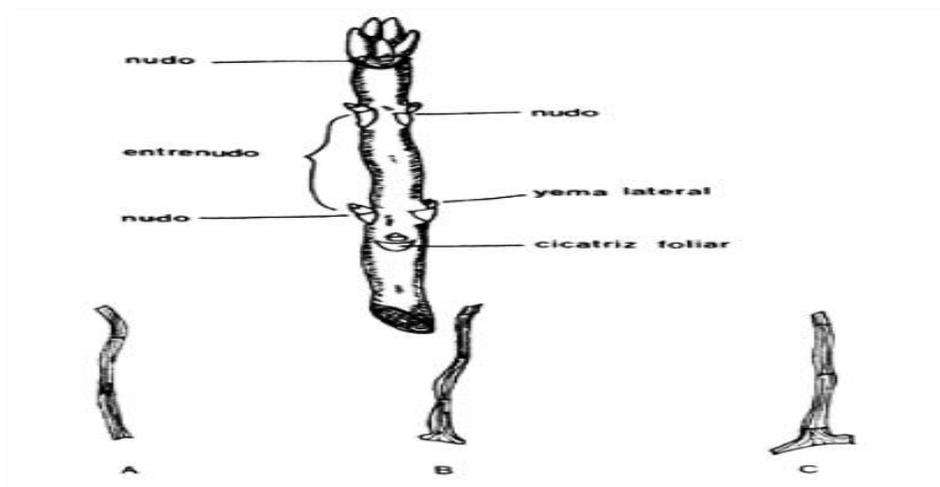
➤ **Ventajas de la propagación por esquejes**

Hoyos (2004) citado por Robinson, (2011) manifiesta que esta forma de propagación es la más adecuada para el saúco por las siguientes razones:

- Se obtiene porcentajes altos de prendimiento, cuando la técnica se aplica correctamente.
- La extracción del material vegetal (esquejes) de saúco no afecta a los plantines “semilleros” en su normal desarrollo.
- La recolección y traslado del material vegetal (esquejes) al vivero no implica grandes costos.

Figura 3.

Criterios de selección de la esqueje



Nota. Adaptado de Vázquez, (2005).

3.7. Propagación del saúco

MINAG (2003), señala que no se puede propagar sexualmente por semilla botánica por presentarse estériles, es decir que no tiene embrión viable, Sin embargo existe una forma asexual de propagación muy práctica y segura, mediante estacas o estacones (postes se enraízan rápidamente en forma segura). Por estacas se enraízan en vivero en camas de enraizamiento y por estacones directamente en la plantación o borde de las chacras.

a) Propagación en vivero

Jaramillo & Jiménez (2000), indican que en el vivero se debe aplicar riego abundante procurando mantener el sustrato húmedo, pero evitando excesos, ya que esto puede generar problemas fitosanitarios. En los procesos de reproducción, no se evidenciaron enfermedades que pudieran afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que hace poco vulnerable al ataque de plagas y enfermedades en vivero.

El trasplante al lote se realiza a los seis meses de sembradas las estacas en las bolsas, Es una especie pionera, es decir de rápido crecimiento.

b) Propagación en campo definitivo

Álzate *et al.*, (2013), señalan que esta especie por su rápido crecimiento y copa densa, es ideal para su propagación a campo definitivo. No se encontró información en relación al establecimiento y manejo del sistema de barreras vivas con Saúco, por lo tanto, es importante adelantar ensayo e investigaciones en este sentido Árboles y Arbustos.

Méndez, (2003), informa que la mayoría de los agricultores, lo propagan al plantar postes de saúco, ya sea como cercos vivos o como linderos de las chacras. Generalmente utilizan postes de 1.50 metros de altura, pero no tienen en cuenta mucho el grosor del poste. La plantación se realiza a 50 cm de profundidad y a un distanciamiento de 4 metros entre plantas. Mayormente esta práctica se debe realizar durante los tres primeros meses de lluvia, para así lograr un buen prendimiento en campo definitivo.

3.8. Enraizamiento

Los árboles que fácilmente se propagan, son aquellos que presentan una fase fisiológica de defoliación y latencia meristemática al final de la época favorable para el crecimiento (Vázquez, *et al.*, s.f.).

Esta técnica de reproducción vegetal se da espontáneamente en la naturaleza cuando una rama o fragmento de una planta cae al suelo y logra enraizar otra vez y producir así un nuevo individuo (Rodo, 1998).

3.8.1. Factores que condicionan el enraizamiento de esquejes

Varios factores influyen en la potencialidad de enraizamiento de las estaquillas, tanto intrínsecos como extrínsecos: factores fisiológicos, anatómicos, climáticos, nutricionales y sanitarios. La especie y variedad, condición fisiológica y edad de la planta madre, condición fisiológica de las estaquillas, época del año, tipo y concentración de fitorreguladores, condiciones ambientales durante el enraizamiento y substrato a ser utilizado son algunos de los factores que condicionan el proceso (Westwood, 1982; Hartmann & Kester, 1987; Almeida *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2009).citado por Langé 2013).

a) Efecto de iluminación

Limaico (2011), menciona que un aumento de la intensidad luminosa en la planta madre, aumenta la producción del número de estacas, pero tiene tendencia a reducir ligeramente la capacidad de enraizamiento. Las plantas madres que han recibido luz de baja intensidad se obtienen estacas que enraízan mejor que aquellas tomadas de plantas madres desarrollado a luz intensa.

b) Efecto temperatura

Krüsemann (1981) citado por Herrera (2012), señala que las temperaturas más altas en la base de las estacas producen un aumento localizado de la respiración, lo que supuestamente lleva a una síntesis localizada de carbohidratos y a continuación a una vigorizada formación de protoplasma. Con esto, se crea la base para una mayor división celular en el área radicular y la creación de raíces adventicias. Con un rango adecuado de temperatura, el que puede variar entre los 15 y los 26°C, no sólo se logra una mayor rapidez en la formación de raíces, sino que también se obtienen en mayor cantidad.

c) Formación del callo

El callo es un tejido parenquimatoso cicatricial, que funciona como protección de una herida ante patógenos presentes en el ambiente, el cual, presenta células no diferenciadas que pueden formar brotes y raíces iniciales. La formación del callo y la rizogénesis son procesos

independientes (Hocker, 1984; Margara, 1988; Baldini 1992; Blanco 1999, citado por Flores 2009).

d) Formación y desarrollo de raíces adventicias (proceso de rizogénesis)

Bajo el punto de vista anatómico este proceso consiste en la organización, por parte de algunas células del floema secundario, del cambium o más frecuentemente; de los radios parenquimatosos del leño, de indicadores radiculares que, al desarrollarse, se convierten en primordios radiculares. Estos en condiciones adecuadas atraviesan la corteza y salen al exterior mientras que en el interior se conectan con el sistema conductor (floemático y xilemático) del esqueje (Baldini, 1992). La diferenciación y la emisión de los primordios radiculares pueden venir acompañadas por la formación, en la base de los esquejes, de un tejido parenquimático cicatricial denominado callo, cuya presencia es sin duda útil (en cuanto impide el acceso de patógenos al interior de los esquejes) pero sin influencia en la rizogénesis, en la que el callo no participa directa ni activamente (Taiz y Zeiger, 2006).

La formación de raíces adventicias es inducida por la ausencia de luz y los cortes, tanto de la corteza como de los haces vasculares, especialmente floema, ya que se interrumpe la translocación de nutrimentos y otros compuestos orgánicos (carbohidratos y hormonas reguladoras del crecimiento) que se acumulan cerca del punto de tratamiento y estimulan el enraizamiento por arriba del corte. Alcántara, (2001).

e) Edad, diámetro y longitud de ramas

La capacidad rizógena es afectada por la edad, ya que, en tallos de un año de edad en plantas jóvenes, la formación de raíces es mayor que en aquellos provenientes de plantas más maduras. Esto puede deberse, a que los tejidos fisiológicamente maduros tienen menor capacidad rizógena, necesitan más tiempo para enraizar y producen menor cantidad de raíces que el material fisiológicamente joven. (Zobel y Talbert 1988, citado por Flores, 2009).

f) Presencia de hojas

Las hojas realizan las funciones de fotosíntesis y respiración, además, son la fuente principal de abastecimiento de nutrimentos y hormonas del crecimiento, importantes para el enraizamiento. Por tanto, la base para el éxito del acodado aéreo es la presencia de hojas por encima del anillado o herida que conllevan al desarrollo vigoroso de raíces adventicias, pues la eliminación de yemas y hojas impide la formación de las raíces (Garner, 1969; Baldini, 1992).

g) Sustrato

El sustrato empleado para el enraizamiento puede ser de muchos tipos, pero este debe cumplir tres funciones: mantener a la estaca en su lugar durante el periodo de enraizamiento, proporcionar la humedad necesaria y permitir la penetración de aire, además debe estar libre de patógenos que puedan afectar el éxito en la formación de raíces (Hartmann y Kester, 1999 citado por Soto 2004).

Para Reyes (2015), un buen medio de enraizamiento debe estar limpio y con buen drenaje. Puede emplearse arena o grava fina y si su capacidad de retención de agua es muy baja se puede mejorar añadiendo turba, vermiculita u otros materiales.

El sustrato debe estar libre de bacterias, hongos, insectos, etcétera. Para asegurarnos de que ninguno de estos organismos esté presente, se desinfecta el suelo. Hay muchas técnicas para lograr desinfectar el suelo de acuerdo con los recursos que disponga. (Goitia, 2003).

3.8.2. Fisiología del enraizamiento

Valencia (2014), indica que el origen y desarrollo de las raíces adventicias en las estacas se divide en tres fases: 1) Iniciación de grupos de células meristemáticas, 2) diferenciación de esos grupos de células en primordios de raíz reconocible y 3) desarrollo y emergencia de las nuevas raíces incluyendo la ruptura de otros tejidos del tallo, y la formación de conexiones vasculares con los tejidos conductores de la estaca. Así mismo señala que, en la mayoría de plantas la formación de raíces pasa luego de que se ha hecho la estaca de tallo, el origen de la mayoría de raíces adventicias se encuentra en grupos de células que son capas de volverse meristemáticas, estas células generalmente están situadas fuera y entre los haces vasculares. Estos pequeños grupos de células, continúan dividiéndose y se desarrollan para formar el primordio de la raíz. La punta de la raíz sigue creciendo hacia afuera a través de la corteza saliendo por la epidermis del tallo.

3.8.3. Proceso de enraizamiento

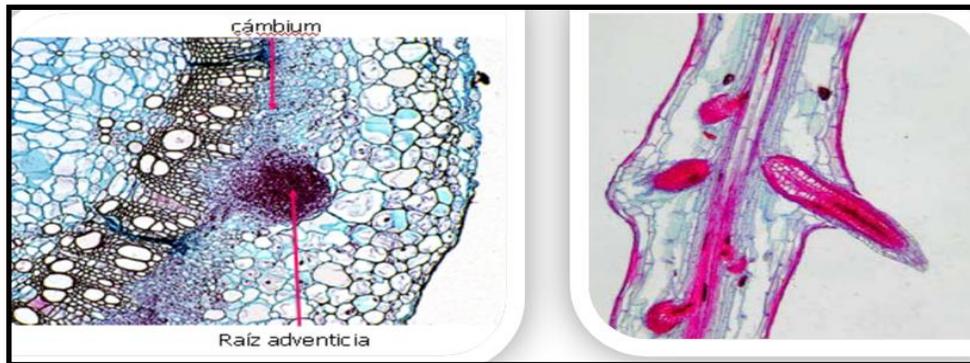
El enraizamiento de segmentos defoliados ocurre fácilmente, ya que el propio ciclo fenológico hace coincidir la producción de hormonas de crecimiento con el periodo de enraizamiento y crecimiento de yemas del segmento (Hartmann y Kester 1997 citado por Gutiérrez, 2012).

El proceso subsecuente de cicatrización y regeneración ocurre en tres pasos:

- a) Al morir las células externas lesionadas, se forman una placa necrótica que sella la herida con un material suberoso (suberina) y tapa el xilema con goma. Esta placa protege las superiores cortadas de la desecación.
- b) Después de unos cuantos días, las células que están detrás de la placa empiezan a dividirse y se forma una capa de células de parénquima (callo).
- c) En ciertas células próximas al cambium vascular y al floema se empiezan a iniciar raíces adventicias.

Figura 4.

Desarrollo de la raíz adventicia.



Nota. Adaptado de <https://www.uaz.edu.mx/>, (2019).

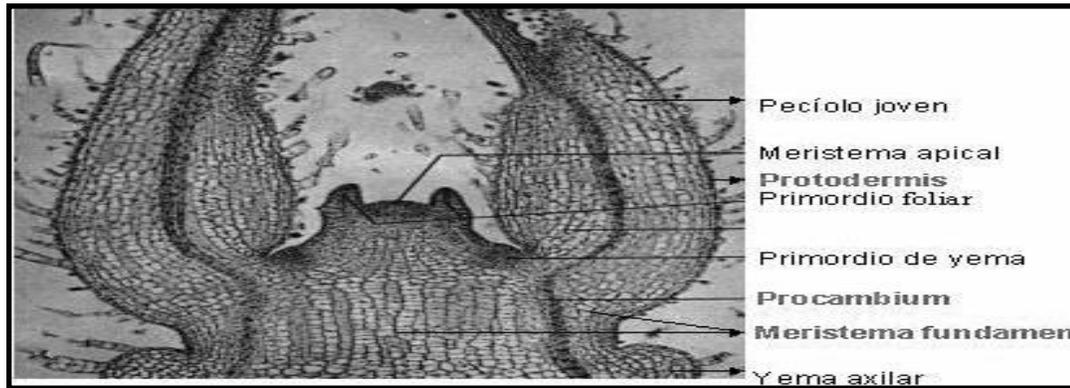
3.8.3.1. Desarrollo anatómico de las raíces

Los cambios que visiblemente se aprecian en el material a propagar son los siguientes:

- Formación de raíces iniciales en ciertas células cercanas a los haces vasculares, las que se han vuelto meristemáticas por diferenciación.
- Desarrollo y emergencia de estos primordios radicales y los tejidos conductores del propio material a propagar.

Figura 5.

Iniciación de primordios de las raíces.



Nota. Adaptado de aulavirtual.agro.unlp.edu.ar, (2019).

Para Hartmann y Kester (1980) citado por Gutiérrez (2012), el proceso de desarrollo de las raíces adventicias en las estacas de tallo puede dividirse en tres fases:

- Iniciación de los primordios de raíz
- Iniciación de raíz preformada
- Callo y emergencia de nuevas raíces

3.9. Bases hormonales para el enraizamiento

Para la iniciación de raíces adventicias, algunas concentraciones de materiales que ocurren naturalmente tienen una acción hormonal más favorable que otras (Torres, 1992 referido por Tinco, 2013).

Para distinguir entre hormonas vegetales y sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas puede decirse que todas las hormonas regulan el crecimiento; pero que no todas las sustancias reguladoras del crecimiento son hormonas. Varias clases de reguladores del crecimiento, como las auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y etileno influyen en la iniciación de raíces en las estacas. Además de estos grupos, existen otros materiales de ocurrencia natural que no han sido bien definidos, como varios inhibidores y estimuladores, pueden desempeñar una parte menos directa en la iniciación de raíces adventicias (Hartman y Kester ,1998 citado por Tinco, 2013).

Torres (1992) mencionado por Gutiérrez (2012), indica que la propagación vegetativa de la especie a propagarse, dependerá del estado de diferenciación de los tejidos, es decir el estado nutricional y estado fisiológico de la planta madre.

3.9.1. Hormonas y/o enraizadores

Son productos que estimula el crecimiento de raíces en estacas, esquejes, brotes, Es un importante complemento que asegura el crecimiento radicular en todo tipo de vegetales (Azcon, J. y Talon, M. 2000).

a) Auxinas

Lugo (2007), indica que las auxinas estimulan la multiplicación y elongación celular en el cambium, la diferenciación del xilema y floema y el crecimiento de las partes florales. Además, mantienen la dominancia apical, retrasan la senescencia de las hojas y la maduración de los frutos, y promueven la producción de etileno y el enraizamiento. Las auxinas también promueven el desarrollo de raíces adventicias en los tallos. Muchas especies leñosas poseen primordios de raíces adventicias preformados en sus tallos, los cuales permanecen latentes por algún tiempo a menos que sean estimulados por una auxina.

➤ Efectos fisiológicos de las auxinas

- **Crecimiento y formación de raíces.** Debido a que las auxinas influyen tanto la división, como el crecimiento y diferenciación celular, están involucradas en muchos procesos del desarrollo, en algunos de ellos interactuando con otras fitohormonas. El proceso de rizogénesis está íntimamente asociado a la división celular. Las auxinas estimulan a la división de células localizadas en el periciclo en la zona justo arriba de la zona de elongación para provocar la formación de raíces laterales.
- **Regulación de tropismos.** Mientras el crecimiento puede ser definido como un proceso irreversible derivado de la elongación celular, los tropismos son movimientos de crecimiento direccionales en respuesta a un estímulo también direccional.
- **Dominancia apical.** La distribución en gradiente de auxina desde el ápice primario hacia la base de la planta reprime el desarrollo de brotes axilares laterales a lo largo del tallo, manteniendo así lo que se denomina como dominancia apical (Thimann 1977 mencionado por Jordan y Cassareto, 2006)

- **Abscisión de órganos.** Las auxinas tienen un efecto general negativo sobre la abscisión de los órganos, retardando especialmente la caída de hojas, flores y frutos jóvenes.
- **Diferenciación vascular.** Las auxinas controlan la división celular en el cambium donde ocurre la diferenciación de las células que darán origen a los elementos de floema y xilema. (Bhalerao *et al.*, 2002).

b) Gibelerinas

Provocan división celular al acortar a la interface del ciclo celular, también promueven elongación celular, siendo la primera y la más activa el AG3 o ácido giberélico (Bosque, 2010).

c) Citoquininas

Son derivados de la adenina y promueven la división celular o citocinesis, estas se activan en el proceso de división celular, interactúan con las auxinas, estas se forman en las raíces y por medio del xilema van hacia las hojas y los tallos hasta llegar a la fuente de las auxinas. Además son llamadas hormonas fitojuveniles debido a que retarda el envejecimiento de las plantas, también activan el transporte de nutrientes (Alegría, 2016).

d) Ácido abscísico

Hernández (2006), manifiesta que es un inhibidor de ocurrencia natural en las plantas; sobre el efecto en la formación de raíces adventicias son contradictorios, aparentemente dependiendo de la concentración y estado nutricional de las plantas maternas puede estimular o inhibir la formación de raíces adventicias. Inhibe el crecimiento; cierra las estomas durante el estrés hídrico; contrarresta la dormancia de semillas.

3.10. Enraizantes naturales

El enraizamiento de segmentos defoliados ocurre fácilmente, ya que el propio ciclo fenológico hace coincidir la producción de hormonas de crecimiento con el periodo de enraizamiento y crecimiento de yemas del segmento (Hartmann y Kester.; 1997. citados por Gutiérrez, 2012).

Condori (2006), informa que con aplicación de enraizadores naturales con extracto de sauce en la propagación vegetativa de Arce (*Acer negundo*) dio mejores resultados. Asimismo, con la aplicación de agua de coco obtuvo un porcentaje de prendimiento de 65%.

Los enraizantes naturales se utilizan en agricultura para favorecer crecimiento de las raíces principales y el desarrollo de un mayor número de raíces secundarias. Son productos muy utilizados sobre todo cuando se van a plantar esquejes ya sean leñosos o herbáceos. En esos casos es esencial que la planta desarrolle un sistema radicular fuerte y sano (tanto para su sujeción como para la absorción de nutrientes), y los enraizantes naturales pueden ser grandes aliados para conseguirlo, (Portal Frutícola, 2019).

Ventajas y desventajas de los enraizadores naturales:

- Son 100% ecológicos y no toma mucho tiempo elaborarlos.
- Los ingredientes son muy económicos y se encuentran fácilmente.
- Los desperdicios de la elaboración pueden ser usados para compost.

Entre los más efectivos se encuentran: la infusión de café, infusión de canela, semillas de soya, semillas de trigo, hojas de sauce, agua de coco, lenteja, miel y aloe vera (Agrohuerto, 2019).

3.10.1. Enraizadores naturales empleados

I. Coco (*Cocos nucifera*)

El coco es el fruto de la planta denominada cocotero es originario del Asia, de donde se ha extendido a todo el mundo. La forma de diseminación por el mundo es todavía incierta, sin embargo, las teorías asociadas a su distribución en zonas pobladas por el hombre son las más aceptadas. Su forma es redondeada, presenta una cáscara externa, correosa o fibrosa, de 4 ó 5 centímetros de espesor, con pelos fuertemente adheridos a la nuez. Le sigue una capa intermedia y fina y otra más dura que dispone de tres orificios próximos entre sí, con una disposición triangular y situados en el ápice (Lizano 2011, citado por Intriago y Andrade, 2014).

Montenegro (2015), manifiesta que debido a componentes tales como azúcares, vitaminas, minerales, electrolitos (como el potasio, magnesio, calcio, sodio y fósforo), enzimas, aminoácidos, citoquininas, y fitohormonas, hacen que el agua de coco sea un producto idóneo para su utilización dentro de la nutrición y fertilización en plantas. Al igual que en la

miel de abeja, la composición del agua de coco varía de acuerdo a la variedad, clima, suelo, y demás condiciones agro meteorológicas, así también por la etapa de madurez en la que se encuentre el fruto.

Cardoze (2014), menciona que el agua de coco tiene componentes tales como azúcares, vitaminas, minerales, electrolitos (como el potasio, magnesio, calcio, sodio y fósforo), enzimas, aminoácidos, citoquininas, y fitohormonas (hormonas naturales). A su vez es muy bajo en calorías y no tiene contenidos grasos, lo cual lo convierte en un alimento excelente.

Tabla 2.

Contenido nutricional del agua de coco

Producto	Contenido
Energía	20 Kcal
Proteínas	0,1 g
Carbohidratos	5,5 g
Lípidos	0,05 g
Sodio (Na)	25 mg
Potasio (K)	160 mg
Cloro (Cl)	20 mg
Calcio (Ca)	5 mg
Fosforo (P)	0,4 mg
Magnesio (Mg)	0,45 mg

Nota. Adaptado por Lucero 2014.

II. Sauce Ilorón (*Salix babilónica L.*)

La distribución natural del Sauce abarca Europa central y septentrional, Siberia y Asia templada. En países como Suecia y Finlandia, existe una vasta experiencia en cultivos a gran escala y además es una de las especies más investigadas en regiones norteadas de

climas invernales fríos de estos países debido a la producción de madera para biomasa y energía (Medina, 1999 citado por Mamani 2016a).

Hojas caducas lanceoladas, de 10 (cm) a 20 (cm) de longitud y de apenas 10 (mm) de ancho, acuminados, cuneados. El margen puede ser ligeramente dentado o enrollado sobre la cara inferior del limbo. Las hojas son de color verde oscuro, glabro por arriba y gris-sedoso por debajo, son extremadamente derechas, estipuladas pequeñas lanceoladas, caedizas. Los amentos femeninos y masculinos son subsésiles y densos. (Red del Mimbre 2001, citado por Mamani 2016a).

Su inflorescencia son flores agrupadas en amentos. Aunque las flores de los sauces producen néctar, se ha demostrado que se polinizan con ayuda del viento. La efectividad de la polinización anemófila parece ser muy variable entre especies asociada posiblemente a la caracterización morfológica de los amentos y de las flores femeninas. (Karrenberg *et al.*, 2002 citado por Mamani, 2016a).

El sauce es una fuente natural de auxinas, contiene gran cantidad de fósforo y potasio. El sauce contiene dos sustancias importantes que ayudara a enraizar, el ácido indolbutírico el cual es una hormona vegetal que estimula el crecimiento de las raíces y el ácido silícico el cual ayuda a proteger al esqueje ante cualquier infección y hongo. Contiene propiedades inherentes, satisfactorias como enraizador, el cual se obtiene al cortar una rama de brotes de sauce, estos brotes deben ser lo más tiernos posible porque ahí es donde se encuentran estos ácidos, (Huertas y jardín, 2014).

Se desojan las ramas, seguidamente se las procede a picar con ayuda de una tijera de podar con 1 cm de longitud y posterior de lo pone en un frasco con una parte de ramitas picadas con dos de agua caliente el cual se deja reposar por 3 días. (Infojardín, 2009 citado por Huanca, 2020).

III. Sábila (*Aloe vera* L.)

Es originaria del continente Africano, habiendo sido introducida al nuevo mundo por los jesuitas españoles en el año 1590. La penca de sábila o Aloe vera, es un nombre aplicado a varias especies de plantas carnosas de hojas muy espesas dispuestas en rosetas apretadas, las que terminan en la época de florecencia en un racimo de flores rojas o amarillas de 2-2,5 cm de longitud, corola caduca y con 6 estambres, ovario trilocular y fruto capsular. Estas plantas pueden medir de 30 a 60 cm de largo. La hoja de Aloe vera, consta de tres capas;

una cubierta exterior verde y sólido, una viscosa jalea en la que se destacan una serie de bultos vasculares atados a la superficie interna de la piel. El Aloe vera contiene dos clases de líquidos en el interior de sus hoja, uno que exuda y es de color amarillo denominado látex y el otro que es un gel denominado mucílago, que es de gran uso comercial (Santos, 2012).

Santos (2012), señala que el gel de Aloe vera contiene alrededor de 99,5% de agua, es rico en mucílagos. Estos se caracterizan por estar formados por ácidos galacturónicos, glicorónicos; unidos a azúcares como la glucosa, galactosa, fructuosa, arabinosa y otros azúcares hidrolizables.

Las hojas contienen heterósidos antraquinónicos (aloína, isobarbaloína, emodina y aloemodina). La pulpa contiene carbohidratos (arabinosa, galactosa, glucosa, manosa y xilosa), enzimas (oxidasa, catalasa, amilasa), resinas, saponinas y ácidos crisofánico, galacturónico y urónico. El extracto acuoso de las hojas contiene aminoácidos, lupeol, camosterol y β -sitosterol. El gel contiene bradicininasas, ácidos orgánicos, esteroides, azúcares, vitaminas y heterósidos antraquinónicos (Cáceres A., 1996; Fetrow y Ávila, 2000).

IV. Lenteja (*Lens culinaris*)

La lenteja es una leguminosa que se cultiva principalmente por sus granos en países en desarrollo. Se utiliza preferentemente para consumo humano, aunque los excedentes y partidas que no cumplen los requisitos para consumo humano se destinan frecuentemente a la alimentación animal. La lenteja presenta simultáneamente altos contenidos en almidón (40%) y proteína (25%). El perfil de aminoácidos esenciales de la proteína muestra una elevada concentración de lisina (7.1%) pero niveles deficitarios de metionina (0,9) y de azufrados totales (1.8%) (FEDNA, s.f.). Los mismos autores señalan que la lenteja es una buena fuente de microminerales como hierro (90 mg/kg) y zinc (30 mg/kg). En cambio es muy deficitaria en calcio, sodio, cloro y magnesio (Cruz, 2021).

La lenteja, es una planta anual herbácea de la familia fabáceas o leguminosas, con tallos de 30 a 40 cm, endebles, ramosos y estriados, hojas oblongas, estípulas lanceoladas, zarcillos poco arrollados, flores blancas con venas moradas, sobre un pedúnculo axilar, y fruto en vaina pequeña, con dos o tres semillas pardas en forma de disco de medio centímetro de diámetro aproximadamente (Villacis, 1991 citado por Calani, 2021).

Las auxinas son producidas por semillas en crecimiento y se difunden de célula en célula se mueven hacia abajo por el floema juntamente con los azúcares y otros compuestos orgánicos (Sánchez, 2009 citado por Calani, 2021).

La lenteja en sus granos posee minerales; como: hierro, potasio, calcio, magnesio, fósforo, zinc y selenio. Además de resultar muy nutritivas, son fáciles de cosechar y favorecen la regeneración del suelo, pues le aportan nitrógeno gracias a las bacterias simbióticas que viven en sus raíces. También son económicas, se conservan bien y combinan con la mayoría de alimentos. (cuerpamente.com, 2020).

Las hormonas vegetales existentes en los granos de lenteja es la auxina y citoquininas participan en el ciclo celular, la auxina estimula la replicación del ADN, mientras que la citoquinina inicia los eventos de la mitosis. (Hernández, 2014).

3.11. Manejo del ambiente

a) Temperatura

La temperatura junto con la humedad relativa son factores decisivos para el éxito del enraizado. Para acelerar la formación de raíces es conveniente que la base del esqueje esté a una temperatura más elevada que la parte aérea. De esta forma se fuerza el metabolismo y la diferenciación que provocará la rizogénesis. La temperatura ambiente óptima para la mayor parte de los esquejes es de 18 a 20 °C. Para disminuir la temperatura del aire en los invernaderos de multiplicación pueden instalarse sistemas de refrigeración activa como los sistemas de enfriamiento y el sistema de verdadera niebla. Ambos sistemas además de disminuir la temperatura aumentan la humedad relativa del aire (Martínez, 2005).

b) Humedad relativa

Mohan (2016), considera que los esquejes deben permanecer erectos e hidratados para la generación exitosa de raíces. Debido a que los nuevos esquejes de tallo no tienen raíces, no pueden absorber suficiente agua para mantenerse con vida. Además, la transpiración contribuye a la desecación. La humedad relativa es importante mantenerla elevada, para minimizar la transpiración y evaporación, que se produce en las estaquillas cortadas, ésta debe mantenerse cerca al punto de saturación 80 %, que se consigue mediante riego por aspersión muy fina o nebulización (Vásquez, 2001).

3.11.1. Micro controladores digitales

i. Arduino

Arduino es una pequeña placa de microcontrolador con un puerto USB para conectar al ordenador y diversos zócalos de conexión que se pueden conectar mediante cableado a todo tipo de componentes, como motores, relés, sensores de luz, diodos laser, altavoces, micrófonos, entre otros (Monk, 2012).

Torrente (2013), Indica que Arduino son tres cosas. Una placa hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra que permiten conectar allí de forma muy sencilla y cómoda diferentes sensores y actuadores. Un Software (más concreto, un “entorno de desarrollo”) gratis, libre y multiplataforma que se debe instalar en el ordenador y que permite escribir, verificar y guardar (cargar) en la memoria del microcontrolador de la placa Arduino en conjunto de instrucciones que deseamos que empiece a ejecutar. Un lenguaje de programación libre. Por “Lenguaje de programación” se entiende cualquier idioma artificial para expresar instrucciones que pueden ser llevadas a cabo por máquinas. Concretamente dentro del lenguaje Arduino, encontramos elementos parecidos a muchos otros lenguajes de programación existentes, así como también diferentes comandos que nos permiten especificar de una forma coherente y sin errores las instrucciones exactas que queremos programar en el micro controlador de la placa. Estos comandos se escriben mediante el entorno de desarrollo Arduino.

Las instrucciones para ser ejecutadas por el Arduino son escritas en Sketch y son cargadas desde el ordenador hasta la placa Arduino mediante el cable USB que posee para que trabaje de forma autómatas y puede alimentarse de energía por el mismo cable USB, o baterías de 9 Voltios, o transformadores a corriente continua que oscilen de 5 Voltios hasta máximo de 20 Voltios.

ii. Sensor de temperatura DHT - 11

El DHT - 11 es un sensor de temperatura digital. A diferencia de otros dispositivos como los termistores en los que la medición de temperatura se obtiene de la medición de su resistencia eléctrica, es un integrado con su propio circuito de control, que proporciona una salida de voltaje proporcional a la temperatura.

La salida del mismo es lineal con la temperatura, incrementando el valor a razón de 10mV por cada grado centígrado. El rango de medición es de -55°C (550milivoltios) o 0,55 Voltios y a 150°C (1500 miliVoltios) o 1,5 Voltios. Su precisión a temperatura ambiente es de 0,5°C.

iii. Sensor de humedad del suelo YL – 69

Los sensores de humedad de suelo pueden leer la cantidad de humedad presente en el suelo que la rodea. Este sensor utiliza dos sondas para pasar la corriente a través del suelo, y luego lee esa resistencia para obtener el nivel de humedad. Más agua hace que el suelo conduzca la electricidad más fácilmente (menos resistencia), mientras que el suelo seco conduce la electricidad pobremente (más resistencia) (Elec freaks, 2015).

Según García (2014), el sensor YI – 69 consiste en dos placas separadas entre sí por una distancia determinada. Ambas placas están recubiertas de una capa de material conductor. Si existe humedad en el suelo se creará un puente entre una punta y otra, lo que es detectado por un circuito de control con un amplificador operacional que es el encargado de transformar la conductividad registrada a un valor analógico que puede ser leído por Arduino. En la salida analógica el nivel de voltaje dependerá directamente de cuanta humedad haya en el suelo. Es decir, dependiendo de cuanta conductividad (producto del agua en el suelo) haya entre las puntas del módulo, así variará el valor entregado por Arduino (entre 0 y 1023).

Para Myrobotself (2016), las lecturas analógicas registradas por Arduino se dividen en tres intervalos que van de 0 a 350, 351 a 600, 601 a 1023, correspondiendo a los estados de humedad, suelo muy mojado, suelo húmedo y suelo seco respectivamente.

La variación de los niveles de sal afecta las lecturas de humedad de los sensores capacitivos (Noreña y Cortés, 2015). Por lo que los instrumentos electrónicos utilizados deben calibrarse para cada suelo debido al contenido de sal y potencial métrico de los diferentes suelos (Plaster, 2000).

4. LOCALIZACIÓN

4.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental Cota Cota, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), que se encuentra ubicada en la zona sur de la ciudad de La Paz, a 15 Km, del kilómetro 0; referencia en la Plaza Murillo. Su situación geográfica es 16°32'09'' latitud sur y 68°03'48,7'' longitud oeste, a una altitud de 3447 m. s. n. m. (Butrón, 2017).

4.1.2. Ubicación área de estudio

Figura 6.

Ubicación del área de estudio, Centro Experimental Cota Cota.



Nota. Extraído de Google earth, (2020).

4.2. Características Climáticas de la zona

El Centro Experimental Cota Cota presenta un clima templado, donde se evalúan las temperaturas promedio acorde a los 3 años anteriores y durante el experimento. Presenta una precipitación media anual de 488 mm, Butrón (2017).

La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 126 mm. SENAMHI, (2019).

Tabla 3.

Característica climática anual evaluado en el centro experimental Cota Cota

AÑO	TEMPERATURA MEDIA	TEMPERATURA MÁXIMA	TEMPERATURA MÍNIMA	HUMEDAD RELATIVA
2017	11,5°C	32°C	-3°C	58%
2018	11,5°C	21,5°C	-0,6°C	46%
2019	17,5°C	31°C	-5°C	60,75%

Nota. Butrón, (2017) y SENAMHI, (2019) <https://senamhi.gob.bo/index.php/clima>.

4.3. Vegetación

En los alrededores del centro experimental Cota Cota se pueden encontrar las especies arbóreas más comunes que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.

Principales especies arbóreas en el centro experimental Cota Cota

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Eucalyptus globulus</i>	Myrtaceae	Eucalipto
<i>Pinus radiata</i>	Pinaceae	Pinos
<i>Cupressus macrocarpa</i>	Cupressaceae	Ciprés
<i>Acacia retinodes</i>	Fabaceae	Acacia
<i>Spartium junceum</i>	Fabaceae	Retama
<i>Bacharis rubricaulis</i>	Asteraceae	Chilca

Nota. Butrón, (2017).

La producción agrícola se realiza a campo abierto mediante la rotación de cultivos y comprende: maíz (*Zea mays*), papa (*Solanum tuberosum*), haba (*Vicia faba*), arveja (*Pisum sativum*), cebolla (*Allium cepa*), beterraga (*Beta vulgaris*) entre otros. En ambientes protegidos (invernaderos) la producción es hortofrutícola: tomate (*Solanum lycopersicum*), lechuga (*Lactuca sativa*), frutilla (*Fragaria vesca*) y otros (Butrón, 2017).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material biológico

- 250 esquejes de saúco
- Enraizador, infusión de Saúce remojo de esquejes por 10 min
- Enraizador, agua de Coco (100% de pureza) remojo de esquejes por 15 seg
- Enraizador, extracto de Sábila (100% de pureza) remojo de esquejes por 10 min
- Enraizador , extracto de Lenteja remojo de esquejes por 5 min

5.1.2. Material de campo

- Cámaras de enraizamiento
- Micro controlador Arduino
- Sensores de temperatura y humedad
- Marbetes
- Hilo
- Nylon
- Papel periódico
- Tijera podadora
- Sustrato (arena fina previamente desinfectada)
- Sustrato (turba, tierra, arena)
- Material de jardinería
- Bolsas de polietileno para plantines
- Hipoclorito de sodio al 5 %

5.1.3. Material de escritorio

- Computadora portátil
- Tablero
- Cuaderno de registro
- Marcador indeleble
- Regla, vernier

5.2. Metodología

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque de tipo cuantitativo, (Hernández, Fernández, y Baptista 2010).

5.2.1. Procedimiento de investigación

Se realizó a través de la planificación de las actividades necesarias para dar cumplimiento de la investigación. En esta fase se eligió la documentación que conformó el marco conceptual para definir las categorías principales y las dimensiones de cada una.

a. Preparación del ambiente

El estudio fue implementado en el vivero multipropósito, en el Centro Experimental Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía. Primero se acondicionó un área en el vivero multipropósito para la construcción de almacigueras, con un área de 0,83 m² que se observan en la figura 7, con un total de dos camas de enraizamiento se empleó un marco de madera forrado de 0,10m de alto con bolsa plástica (agro film de 250 micras), para dar el aspecto de una micro carpa evitando el daño por heladas y muerte de los esquejes debido a las temperaturas bajas en ese momento donde se instaló la cámara de enraizamiento.

Las dimensiones fueron de 0.94m de alto, 1,26m de largo y 0,66m ancho con un área de 0,83 m² de área para el almácigo. La finalidad del plástico en la almaciguera fue la retención de agua y conservación de humedad evaluados mediante sensores y termómetros de agua normales.

Mendoza (2010), recomienda que para realizar el enraizamiento, antes de colocar el sustrato se debe introducir al menos 5 cm de arena corriente más cascajo para drenaje y posteriormente colocarse el sustrato de 25 cm de altura.

Figura 7.

Cama de enraizamiento.



b. Recolección e identificación del material vegetal

La recolección de los esquejes se realizó en el mes de mayo del 2019 cuando las plantas madres se encontraba en etapa de dormancia, (finalizando la estación de otoño); la recolección se realizó en las horas de la tarde donde existía menos calor y se los transportó protegiendo sus condiciones fisiológicas y se trasladó al área de estudio. Al momento de cortar las ramas o guías de las cuáles se extrajeron los esquejes fué durante el reposo invernal. De esta manera las reservas acumuladas en el tallo serán destinadas a la producción de raíces y no a la brotación.

La obtención de esquejes de saúco utilizados en el presente estudio provienen de zona urbanización Rosas de Calacalani D-19 de la zona sur colindante con Palca y la calle 8 de Obrajes D-18, (ciudad de La Paz).

Para la preparación de esquejes de saúco, se tomó en cuenta ramas con un diámetro similar al grosor de un lápiz preferentemente las que se encuentra en las partes intermedias, eliminando el entrenudo terminal al ser propenso a marchitamiento, extraídos de árboles de un estimado de 12 años, un total de 300 estacas en secciones de 0,25 a 0,40 m. Con un número de 3 a 6 yemas.

Se realizó la envoltura de los esquejes en papel periódico húmedo rociados con agua para evitar el “estrés” fisiológico que podrían sufrir en el periodo de corte del material vegetal y su

posterior almacenaje en una bandeja de plástico de 50 x 30 cm y de 30 cm de profundidad por el lapso de 24 horas hasta su establecimiento en el propagador.

Por lo general, no se recomienda propagar las estacas muy lignificadas o cercanas a la base del brote, ya que presentan mayor dificultad para enraizar (Saboya, 2010 citado por Laura 2014).

c. Preparación y desinfección del sustrato

Para la preparación del sustrato para los esquejes de saúco, se requirió un sustrato compuesto principalmente de turba 40%, tierra 40% y arena 20%. Con una relación de (2:2:1).

- Previo a la utilización del sustrato se realizó la desinfección, se emplea 0,04 (l) de formol al 40% de concentración, diluidos en 20 (l) de agua. Una vez preparada la solución, se procedió al regado del sustrato elaborado, se repite la operación hasta terminar la solución. Es apropiada la remoción del sustrato cada vez que se realiza la aplicación.
- Concluido el proceso de desinfección se cubre el sustrato con plástico por espacio de cuarenta y ocho horas con el objetivo de eliminar la población de patógenos y evitar que los gases producidos se evaporen, se retiró el agro film y se removió el sustrato, dejándolo airear durante tres días, después de los cuales su uso es apto para los diferentes tratamientos a experimentar en sus combinaciones respectivas.

5.2.2. Preparación y tiempos de inmersión en los enraizantes naturales

Se realizó la aplicación de los enraizadores en camas ya preparadas con el sustrato, regados a capacidad de campo, posterior a la desinfección, con el remojo de cada esqueje recubriendo los “chichones” denominada parte basal a 4 cm.

Se evaluó un total cinco tratamientos incluidos el testigo que se observan en la siguiente tabla.

Tabla 5.

Descripción de los Tratamientos

Factores en estudio	Tratamiento	Descripción
TESTIGO	T0	T0 = Esquejes sin aplicación de ningún enraizante para factores de evaluación.
INFUSIÓN DE SAUCE	T1	T1 = remojo de esquejes por espacio de 10 minutos.
AGUA DE COCO	T2	T2 = remojo de esquejes por espacio de 15 segundos en el agua de coco.
EXTRACTO DE SÁBILA	T3	T3 = remojo de esquejes por espacio de 10 minutos en el extracto de sábila.
EXTRACTO DE LENTEJA	T4	T4 = remojo de esquejes en el extracto de lenteja por espacio de 5 minutos.

Nota. Los datos se obtuvieron evaluando diferentes investigaciones (Elaboración propia).

- **Infusión de saúce (T1)**

Para el caso del T1 sauce se evaluó el procedimiento de Condori, (2020). Se recolectaron ramas de buen porte de un árbol de la calle 30 de Cota Cota en la entrada del centro experimental y la calle 30 de Cota Cota, previa autorización de la zona explicando que los mismos serán para un propósito de investigación, obteniendo en su totalidad un peso de 4 kilos, los mismos se defoliaron reservando solo sus hojas y no así las ramas se procede a su pesaje en una balanza analítica.

Se dejó hervir 5 (l) de agua a una temperatura de 91 °C, que posteriormente se añadirán en un balde de plástico reciclado de 20 (l), se procederá a agregar los 2 kilogramos de hojas de la especie salix (sauce llorón) por espacio de 30 minutos, el mismo sellado de manera hermética con una tapa de la parte superior. Transcurrido el tiempo se procede a su destapado; la infusión pasa al proceso de enfriamiento esta se filtrará por una coladera simple y se reservará para el momento de la aplicación en los esquejes.

En este paso se procede a la preparación de cama de enraizamiento con el sustrato ya desinfectado y la sumersión de los esquejes de saúco (*Sambucus nigra* L.) Por espacio de

10 minutos transcurrido este tiempo se procede al plantado de los esquejes en las camas de enraizamiento.

- **Agua de coco (T2)**

En el caso del T2 agua de coco se empleó dos cocos verdes de tamaño mediano que se obtuvieron del Mercado Rodríguez, de los cuales se extrajo el agua de coco con un nivel de pureza del 100 % obteniendo un volumen aproximado de 500 ml que se colocaron en un recipiente de plástico rectangular de 30cm x 40cm de una capacidad de 2 (l) se procede a la inmersión de las estacas de saúco (*sambucus nigra* L.), por espacio de 15 segundos evaluados con un cronómetro de reloj de mano en dos grupos divididos de 25 esquejes por recipiente.

- **Extracto de sábila (T3)**

En el caso del T3 sábila (*aloe vera* L.) se cosecharon 4 hojas de tamaño mediano obtenidas del jardín propio que se cortaron de la base, se procedió al fileteado de la parte superficial de la hoja con ayuda de un cuchillo, con sumo cuidado se extrae toda la sustancia acuosa interna que se encontraba en cada hoja. Se extrae el cristal de aloe se fracciona en pequeños trozos y se colocan en un envase dejando reposar con 0,3 (l) de agua mineral por un rango de 5 minutos, pasado este tiempo se procesa el cristal de aloe con el agua mineral obteniendo 0,5 (l) de esta sustancia acuosa.

En el gel de aloe procesado pasaran a sumersión los esquejes de saúco (*sambucus nigra* L.). En una bandeja rectangular de 0,30m x 0,40m por un periodo de 10 minutos aproximadamente divididos en dos grupos de 25 unidades para su posterior plantado en las camas de enraizamiento.

- **Extracto de lenteja (T4)**

Para la germinación de semillas de lenteja se seguirá los siguientes pasos; descritos por Quimbita, A. (2013) citado por Yumbopatín (2017).

Para obtener el enraizador del extracto de granos de lenteja T4 era necesario lograr su germinación y fermentado para lo cual se procedió al remojo de 500 g de la semilla de lenteja roja mediana, adquirida del Mercado Rodríguez en la ciudad de La Paz, se procede a un remojo de activación e hidratación de las semillas por 12 horas en agua, se filtra el agua y pasa a su remojo en 2 (l) de agua en un envase por un lapso de 7 días tapados con un

pañó traspirable, con cambios de agua día por medio alejados de la luz del sol en una temperatura de 11 °C aproximadamente. Al observar su germinación y la emergencia de sus radículas en la mayoría de las semillas se procedió a su procesado obteniendo un líquido parecido a una pasta que se filtró por un colador común obteniendo en un envase 0,2 (l) de extracto de lenteja.

En la obtención del extracto, se precede a la inmersión de los 50 esquejes de saúco (*sambucus nigra* L.), en una bandeja rectangular de 0,30m x 0,40 m divididos en dos grupos, cada uno por un espacio de 5 minutos. Luego fueron plantados en las camas de enraizamiento.

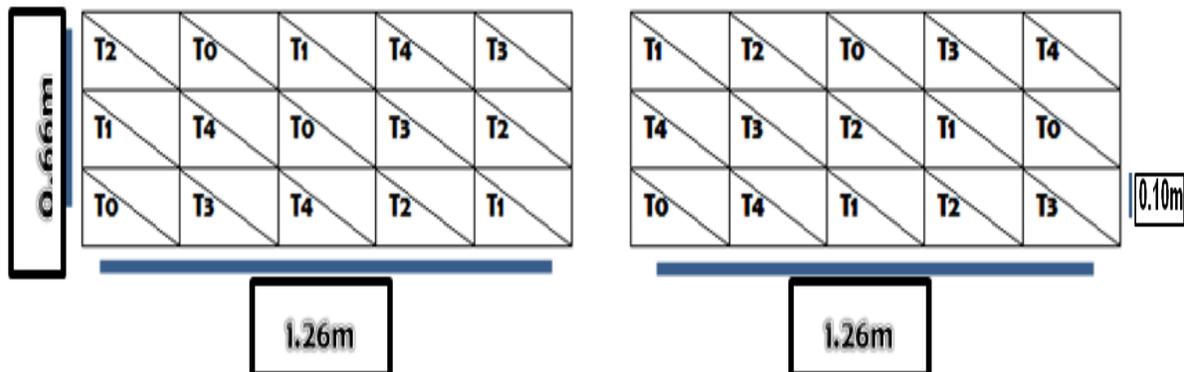
5.2.3. Siembra de esquejes y repique

Se procedió al plantado de los 250 esquejes inclinados a 45° divididos en dos camas de enraizamiento de 0,83m², con el sustrato elaborado, cubiertas con yute evitando el “endurecimiento” de los esquejes debido a las heladas en el mes de junio por 15 días, al evaluar ya el proceso de enraizamiento al realizar la extracción de 5 esquejes de cada tratamiento a evaluar siendo estos; el testigo absoluto, sauce, coco, sábila y lenteja en orden aleatorio.

La distribución de tratamientos se detalla en la siguiente figura

Figura 8.

Distribución de unidades de estudio.



Nota. Elaboración propia

El repicado es una actividad intermedia entre la siembra y el trasplante. Podría llamarse trasplante; pero no, el repicado es una labor intermedia. Consiste en extraer los esquejes de las camas de enraizamiento hacia las platabandas a unas macetas que contenga un buen sustrato, de forma que los esquejes enraícen lo mejor posible y crezcan en condiciones controladas. Cuando estén más desarrolladas y se encuentren en buenas condiciones, serán trasplantadas al lugar definitivo.

El repique se realizó en la tarde, para que los plantines tengan un lapso de recuperación por horas de la noche. Se procedió a la extracción de los esquejes, tirando con delicadeza la misma, evaluando la variable longitud de raíces, en las bolsas ya preparadas con el sustrato desinfectado se realizó un hoyo del diámetro de un lápiz, a una profundidad estimada evitando doblar la raíz apisonando de los laterales para conjugar la raíz con el sustrato con mucha delicadeza.

En el recipiente donde coloquemos los esquejes, hay que procurar que las raíces queden hacia abajo y no torcidas hacia arriba. Tras el repicado, se coloca a la sombra los esquejes para que el sol no las queme por el efecto lupa por gotas de agua que hayan quedado.

La clave para evitar el estrés del plantado es comenzar con esquejes que han sido muy bien regadas y luego proporcionarles más agua inmediatamente después del trasplante.

5.2.4. Plantado de esquejes

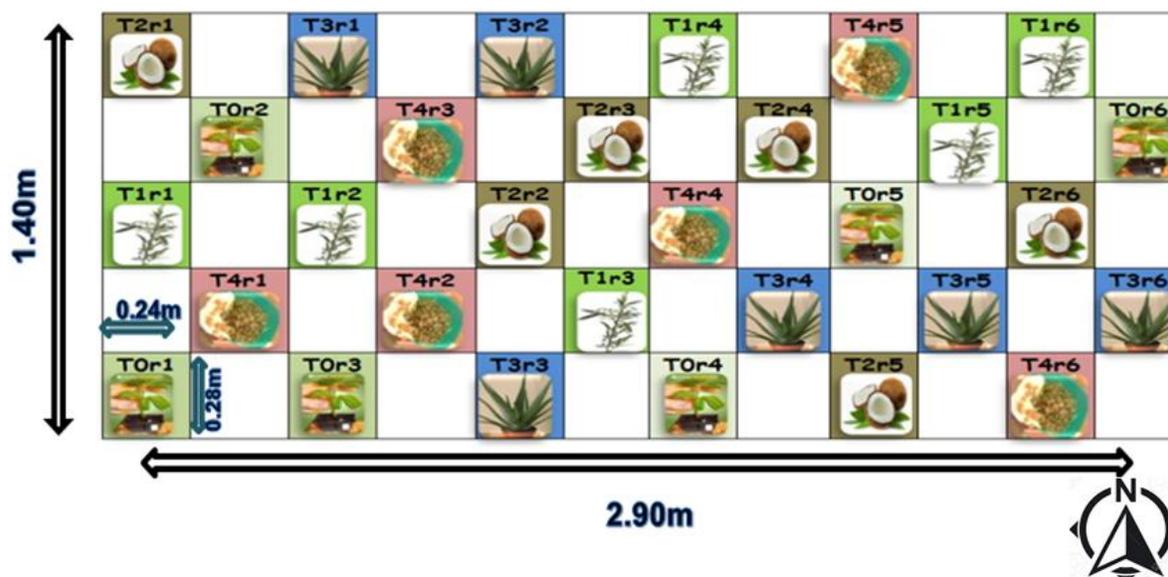
Al evaluar la longitud de raíz eficiente en esquejes se consideró su repique, con la extracción de esquejes de los almácigos en dos platabandas de dimensiones 2,90 m x 1,40 m cada una, con espacios de 0,24m x 0.28m por tratamiento en cada cuadrante, se procedió a la siembra respectiva de 8 esquejes de saúco con una inclinación de 90° en fundas de polietileno de (250 micras), en sustrato ya preparado, se procedió a su marbeteado y registro de datos.

Se tomó en cuenta la evaluación de cada uno con sumo cuidado en el criterio de que las raíces fueron delicadas y quebradizas en el inicio de su desarrollo.

La distribución de tratamientos en platabandas se detalla en la siguiente figura

Figura 9.

Distribución de tratamientos en platabandas



Nota. Elaboración propia

5.2.5. Actividades post establecimiento

Posterior a la aplicación de enraizadores en los esquejes se tomó muy en cuenta considerar requisitos básicos para que se logre el desarrollo de las raíces, para lo cual. Se empleó evaluaciones con Arduino registrando la temperatura y humedad del suelo y ambiente, manteniendo la sombra con condiciones estimadas de un 80 a 90%, a fin de estimular la formación de primordios radiculares requisitos indispensables para su desarrollo, y su respectivo etiquetado para una evaluación certera y eficiente.

5.2.6. Proceso de toma de datos registrados en planillas

Una vez establecido el experimento en platabandas con dimensiones de 2.90m x 1,40m se procedió al registro de datos en planillas a los 45, 75 y 90 días de la aplicación del enraizante a los esquejes que fueron acorde a cada tratamiento, y plantado en el sustratos preparados y desinfectados con formol al 40%, en las bolsas de polietileno, para los plantines. Proceso en el cual será crucial el cuidado y mantenimiento de los plantines en un espacio de 150 días aproximadamente.

5.3. Procedimiento experimental

5.3.1. Diseño experimental

La evaluación se realizó con un diseño completamente aleatorio (DCA) con 5 tratamientos y 3 repeticiones y subunidades de 8 teniendo como un total de 120 Unidades experimentales por cama de enraizamiento.

- **Modelo estadístico**

El modelo estadístico del diseño completamente aleatorio (DCA) es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Media general

α_i = efecto de los tratamientos

ϵ_{ij} = error experimental asociado a las 30 unidades experimentales con cada unidad experimental conformado por 8 subunidades experimentales.

5.3.2. Tratamientos

Los tratamientos que se emplearon para la investigación se detallan en la siguiente tabla

Tabla 6.

Tratamientos planteados

TRATAMIENTO	ENRAIZADORES
T0	Testigo
T1	Infusión de sauce
T2	Agua de coco
T3	Extracto de sábila
T4	Extracto de lenteja

- Unidades experimentales por platabanda: 120
- Número de tratamientos: 5
- Número de repeticiones: 3
- Número de subunidades: 8
- Área total de cada unidad: 0.06 m²
- Número total de esquejes por tratamiento: 24

Nota. La distribución se realizó de acuerdo a un diseño completamente al azar DCA

5.3.3. Variables de respuesta

Para evaluar el siguiente estudio, se determinaron 8 variables de respuesta descritas a continuación:

5.3.3.1. Tiempo de enraizamiento

Se tomó en cuenta el factor tiempo, registrados en días calendario en un rango de 90 días en respuesta a evaluaciones parciales de las unidades experimentales acorde a cada tratamiento y repetición para el encañado de los esquejes que permitieron el desarrollo de la raíz principal y brotes de las ramas y hojas de los plantines.

5.3.3.2. Número de raíces por esqueje

Se define al número de raíces que presenta cada esqueje que prendió posterior al repique. Se evaluó en dos intervalos para más veracidad de su desarrollo, el primero a los 120 días, el segundo y final a los 150 días. En base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición.

5.3.3.3. Porcentaje de enraizamiento acorde al enraizante natural (%)

Se evaluó el mismo al final del experimento, contándose el número de esquejes enraizados en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición. Se consideró como esquejes enraizados al que presento al menos la raíz de 1 cm de longitud evaluados a los 15 días hasta los 90 días.

$$\%E = \frac{\text{ESQUEJES ENRAIZADOS}}{\text{ESQUEJES PLANTADOS}} \times 100$$

5.3.3.4. Longitud radicular

Se evaluó al final del experimento, midiendo con un vernier milimetrado, evaluando la raíz, aquella que es de longitud mayor en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición.

5.3.3.5. Porcentaje de plantado efectivo (%)

La evaluación se realizó a partir de los 40 días del repique, evaluando ya los plantines en bolsas con sustrato desinfectado con toma de datos en lapsos de 15 días tomando en cuenta la sobrevivencia de las plantines que ya tenían una raíz determinada.

5.3.3.6. Número de plantines aclimatados

Se evaluó en el rango de cantidad de esquejes prendidos en el sustrato ya evaluados en su trasplante a las bolsas de polietileno, sobre el total de esquejes plantados, la variable se evaluó de manera íntegramente visual de aquellos bien prendidos y que no presentaron inconvenientes en su desarrollo, en el número de plantas y/o esquejes prendidos sobre el total de esquejes a prueba dentro de cada tratamiento obteniendo un total se llegó a evaluar un dato único.

5.3.3.7. Número de brotes

Se consideró como brote a aquella formación foliosa ramificada que alcanzo al menos los 0,005m de longitud. Controlando los mismos en intervalos de 15 días y a los 90 días.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

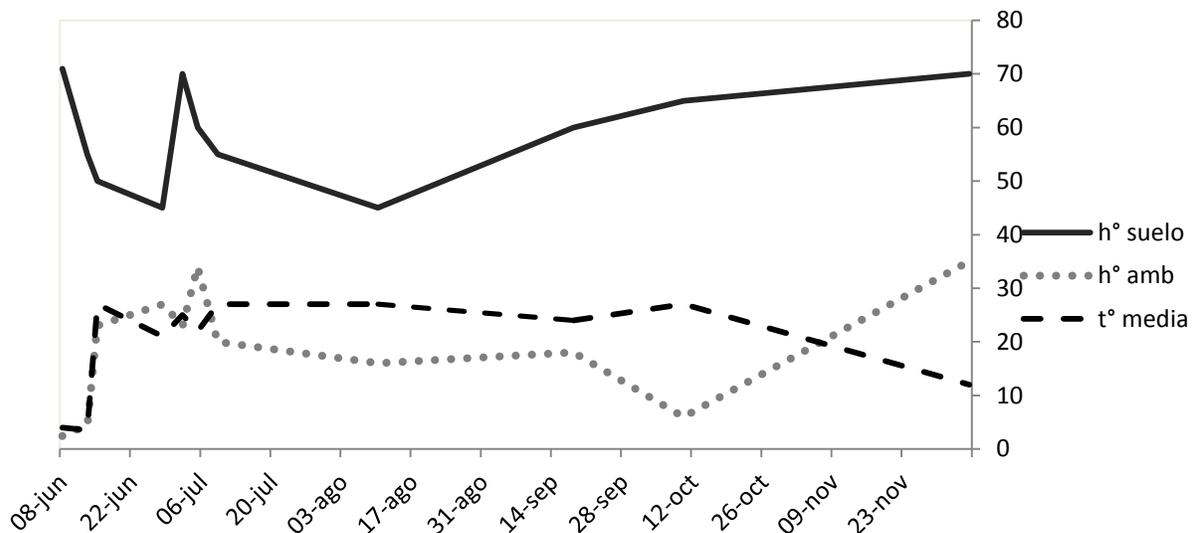
El presente trabajo de investigación la evaluación del enraizamiento de saúco (*sambucus nigra* L.) bajo el uso de enraizadores naturales para la producción de plantines se detalla a continuación los resultados obtenidos.

6.1. Aspectos agro climatológicos

Las temperaturas medias, humedad ambiental y humedad del suelo registradas con micro controlador Arduino se observan en el Gráfico 1, en fecha 8 de junio de 2019, se inició el registro y la respectiva plantación de esquejes de saúco en las platabandas. Se pudo evidenciar que en los meses de junio y fines de julio se registró una temperatura mínima promedio de 5.6°C y una temperatura media promedio de 19.5°C y a partir de los meses de agosto a diciembre tiende a mejorar significativamente con un temperatura mínima promedio de 11,9 °C y una temperatura media promedio de 23°C.

Gráfico 1.

Temperaturas medias, humedad ambiental y humedad del suelo registrados en el trabajo de campo (junio a noviembre de 2019).



Nota. Todos los datos fueron registrados con sensores del microcontrolador Arduino.

Es preciso mantener siempre un equilibrio entre los factores que influyen en la fotosíntesis, luz, temperatura, hidrometría y contenido de anhídrido carbónico de la atmosfera (Cuisance, 1988 mencionado por Tinco, 2013).

Las temperaturas excesivas del aire tienden a estimular el desarrollo de las yemas con anticipación al desarrollo de las raíces y a aumentar la pérdida de agua por las hojas, hecho indeseable para la propagación, ocurre también el aumento de la transpiración, provocando necrosamiento, aumentan la respiración de los tejidos, provocando un agotamiento de las reservas nutricionales mientras que bajas temperaturas reducen el proceso fotosintético y disminuyen el metabolismo de las estacas, llevando a un mayor tiempo para el enraizamiento o, incluso aun, proporcionando condiciones inadecuadas para que ocurra desarrollo y crecimiento radicular,(Hartmann y Kester, *et al.*,1996 citado por Torres, 2003).

Las temperaturas entre 21°C y 27°C son satisfactorias para lograr el enraizamiento en la mayoría de las especies forestales algunas enraízan mejor a temperaturas bajas y se debe evitar la temperatura del aire demasiado alta. Las temperaturas mínimas fluctúan entre 5,0 y 6,0 °C lo que favorece la rizogénesis; ya que las tasas de evaporación son menores, y la capacidad de retención de agua del aire (humedad) es dependiente de la temperatura, por lo cual las temperaturas bajas ayudan a evitar el estrés hídrico al mantener una humedad relativa alta. (Hartmann y Kester, *et al.*, 1996 citado por Mamani, 2016b).

Experiencias con otras especies tropicales evidencian que, la temperatura óptima del aire que favorecen al enraizamiento es de 20 a 25 °C, aunque temperaturas hasta 30 °C son aceptables (Leakey y Mesén 1991 citado por Céspedes 2014).

Flores (2010), efectuó un estudio de enraizamiento en cámaras de sub-irrigación, indica que la variación de temperatura fue de 21.9°C al interior de la cámara, por lo que afirmó que las condiciones del microclima en el interior del propagador fueron apropiadas para alcanzar los altos porcentajes de 66.5% en enraizamiento del Ishpingo (*Amburana cearensis*).

En el factor humedad, la efectividad del propagador de subirrigación radica en su capacidad de mantener una alta humedad relativa y baja déficit de presión de vapor, manteniendo así la

turgencia foliar de las estacas (Gay y Loach, 1977; Grange y Loach, 1983 referido por Laura, 2014).

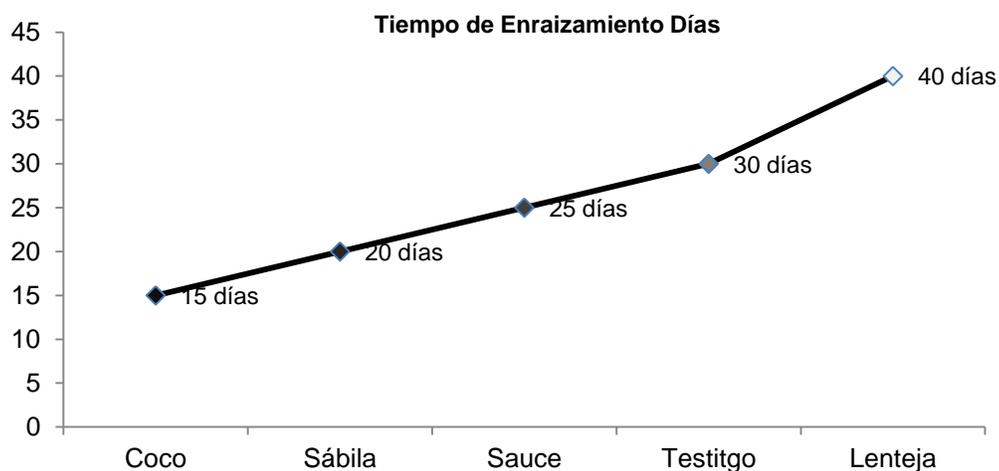
Laura (2014), menciona que las variaciones en humedad relativa están asociadas a variaciones en irradiación (intensidad lumínica) y su efecto sobre la temperatura; los aumentos en la irradiación van seguidos de disminuciones en la humedad relativa y viceversa. Experiencias con otras especies tropicales que cuando se mantiene una humedad relativa cercana al 95% hay mayor probabilidad de enraizamiento.

6.2. Tiempo de enraizamiento

Para el variable tiempo de enraizamiento que se presenta en el gráfico 3, se tomó en cuenta los días calendario registrados en un total de 40 días. Los resultados fueron de 15 días para el T2 (agua de coco), 20 días para el T3 (extracto de sábila), 25 días T1 (infusión de sauce), 30 días el T0 testigo y 40 días el T4 (extracto de lenteja). En observación de encallado de los esquejes y una longitud promedio de 3,2 cm, el de mayor respuesta fue el T2 agua de coco y el menor con un promedio de 1cm para el T4 extracto de lenteja.

Gráfico 2.

Tiempo de enraizamiento.



Nota. Elaborado en Microsoft Excel.

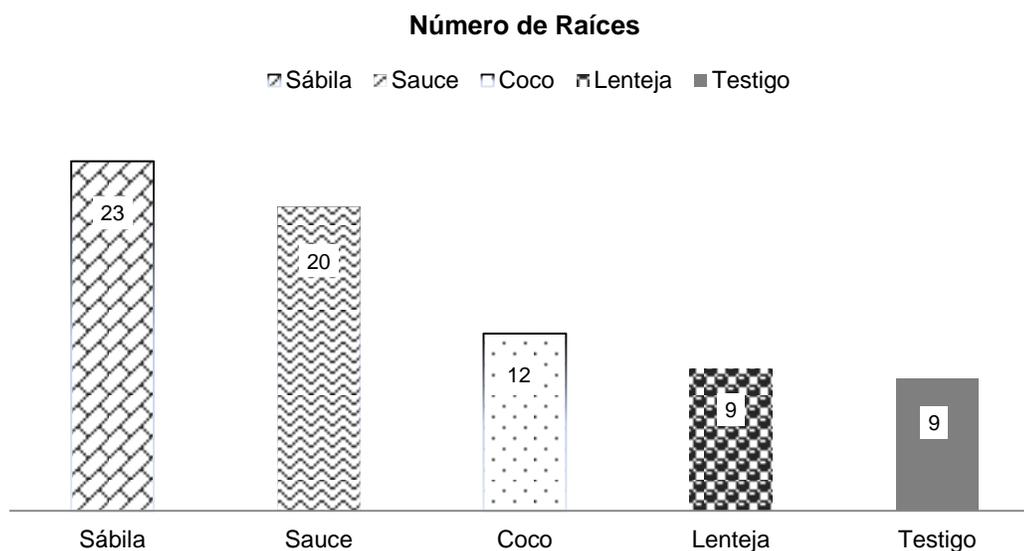
6.3. Número de raíces

En el gráfico 3, se observa que los tratamientos T3 (extracto de sábila) obtuvo la cantidad más alta con 23 raíces, el T1 (infusión de sauce) con 20 raíces, el T2 (agua de coco) con 12 raíces, el T4 (extracto de lenteja) con 9 raíces y el T0 (testigo) con 9 raíces.

Gutiérrez (2013) logró obtener un número de raíces de 3 a 4 por esqueje de ligustro esto con enraizador de sauce. Mientras que Mostacero (2020), logró obtener un número de raíces de 7,2 a 8,2 esto con enraizadores químicos en croto. En el experimento realizado se obtuvo un número de raíces de 8.67 a 23 por esqueje, el número de raíces fue evaluado en dos intervalos de 120 días y el final a los 150 días, esto nos indica que se obtuvo buenos resultados.

Gráfico 3.

Evaluación del número de raíces.



Nota. Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

Puede que estos resultados se deban a las características fisiológicas del esqueje y la influencia en su gran mayoría de los enraizadores. El principio anatómico de enraizadores naturales en el momento en que un esqueje es preparado procede, a preparar una o más

yemas (sistema potencial) y de una porción de tejido diferencial que es aéreo o subterráneo sin sistema radicular formado.

Fachinello y Mattel (2000), mencionan que el principio anatómico del enraizamiento en el momento en que una estaca o esqueje es preparada, consiste de una o más yemas (sistema área en potencia) y de una porción del tejido diferencial aéreo o subterráneo sin sistema radicular formado. Las raíces formadas en los esquejes o estacas serán por tanto una respuesta al traumatismo producido por el corte.

Tabla 7.

Análisis de varianza del número de raíces evaluados a los 120 y 150 días.

NÚMERO DE RAÍCES					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	513,73	4	128,43	17,84	0,0002
TRAT	513,73	4	128,43	17,84	0,0002**
Error	72,00	10	7,20		
Total	585,73	14			
CV	18,46				

Nota. Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

Para la variable número de raíces tabla 7, se encontraron diferencias altamente significativas en la fuente de variación de tratamientos de los enraizadores naturales siendo resultados confiables según Ochoa. Obteniendo como coeficiente de variabilidad de 18,46% el cual nos indica que estadísticamente hubo un buen manejo de unidades experimentales.

Tabla 8.

Análisis de medias del número de raíces.

TRAT	Medias	n	E.E.	
T3 SABILA	23,00	3	1,55	A
T1 SAUCE	20,00	3	1,55	A
T2 COCO	11,67	3	1,55	B
T4 LENTEJA	9,33	3	1,55	B
TO TESTIGO	8,67	3	1,55	B

Nota. Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

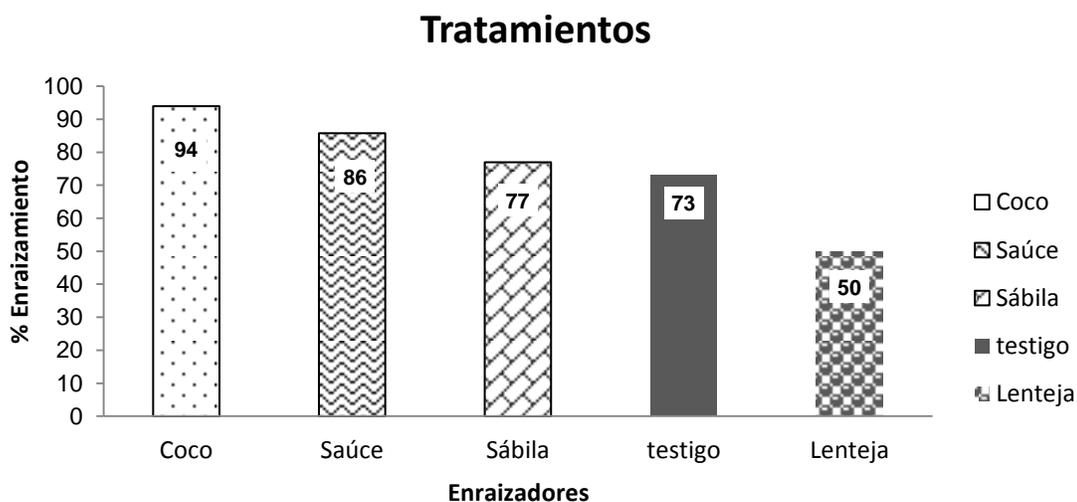
En la tabla 8, el número de raíces en las esquejes de saúco se observan dos grupos homogéneos según la alineación de la letra, no existen diferencias significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna.

6.4. Porcentaje de enraizamiento

En el gráfico 4 se observan los siguientes porcentajes: T2 agua de coco que obtuvo un 94%, seguido del T1 infusión de sauce con un 86%, el T3 extracto de sábila de 77%, el T0 que es el testigo con un 73% y al final el extracto de lenteja con un 50% de respuesta.

Gráfico 4.

Porcentaje de enraizamiento acorde al enraizante natural.



Nota. Elaborado en Microsoft Excel.

Se puede señalar que los resultados obtenidos se deben a las condiciones de humedad, pH y temperatura en el proceso de rizogénesis de los esquejes además de la obtención del material vegetal de plantas madre juveniles.

También podría atribuirse a los sustratos utilizados, como también la época de recolección de las estacas realizada en otoño; que según Martínez (1995), recomienda como la mejor época de recolección en otoño e invierno para esta especie.

En la tabla 9, se observa una diferencia altamente significativa $p < 0.01$ entre los tratamientos, por lo tanto existe una alta influencia de los tratamientos en la variable porcentaje de enraizamiento.

Tabla 9.

Análisis del porcentaje de enraizamiento (%).

% ENRAIZAMIENTO					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6567,53	4	1641,88	16,66	<0,0001
TRAT	6567,53	4	1641,88	16,66	<0,0001 **
Error	2464,33	25	98,57		
CV	13,05				

Nota. Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

En la tabla 10, se observa que existe una respuesta favorable con cualquier enraizante incluyendo el testigo sin aplicación de enraizantes a excepción del extracto de lenteja. El análisis de varianza para el Coeficiente de variación de 13,05 el cual indica buena precisión del experimento obteniendo buenos niveles de confiabilidad en un periodo de 90 días.

Tabla 10.

Prueba de medias para el porcentaje de enraizamiento (%)

TRAT	Medias	n	E.E.	
T2	94,00	6	4,05	A
T1	85,67	6	4,05	A B
T3	77,33	6	4,05	B C
TO	73,17	6	4,05	C
T4	50,17	6	4,05	D

Nota. Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

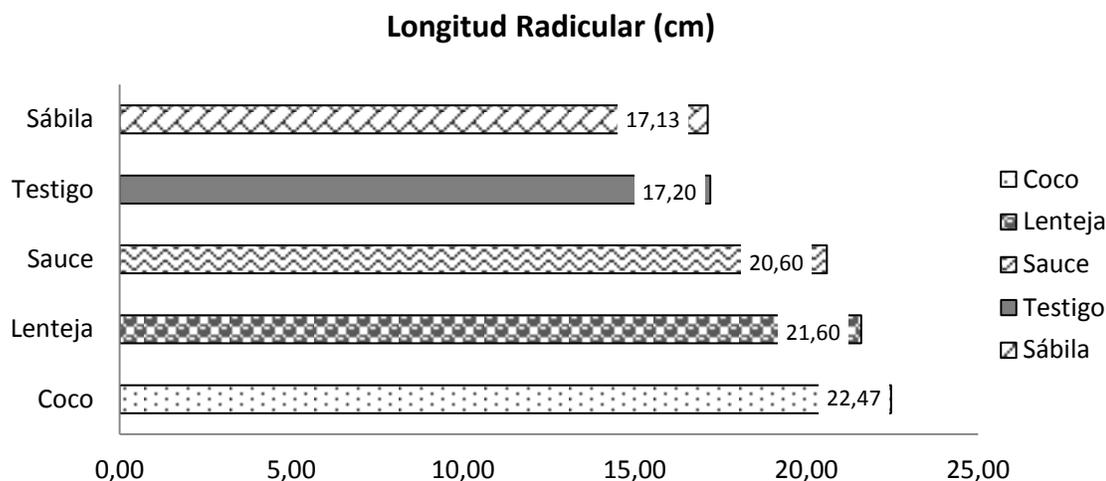
Los porcentajes evaluados de mayor a menor, en el cual se evidencio que el T2 agua de coco y el T1 infusión de saúce obtuvo mejor respuesta en el porcentaje de enraizamiento.

6.5. Longitud radicular

En el gráfico 5, se observa diferencias significativas a los 150 días respecto a la elongación radicular, donde; el T2 (Agua de coco) obtuvo una extensión radicular superior de 22,47cm, seguido del T4 (Extracto de lenteja) de 21,6cm de longitud, el T1 (Infusión de sauce) de 20,6cm, el T0 (Testigo) 17,2cm y finalmente el T3 (Extracto de sábila) de unos 17,13cm de longitud.

Gráfico 5.

Longitud radicular evaluada en (cm).



Nota. Los datos se procesaron con el programa estadístico INFOSTAT.

Espejo (2015), en esquejes de queñua obtuvo una longitud de raíz de 9,08 y 7,46 cm con enraizadores naturales de agua de coco y germinado de lenteja. Quispe (2013), en esquejes de queñua obtuvo una longitud de raíz de 10,25 cm y 10,19 cm con enraizadores químicos, con enraizantes naturales en esquejes de saúco desarrolla un mayor crecimiento de raíz con resultados de 13.2 cm y 16.1 cm.

Tabla 11.

Análisis de varianza longitud radicular (cm) evaluados a los 120 y 150 días.

LONGITUD RADICULAR					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	74,59	4	18,65	2,92	0,0774
TRAT	74,59	4	18,65	2,92	0,0774*
Error	63,95	10	6,40		
Total	138,54	14			
CV	12,77				

Nota. Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

En la tabla 11, se encontraron diferencias significativas en la fuente de variación de tratamientos de los enraizadores naturales. Obteniendo como coeficiente de variabilidad de 12,77% el cual nos indica que estadísticamente hubo un buen manejo de unidades experimentales.

Tabla 12.

Análisis de varianza de la longitud radicular (cm).

LONGITUD RAIZ						
TRAT	1	2	3	SUMA	MEDIA	VARIANZA
TO TESTIGO	19,5	17,6	14,5	34	17	13
T1 SAUCE	23,5	19,8	18,5	61,8	21	7
T2 COCO	24,7	18,8	23,9	67,4	22	10
T3 SABILA	17,5	18,4	15,5	51,4	17	2
T4 LENTEJA	24,5	20,5	19,8	64,8	22	6
				279,4	20	
			F MAX	5,7		

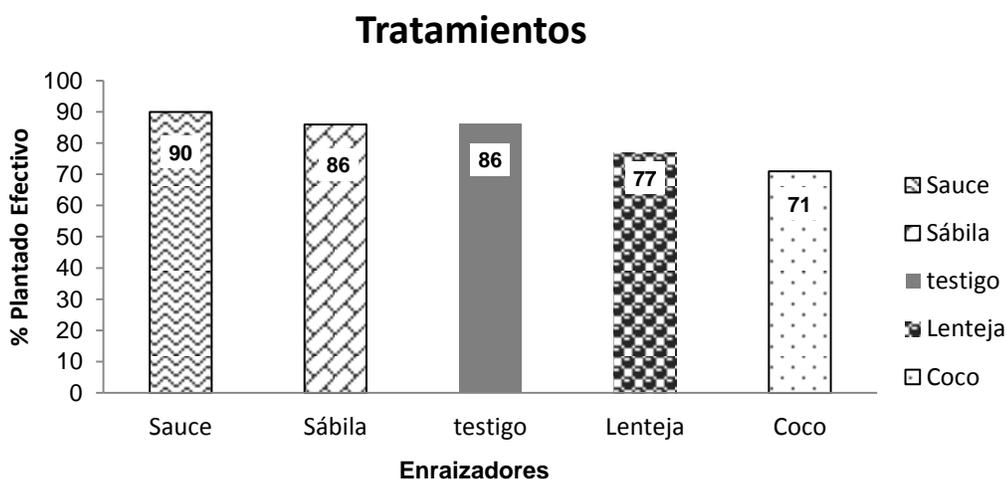
Nota. Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

En la tabla 12, se observa una aceptable elongación radicular debido al contenido de auxinas en estacas jóvenes, las estacas más jóvenes contienen mayor cantidad de auxinas y citoquininas necesarias en las raíces para la división celular. Como en otros tejidos, probablemente el tipo y la velocidad de crecimiento dependen no solo de la presencia de dichas hormonas sino del balance entre ellas.

6.6. Porcentaje de plantado efectivo

Gráfico 6.

Porcentaje de plantado efectivo %.



Nota. Elaborado en Microsoft Excel.

En el gráfico 6 se evidencia, que para el porcentaje de trasplante efectivo en la presente investigación fueron considerados aquellos que lograron desarrollar raíces además de los “esquejes latentes” que comprenden a aquellos que presentan signos de vida pero aún no han formado el tejido cicatricial y esquejes con callo que muestran el tejido cicatricial aunque aún no han desarrollado raíces.

Para el cálculo de porcentaje plantado efectivo acuerdo a la fórmula que se aplica a cada tratamiento tenemos: T1 infusión de saúce se tiene 90%, el T3 extracto de sábila de 86%, el T0 testigo el cual es de 86%, el T4 extracto de lenteja de 77% y el T2 agua de coco con un 71%. El mayor porcentaje de plantado efectivo se presenta en el T1 en el cual se aplicó la infusión de saúce como enraizador natural aplicado; seguidos de los tratamientos T3, T4, T0 y el de menor porcentaje, pero no menos importante es del T2 agua de coco. Con un rango de mortalidad de esquejes de un 15% aproximadamente.

Tabla 13.

Evaluación del porcentaje de plantado efectivo (%) en respuesta de enraizadores naturales aplicados.

% TRASPLANTE					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1381,20	4	345,30	5,14	0,0037
TRAT	1381,20	4	345,30	5,14	0,0037 **
Error	1680,67	25	67,23		
Total	3061,87	29			
CV	10,01				

Nota. Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

En la tabla 13, se puede evidenciar que en el ANVA existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos de 0,0037 acorde al rango evaluado $p < 0.01$, por lo tanto hay una alta afluencia de los tratamientos en la variable porcentaje % de plantado efectivo.

El coeficiente de variabilidad fue del 10.01, siendo un valor inferior al 30% lo que puede evidenciar que se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales.

Es de suma importancia considerar el contexto nutricional de la planta madre *Sambucus*, ya que sólo se contaba con un espécimen el cual se encontraba en buenas condiciones, sobre esto Hartmann *et al.*, (2002) indican que existe evidencia que la nutrición de la planta madre influye sobre el desarrollo de las raíces y ramas en las estacas tomadas de ellas; el material adecuado de estacas que está en función a la riqueza de carbohidratos y puede determinar la firmeza del tallo.

6.7. Número de plantines aclimatados

Se evaluaron en base al total de plantines evaluados en la investigación, con la siguiente fórmula:

$$\# \text{ P. A.} = \frac{246 \text{ u}}{250 \text{ u}} * 100 = \mathbf{98.4\%}$$

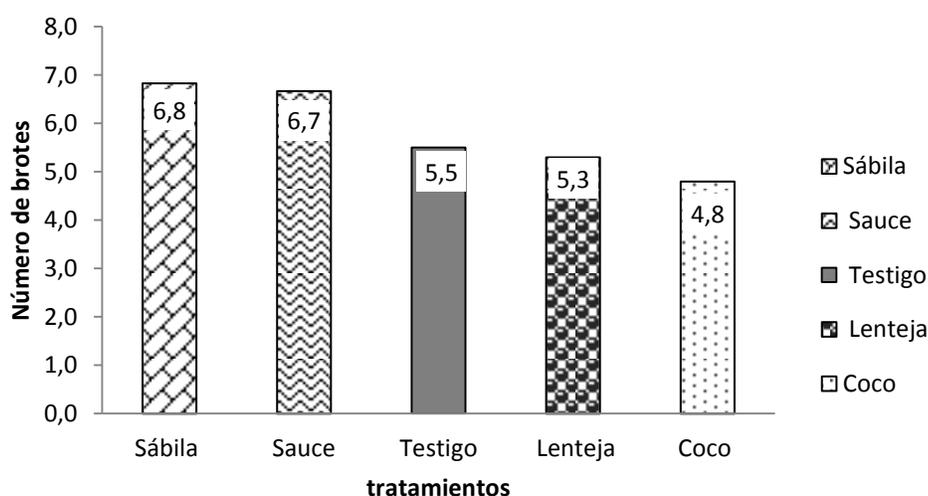
Se obtuvo un número de 246 plantines aclimatados de saúco aptos para el trasplante y que representa el 98,4%. Se encuentran saludables y en estándares aceptables para su desarrollo íntegro y su trasplante a sitio definitivo en casos de reforestación en el Centro Experimental Cota Cota y laderas de la Ciudad de La Paz.

Para el número de plantines aclimatados fueron considerados aquellos que lograron desarrollar raíces además de los “esquejes latentes” que comprenden a aquellos que presentan signos de vida, pero aún no han formado el tejido cicatricial y esquejes con callo con tejido cicatricial aunque aún no han desarrollado raíces.

6.8. Número de brotes

Gráfico 7.

Número de brotes



Nota. Elaborado en Microsoft Excel.

En el gráfico 7, se observa una diferencia mínima en las interacciones de los tratamientos T0 (testigo) y T4 (extracto de lenteja), llegando a última instancia el T2 (agua de coco) en un número de brotes mínimo y lento debido posiblemente a condiciones climáticas. En el caso de los tratamientos T3 (extracto de sábila) y T1 (infusión de sauce) lograron respuestas altamente significativas con un alto número de brotes, esto debido a que ambos enraizadores contribuyen con el contenido de auxinas. Se sabe que las hojas y las yemas son grandes productores de auxina y los efectos se observan directamente debajo de ellas, indicando que hay comunicación de transporte del ápice a la base.

Tabla 14.

Análisis de varianza del número de brotes.

Análisis de la varianza					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18,33	4	4,58	2,74	0,0512
TRAT	18,33	4	4,58	2,74	0,0512 *
Error	41,83	25	1,67		
Total	60,17	29			
CV	22,18				

Nota. Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

En la tabla 14, se observa el ANVA para el número de brotes a los 90 días, indica que existen diferencias significativas entre los enraizantes naturales, existe diferencias entre los tratamientos. Se puede apreciar que el coeficiente de variación CV fue de 22,18%, ubicado dentro el rango de aceptación, considerado como excelente para experimentos agrícolas y forestales (Ochoa, 2009).

6.9. Análisis químico de los enraizadores

En el análisis químico se determinaron los micronutrientes, y no así otros elementos complejos como son: hormonas, vitaminas y hormonas reguladoras, que necesitan un análisis más complejo y costoso.

A fin de poder evaluar los enraizadores naturales utilizados se procedió a preparar los diferentes enraizadores en base a: T1 infusión de sauce llorón (*Salix babilónica* L.), T2 agua de coco (*Cocos nucífera* L.), T3 extracto de sábila (*Aloe vera* L.), T4 extracto de lenteja (*Lens culinaris* L.) y el agua de lenteja. Proporcionados en envases herméticos y evaluados en laboratorio posterior a la aplicación en almácigos, todos ellos con propiedades enraizadoras.

En la tabla 15, se observa las cantidades de elementos presentes en los enraizadores naturales.

Tabla 15.

Análisis químico de enraizadores naturales.

	ppm=mg/L	K	Na	Mg	Fe	Cu	Zn
INFUSIÓN SAÚCE	DE	6,00	6,00	1,30	50	4	51
EXTRACTO COCO	DE	0,16	0,4	0,7	0,5		
AGUA DE COCO		0,087	0,13	0,311	0,22		
EXTRACTO SÁBILA	DE	8,9	10,1	4,9	6,1	0,83	0,62
EXTRACTO LENTEJA	DE	6,50	4,32	5,01	0,55	0,10	0,30
AGUA LENTEJA	DE	2,13	1,56	1,02	0,071		

Nota. Reporte análisis químico realizado por el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear – **IBTEN** (2019).

Según Condori (2006), la interacción entre el tipo de enraizador y el tipo de estaca, se observa que las estacas semileñosas son las que logran las mayores alturas con cualquier enraizador, esto a través de que la planta tiene su propia transformación y asimilación de alimento a través de la raíz. Es de este modo que las citoquininas se sintetizan en los ápices de las raíces y se transportan a través de los brotes hacia las hojas y así están comprometidas con la formación de órganos, “en este caso con la altura de planta”.

Condori (2006), indica que la aplicación de enraizadores naturales en los tipos de estaca, son fuente de auxinas y giberelinas, para la formación de callos y emisión de raíces.

Para Condori (2006) los diferentes enraizadores naturales utilizados no influyen en la brotación de nuevas hojas, pero en esta investigación resulta lo contrario, ya que los diferentes enraizadores influyen en la aparición de nuevas hojas.

Garate (2010), menciona que el proceso de enraizamiento involucra la ayuda de nutrición exógena no solo de fitohormonas sino también de nutrientes como el fósforo y potasio que ayudan a la planta a protegerse de enfermedades.

7. CONCLUSIONES

En la evaluación del enraizamiento de saúco (*Sambucus nigra* L.) bajo el uso de enraizadores naturales para la producción de plantines en el Centro Experimental Cota Cota se llega a las siguientes conclusiones:

- La carpa solar presentó factores, medioambientales favorables, donde la temperatura y la humedad registró límites normales propios de la estación (invierno) presentándose etapas de frío, soleado y seco durante el transcurso de la jornada. La respuesta a porcentaje de enraizamiento fue de un 98 % de emergencia de la raíz principal y buen encallamiento de los mismos, registrando ya a los 15 días el elongamiento de la raíz principal en el T2 agua de coco, concluyendo a los 40 días con el T4 extracto de lenteja.
- Respecto a la variable longitud radicular, tenemos que existe una diferencia significativa el T2 agua de coco obtuvo un 22,47cm seguido del T4 extracto de lenteja con 21,60cm y el T1 infusión de sauce con 20,60cm. Debido a la gran aireación y porosidad en las camas de enraizamiento del sustrato empleado.
- El que mayor eficiencia de prendimiento, buen enraizamiento y desarrollo radicular fue el de la aplicación del Enraizador natural del T3 extracto de sábila e infusión de sauce. La aplicación del extracto de sábila influye directamente en el porcentaje de prendimiento del esqueje.
- Respecto al número de raíces se obtuvo una diferencia altamente significativa (**), en respuesta a la aplicación del enraizador natural (extracto de sábila), seguido de la (infusión de sauce) en la etapa final de su madurez fisiológica a los 150 días de evaluación.
- En cuanto al enraizador natural que mejor respondió en cuanto al tiempo de enraizamiento fue el T2 agua de coco, seguido del T3 extracto de sábila que son de 20 a 25 días respectivamente.
- Finalmente, el empleo de una cámara de sub irrigación favoreció el desarrollo de las raíces principales de los esquejes de *Sambucus nigra*, ya que las condiciones de temperatura, humedad relativa y sombra en el interior permitieron el mantenimiento de

turgencia en respuesta a temperaturas del ambiente mínimas registradas durante la mañana de hasta 1°C.

- Con respecto al porcentaje de plantines aclimatados aptos para la venta y su posterior trasplante definitivo obtuvo una respuesta favorable del 83%, con un número de 246 plantines.
- Cabe recalcar que la producción de especies forestales específicas, son rentables desde un punto de vista económico, agroforestal y programable en implementación de proyectos de forestación y reforestación.

8. RECOMENDACIONES (SUGERENCIAS)

- Se sugiere realizar la continuación de la investigación para evaluar beneficios posteriores a su prendimiento, y trasplante a sitio definitivo y respuesta del suelo frente a la erosión y mitigar el cambio climático.
- Se recomienda realizar la plantación de esquejes en estaciones del año que no sean invierno, debido que temperaturas muy bajas en viveros de la estación podrían entorpecer el desarrollo radicular eficiente.
- Se sugiere analizar muy bien las dosis de aplicación de enraizadores naturales, con el seguimiento de diferentes investigaciones en la propagación vegetativa de especies forestales.
- Por último, y no menos importante es transmitir una motivación al uso de enraizadores naturales adecuando estos a la producción de especies ornamentales, frutales y huertos frutícolas que son benéficos ya que poseen macro y micronutrientes de manera natural, apoyados de abonos orgánicos como el biol y no así sintética que en este tiempo ya no son recomendables debido a la alta contaminación ambiental que golpea al mundo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Agrohuerto. 2019. *5 Enraizantes Naturales caseros que puedes hacer tú mismo*. Consultado 20 de ago. 2019. Recuperado de: <https://www.agrohuerto.com/5-enraizantes-naturales-que-puedes-hacer-tu-mismo/>
- Agrotterra, 2009. Foros Agrotterra.com. Frutas Andinas. Consultado el 10 de febrero de 2020. Recuperado de: <https://www.agrotterra.com/foro/foros/viewtopic.php?f=25&t=10555&hilit=BAYAS+DE+SAUCO>.
- Alcántara M. E. M. 2001. *Propagación de higo (Ficus carica L.) mediante acodo aéreo*. Tesis Ing. Agr. Esp. en Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 50 p.
- Alegría, W. 2016. *Texto básico para profesional en ingeniería forestal*. En el área de fisiología vegetal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos – Perú. 224 p.
- Alzate F., Idárraga A., Díaz O. y Rodríguez W. 2013. *Flora de los bosque montanos de Medellín*. Programa Expedición Antioquia 2013, series Biodiversidad y Re-cursos Naturales. Alcaldía de Medellín, Universidad de Antioquia. 552 p.
- Apaza, N. 2011. *Mejoramiento del sistema de riego en el centro experimental cota cota*. Recuperado de: <https://docplayer.es/175510321-Universidad-mayor-de-san-andres-facultad-de-agronomia-carrera-de-ingenieria-agronomica-trabajo-dirigido.html>
- Ayala, F. 2003. *Taxonomía Vegetal. Gymnospermae y Angiospermae de la Amazonía*. Vol.2. clase liliópsida. Amazonia peruana. Revisado en línea el 23 de febrero de 2020. Recuperado de: <http://catalogo.ucsm.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=38092>
- Azcón, J., Y Talón, M. 2000. *Fundamentos de fisiología vegetal* Eds. Universidad de Barcelona, primera edición, Barcelona, España, pp. 286-317.
- Baldini, E. 1992. *Arboricultura general*. Trad. J. de la Iglesia G. Primera Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 384 p.
- Bhalerao R.P, J Eklöf, K Ljung, A. Marchant, M. Bennett & G. Sandberg. 2002. *Shoot derived auxin is essential for early lateral root emergence in Arabidopsis seedlings*. Plant Journal 29: pp. 325–332.

- Bernal L., Ramírez A. y Molano D. 2011. *Efecto de la utilización de Sambucus nigra y Smallanthus sonchifolius sobre los parámetros productivos y digestibilidad fecal en fase de levante de conejos Nueva Zelanda*. Recuperado de: <https://docplayer.es/89782482-Issn-facultad-de-ciencias-agrarias-universidad-de-antioquia-medellin-colombia.html>. Consultado 14 de diciembre 2019.
- Bosque S., H.D. 2010. *Fisiología Vegetal*. Programa Global de Enseñanza aprendizaje. Facultad de Agronomía. U.M.S.A., La Paz – Bolivia.
- Butrón, C., 2017. *Calibración de la ecuación FAO Penman-Monteith para calcular la evapotranspiración de referencia (ET_o) en condiciones de invernadero en el centro experimental Cota Cota*. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA).
- Cahuana, J., 1991. *Elaboración de una bebida alcohólica a partir de "Saúco" (Sambucus peruviana H.B.K.)*. Tesis Ing. Alimentario. Lima, PE. UNALM. De la Cruz, J. (1994). Cultivo Alternativo para las zonas Áridas y Semiaridas de México.
- Calani, V., R., 2021. *Aplicación de promotores naturales de crecimiento en el cultivo de cebada (Hordeum vulgare L.) como forraje verde hidropónico*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. UMSA., La Paz – Bolivia. Consultado 24 de abril, 2021. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/25611/T2824.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Cárdenas, R. y López, L., 2011. *Propagación vegetativa de rosa: efecto del sustrato, luminosidad y permanencia de la hoja*. Recuperado de Dialnet-PropagacionVegetativaDeRosaEfectoDelSustratoLumino-3810320.pdf. Consultado el 26 de junio de 2021.
- Cardoze, F., 2014. *Una alternativa a las bebidas deportivas – agua de coco*. Revista sports & health, recuperado de <https://www.sportsandhealth.com.pa/salud/nutricion/una-alternativa-a-las-bebidas-deportivas-agua-de-coco/>
- Ceballos, A. 2021. Revista el diario de Coahuila. *El huerto de Aldo*. Recuperado de: <https://eldiariodecoahuila.com.mx/2021/09/29/enraizante-de-aloe-vera/>. Consultado en línea el 10 diciembre, 2021.
- Céspedes, R. 2014. *Propagación de estacas de tres diferentes longitudes de álamo piramidal (Populus nigra) en dos Ambientes de crecimiento en cota cota - la paz*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz; Bolivia.
- Condori, E., 2006. *Efecto de enraizadores naturales en la propagación asexual de arce negundo (arce negundo) en vivero*. Tesis. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Facultad de Agronomía, La Paz – Bolivia.

Contexto ganadero., 2020. *Una lectura rural de la realidad colombiana*. Boletín de ganadería sostenible.

Cordero, D., 2011. *Los bosques en América Latina*. 24 p. recuperado de: <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/08364.pdf>. Consultado en línea el 4 de abril de 2021.

Cruz, CH., D., 2021. *Evaluación del efecto de tres enraizadores naturales en la propagación vegetativa de la kiswara (Buddleja incana raíz y pav.) en el centro experimental cota cota*. Facultad de Agronomía. UMSA., La Paz – Bolivia. Consultado 12 de febrero, 2021. Recuperado de: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/27517/T2953.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Cuerpamente.com., 2020. Revista electrónica Recuperado de: <https://www.cuerpamente.com/guia-alimentos/lentejas>. Consultado en línea el 24 de mayo de 2021.

Electfreaks devote to open hardware, 2015. *Octopus soil Moisture sensor brick*. (En línea) Consultado el 29 de sep. 2020. Recuperado de: [http://www.electfreaks.com/wiki/index.php?title=Octopus Soil Moisture Sensor Brick](http://www.electfreaks.com/wiki/index.php?title=Octopus_Soil_Moisture_Sensor_Brick).

Espejo, T, E., 2015. *Evaluación de la eficiencia de cuatro enraizadores y dos longitudes de corte para la propagación vegetativa de esquejes de queñua (polylepis racemosa subespecie triacotandra) a nivel vivero, en el municipio de el alto*. UMSA. La Paz – Bolivia. P. 112.

Fachinello y Mattel., 2000. *Producción de plantines frutales PNS Bolivia – UFD Brasil*. Post Grado en Tecnología de Semillas. La Paz – Bolivia: pp. 45- 47- 67-68

FAO (Organización de Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2001. *Plan de Acción para el Desarrollo Forestal de Bolivia*. 9p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2010. *La Estrategia de la FAO para los Bosques y el Sector Forestal*. Roma Italia. pp. 4-10.

----- (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura 2010b). *Evaluación de los recursos forestales mundiales*. Roma-Italia. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s00.htm>.

FAO, (Organización de Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2020. FAN Fundación amigos de la naturaleza. *Reporte de incendios forestales*. Disponible

en: <https://piensaverdebolivia.org/2021/05/28/las-ultimas-cifras-de-deforestacion-situacion-a-bolivia-entre-los-3-paises-con-mayor-deforestacion-de-bosques-tropicales/#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20mismo%20reporte%2C%20en,afectados%20por%20la%20acci%C3%B3n%20humana> . consultado el 20 de junio de 2020.

----- (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2020a. *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales*, Informe Nacional del Estado Plurinacional de Bolivia, Roma Italia pp. 12-24, 45-48.

Fetrow C., Avila J., 2000. *Manual de Medicina Alternativa para o Profesional*. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, pp. 76-79.

Flores, A., 2009. Propagación por acodo aéreo de *Magnolia grandiflora* L. Recuperado de: http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120. Consultado el 3 de diciembre de 2019.

Flores, M., 2010. *Evaluación del efecto de cinco dosis de fitohormona, tres tipos de sustrato y tres rasgos de morfotipo en el enraizamiento de estaquillas juveniles de amburanacearensis (allemao) a.c. Smith (ishpingo), en ambientes controlados, en Pucallpa – Ucayali, Perú*. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Pucallpa, Perú.

Fjeldsá, J. & M. Kessler. 2004. *Conservación de la biodiversidad de los bosques de Polylepis de las tierras altas de Bolivia*. Una contribución al manejo sostenible en los Andes. DIVA Technical Report 11. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra. 214 p.

Funiber. 2017. *Composición Nutricional de Lenteja seca*. Consultado, febrero 12, 2020, recuperado de: <http://www.composicionnutricional.com/alimentos/LENTEJASECA-1>.

Galindo, G. 2003a. *Caracterización de productores de chile en el altiplano*. Folleto científico N°. 5 INIFAP-campo experimental. 102 p.

Galindo, M. 2003b. *Dendrología y propagación vegetativa del "Sauco" Sambucus peruviana HBK, con muestras tomadas a tres niveles de la rama*. Tesis para optar el grado de Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 99 pp.

Garate Díaz Merlín, 2010. *Técnicas de Propagación por Estacas*, Trabajo Monográfico Para Optar El Título Profesional de Ingeniero Agrónomo. Ucayali – Perú. 189 p.

García, M. J., Hdez. G. René, Bustios, D. S., Estévez, L. Maylin., Echevarría, Y. Cruz L. R., León E. L., Busto del A. 2008. *Nuevas alternativas en la preparación de los medios de cultivo con la utilización del extracto de Aloe vera L*. Departamento de biología y agropecuario, de la Universidad de Pinar del Río; Biofábrica de Pinar del Río.

Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/medios-cultivo-aloe/medios-cultivoaloe.shtml>.

- García, A. 2014. Módulo HL – 69: *Un sensor de humedad de suelo*. (En línea). Panamá. Consultado el 29 de septiembre de 2019. Disponible en <http://panamahitek.com/modulo-hl-69-unsensor-de-humedad-de-suelo/>
- Garden, C. 2000. *Diagnostico forestal*. Universidad Autónoma Gabriel René moreno. Centro de investigación y manejo de recursos naturales renovables (CIMAR). Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Goitia, I. 2003. *Manual de Dasonomía y Silvicultura*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz; Bolivia.
- Grajales M., Botero M. y Ramírez B. 2014. *Características, manejo, usos y beneficios del saúco (Sambucus nigra L.) con énfasis en su implementación en sistemas silvopastoriles del Trópico Alto*. Recuperado de: Dialnet- CaracteristicasManejoUsosYBeneficiosDelSaucoSambuc-5590938.pdf.
- Gutiérrez, Q. 2012. *Propagación de Diferentes Tipos de Estacas de Sauce Mimbre (Salix Viminalis) en Dos Sustratos en Vivero en Achocalla, La Paz*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz; Bolivia.
- Gutiérrez, M. 2013. *Evaluación del efecto de dos enraizadores naturales en la propagación asexual de esquejes de ligustro verde (Ligustrum lucidum) para la producción de plantines en Cota Cota*. Tesis de grado para optar el cargo en licenciado de ingeniería agronómica. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de agronomía. 93 p.
- Hartmann, H. T.; Kester, D. E.; Geneve, R. L.; Davies, F. T. 2001. *Propagación de plantas: principios y prácticas*. Séptima edición. Prentice Hall, Inc, Nueva Jersey. 880 p.
- Hernández, G.M.I., 2006. *Contribución para el uso y manejo de las plantas medicinales de la Villa Tepetitán, Macuspana, Tabasco*. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. Villahermosa, Tabasco. p. 64.
- Hernández, Fernández, y Baptista 2010. *Metodología de la investigación*. 5ta.edición. miembro nacional de la cámara regional de México. México DF. 656 p.
- Hernández, M. 2011. *Ganadería Ecológica, Cartilla 2, Principales especies arbóreas y arbustivas usadas en sistemas silvopastoriles de la región de Suma paz Colombia*.

Condiciones agroecológicas, técnicas de propagación y usos en producción ganadera.
Universidad de Cundinamarca Sede Principal Fusagasugá y Ciencia Agro.

Hernández Gil, R. 2014. Bioenergética - LibroBotanicaOnLine – Crecimiento Vegetal. Revisado Abril 6, 2017, recuperado de:http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/crecimiento_vegetal/.

Herrera Sandoval, O. 2012. *Propagación de estacas de sachá inchi (Plukenetia volubilis L.) en tres tipos de sustratos con el uso de ácido naftaleno acético (ana) y ácido indol butírico (aib), en el cantón la maná*. Consultado el 23 de febrero de 2020. En línea <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/743/1/T-UTC-0576.pdf>.

Huanca P. Jimena L, 2020. *Tesis de grado determinación del efecto de dos enraizadores naturales en kiswara (buddleja coriácea, remy) con tres dosis de estiércol de suri (pteroctenia pennata) en el pueblo histórico de sora sora, provincia pantaleón dalence – oruro La Paz – Bolivia*

Huanca, R.B., 2007. Universidad Mayor de San Andrés, UMSA La Paz (Bolivia). Facultad de Agronomía. *Identificación dendrológica de tres especies maderables en la región de Guanay*. La Paz-Bolivia. 150 p.

Huanca, W. 2011. *Métodos de reproducción asexual y su aplicación*. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería.

Huanca, J, L. 2020. Universidad Mayor de San Andrés. UMSA. *Determinación del efecto de dos enraizadores naturales en kiswara (buddleja coriácea, remy) con tres dosis de estiércol de suri (pteroctenia pennata) en el pueblo histórico de sora sora, provincia pantaleón dalence – Oruro*. pp. 25-34.

Ibáñez J, 2000. *Transformación de Frutales Nativos*. EDAC, Cajamarca-Perú 43 p.

IDMA (Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente). 2000. *El sauco y sus bondades*. Abancay, PE. Programa de Desarrollo Rural Sostenible. 12 p

Intriago, E. & Andrade, M., 2014. *Factibilidad de una planta envasadora de agua de coco (cocus nucifera) con adición de alcohol, en el cantón Rocafuerte – Manabí*. Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta-Ecuador. 106 p.

Juárez de Varela 1996. Flora del valle de Lerma. Vol. 4, N° 6 de *Aportes botánicos de Salta*. Serie Flora, ISSN 0327-506X. Herbario MCNS, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.

- Jaramillo, Y. & Jiménez, J., 2000. *Evaluación Nutricional de tres Especies de Árboles Forrajeros en la Alimentación de vacas Holstein en el Trópico Alto de Nariño*. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Pecuarias Programa de Zootecnia Universidad de Nariño.
- Jaramillo, A. 2002. *Distribución y Métodos de Propagación de Capotillo Anthurium giganteum Engl. en los Bosques de la Parroquia Molleturo, Provincia del Azuay*. Tesis para optar el título Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador.
- Jaramillo, A. 2002. *Propagación vegetativa de estructuras florales*. Recuperado de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_6.htm
- Jordan, M. y Cassareto, J. 2006. *Fisiología Vegetal (F.A. Squeo & L. Cardemil, eds.) Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile*. Capítulo XI. Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas.
- Juárez de Varela, F. 1996. *Caprifoliácea Aportes botánicos de Salta*. Herbario MCNS. Facultad de ciencias naturales. Universidad Nacional de Salta. Buenos Aires, Argentina.
- Krawitz C, Mraheil MA, Stein M, Imirzalioglu C, Domann E, Pleschka S, Hain T. 2011. *Inhibitory activity of a standardized elderberry liquid extract against clinically-relevant human respiratory bacterial pathogens and influenza A and B viruses*. BMC Complement Altern Med; 25: pp. 11-16.
- Krüssemann, G. 1981. *Die Baumschule*. Verlag Paul Parey. Berlin und Hamburg, Deutschland. 656 p.
- LA BIOGUÍA, 2013. *Como hacer enraizante natural con lentejas*. Recuperado de: <http://www.labioguia.com/notas/como-hacer-enraizante-natural-con-lentejas>
- Langé, P.P., 2013. *Efecto de auxinas en el enraizamiento de estaquillas de buxus sempervirens l. En distintas épocas del año*. Disponible en <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/530/tesis.pdf?sequence=1>
- Laura, N. P., 2014. *Efecto de seis sustratos en el enraizamiento de esquejes de sauco (sambucus nigra) en ambiente protegido*. Universidad Mayor de San Andrés. UMSA. La Paz - Bolivia. 89 p.
- Lázaro, J. N., 2008. *Aportes Botánicos de Salta Herbario MCNS*. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Buenos Aires, Argentina.

- Limaico, T., 2011. *Propagación vegetativa de Polylepis incana Kunth aplicando la hormona (ANA), en cuatro niveles en el vivero de la granja de Yuyucocha*. Tesis de grado presentado para optar al Título de Ingeniero Agropecuario. Imbabura, Ecuador.
- Lovera, J.C., 2006. *Análisis comparativo de las propiedades físicas y químicas del fruto (Sambucus peruviana H.B.K.) evaluadas en dos rangos altitudinales en la parte alta de la cuenca del río Llaucano*. Cajamarca – Perú.
- Lucero, L.L., 2014. *Propagación asexual de litchi (Nephelium Litchi Camb.) mediante diferentes técnicas de acodo aéreo, con tres enraizadores (hormona, agua de coco y miel) en la estación experimental de sapecho - Alto Beni*. Tesis De Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad De Agronomía. Alto Beni, La Paz - Bolivia.
- Lugo, F., 2007. *Fitohormonas en Flores*. Revista El Agro Artículo científico. FARMAGRO. México D.F., Edición. 131. Consultado el 22 de septiembre de 2019. recuperado de: <http://www.elagro.com.ec/ediciones/agro131/pdf/elagro131-1617.pdf>
- Mamani, Q., C., 2016a. *Evaluación de plántulas de sauce mimbre (Salix viminalis L.) a partir de estacas en diferentes longitudes de corte y sustratos en un ambiente controlado, comunidad de Huancane-Departamento de la paz*. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía UMSA. La Paz- Bolivia. pp. 4-8.
- Mamani, P., L., 2016b. *Efecto de diferentes sustratos en el enraizamiento de esquejes de queñua (polylepis besseri Hieron), bajo ambiente protegido en cota cota (La Paz)*. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía UMSA. La Paz- Bolivia. pp. 20-24.
- Martínez, M., 1979. *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Martínez, F., 2005. *Multiplicación de especies ornamentales por esquejes de tallo*. Compendio de horticultura. Planteles. (En línea) consultado el 12 de oct. 2019. Disponible en <http://www.horticom.com/pd/imagenes/62/897/62897.pdf>.
- Méndez, F., 2003. *Principios de propagación de las plantas*. Universidad la Molina. Disponible en la página web: www.lanolina.edu. Consultado 16 de Marzo del 2019.
- Mendoza, R. 2010. *Prácticas adquiridas en distintos métodos de Propagación de queñua Polylepis sp.*
- Mesén, F. 1998. *Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación*. CATIE. Proyecto de Semillas Forestales- PROSEFOR, Turrialba, CR. (Serie Técnica. Manual Técnico No. 30). 36 p.

- Minag. 2003. *Propagación Vegetal de las especies forestales en la sierra peruana* Lima-Perú. Ministerio de Agricultura del Perú.
- Minagri (Ministerio de Agricultura y Riego). 2007. Programa Sub sectorial de Irrigación-Sierra. Lima (Perú): MINAGRI. (En línea) consultado el 22 de nov. 2019. Disponible en <http://www.psi.gob.pe/docs/novedades/prefact-sierra.pdf>.
- Mohan, K. 2016. Propagating shrubs, vines, and trees from stem cuttings. Department of Horticulture, Washington State University.
- Moncaleano, 2012. Recuperado de BuenasTareas.com <http://www.buenastareas.com/ensayos/PropagacionVegetativa/5819454.html>. Recuperado el 12 de Junio del 2019.
- Monk, S. 2012. *30 proyectos con arduino*. Traducido por Pompa, J. 1ra Edición. Editorial Estridor. Madrid. España.
- Montenegro, S. 2015. *Evaluación de tres enraizantes en el cultivo de Lotus corniculatus en el Centro Experimental San Francisco, Huaca – Carchi*. Universidad Politécnica Estatal de Carchi. Retrieved from <http://www.repositorio.uepec.edu.ec/bitstream/123456789/349/1/246>. Evaluación de tres enraizantes en el cultivo de Lotus corniculatus en el Centro Experimental San Francisco.pdf.
- Moraes, M., R., Ollgaard, B., Kvist L.P., Borchsenius, F. & Balslev H. 2006. Botánica económica de los andes centrales. UMSA. (Universidad Mayor de San Andrés). La Paz –Bolivia. 11 – 146 pp. 574 p.
- Mostacero, J. 2020. Efecto del ácido indolbutírico en la inducción de raíces de esquejes de tallo con yemas de Codiaem variegatum. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo – Perú.
- Muños, P., 2004. Análisis Biológico – Económico de una Plantación Forestal, Sometida a Distintas Dosis de fertilización. La Paz; Bolivia.
- Myrobotself. 2016. Sensor de humedad del suelo: Módulos YI – 69 e YI – 38. (En línea). Consultado el 22 de nov. 2019. Disponible en <https://myrobotself.com/2016/07/23/sensorde-humedad-del-suelo-modulos-yl-69-y-yl-38/>
- Newsletter.Cuerpamente.(EnLínea)disponibleen:<https://www.cuerpamente.com/guia-alimentos/lentejas>. Consultado el 24 de abril de 2020.

- Ocampo, R. 1994. *Domesticación de plantas medicinales en Centro América*. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. San José de Costa Rica.
- Ochoa, RR., 2009. Diseños experimentales. Editor: Ramiro Raúl. Ochoa Torrez. La Paz, Bolivia.
- Papeleo, C., 2019. Bosques de América Latina: *deforestación letal* (En línea) consultado el 22 de diciembre de 2019 <https://www.dw.com/es/bosques-de-am%C3%A9rica-latina-deforestaci%C3%B3n-letal/a-50389934>
- Paredes R, O. 2010. *Propagación vegetativa por injerto de Bolaina blanca (guazuma crinita mart.) Bajo Condiciones controladas en Pucallpa*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Perú. Universidad Nacional Agraria de La Selva. Facultad de Agronomía.
- Perú Acorde, 2000. *Saúco estudio económico productivo del Perú*. Lamina 81-A.
- Perú Acorde, 2000a. Sauco Estudio económico Productivo del Perú. Consultado 26 de noviembre 2020. Lima-Perú.
- Perú Acorde. 2000b. *Saúco Estudio económico Productivo del Perú*. Lima-Perú. Lamina 81-A. 52p.
- Plantas de Bolivia con potencial medicinal 2016. Recuperado de: <https://piensaverdebolivia.org/2021/05/28/las-ultimas-cifras-de-deforestacion-situacion-bolivia-entre-los-3-paises-con-mayor-deforestacion-de-bosques-tropicales/>
- Plaster, E. 2000. *La ciencia del suelo y su manejo*. Traducido por Patricia Scott. Editorial Thomson Paraninfo S. A. España.
- Portal Frutícola. 2019. Recuperado de: <http://portalfruticola.com/huertadeivan-jardin/>
- PRAA (proyecto de adaptación al impacto del retroceso acelerado de los glaciares en los andes tropicales), 2011. *Fichas botánicas de especies agroforestales nativas aptas para tierras altoandinas* <http://www.ecosaf.org/altiplano/Fichas%20botanicas%20CARE.pdf>.
- Quinteros, I. 2014. *Enraizamiento de dos especies de queñua (Polylepis tarapacana y Polylepis besseri Hieron.) en cuatro sustratos, bajo ambiente protegido*. Tesis de grado para optar el cargo en licenciado de ingeniería agronómica. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de agronomía. 91 p.
- Quispe, M. 2013. *Propagación vegetativa de esquejes de Queñua (Polylepis besseri hieron) en base a la aplicación de dos enraizadores naturales y tres tipos de sustratos en el*

vivero de la Comunidad Huancané. Tesis de grado para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

Ramírez, N., Luna-Gómez, A., Castañeda, H., Martínez, M., Holz, S., Camacho, A., González-Espinoza, M. 2012. *Guía de propagación de árboles nativos para la recuperación de bosques*. 2 da Edición. Chiapas. México.

Reyes, J. 2015. *Guía de técnicas, métodos y procedimientos de reproducción asexual o vegetativa de las plantas*. Clúster de Viveristas dominicano, CLUSVIDON. Santo Domingo. República Dominicana.

Rodríguez, I.; Santana, O.; Recio, O.; Fuentes, M. 2006. Beneficios del Aloe Vera (sábila) en las afecciones de la piel. *Revista Cubana de Enfermería*, 22(3). Cuba. MINFAR, Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. L. Díaz Soto". Compendiodeinvestigaciones..http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403192006000300004

Rojas, S.; Garcia, J.; Alarcon, M. 2004. *Propagación asexual de plantas. Conceptos básicos y experiencias en especies amazónicas*. CORPOICA/PRONATA/MADR. Colombia. Disponible en línea :([http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/publicaciones/propagacina de plantas.pdf/](http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/publicaciones/propagacina_de plantas.pdf/))

Sánchez, M; Amado, M., 2010. *Saúco (Sambucus nigra) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. Tibaitatá. Colombia.

Santos, M., V., 2012. *Efecto de la aplicación de enraizador a base de Aloe vera (Aloe vera L.) en estacas de Stevia (Stevia rebaudiana Bert.) en la localidad de Alto Beni*. Tesina de Grado. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz- Bolivia. Consultado 2 de marzo, 2021. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4430/TS1732.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SENAMHI., 2019. Servicio nacional de meteorología e hidrología. Boletín Climatológico. Consultado el 22 de diciembre de 2019. Disponible en: <http://www.senamhi.gov.bo/meteorologia/climatologia.php>

Sisaro, D.; Hagiwara, J.C, 2016. *Propagación vegetativa por medio de estacas de tallo*.https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_propagacion_vegetativa_por_medio_de_estacas_de_tallo.pdf.

- Soto, P. 2004. *Reproducción vegetativa por estacas en Amomyrtus luma (luma), Amomyrtus meli (meli) y Luma apiculata (arrayán) mediante el uso de plantas madres jóvenes y adultas*. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales.
- Super, U. (s/f). *Los bosques en Bolivia*. Cámara Forestal de Bolivia (CFB). Recuperado de: <https://www.cfb.org.bo/bolivia-forestal/bosques-en-bolivia>. Consultado el 20 de febrero de 2021.
- Technoserve, 2004. *Estudio final sub sectorial de mermeladas nativas en Cajamarca* (en línea). Consultado 18 de junio 2019, Lima Perú.
- Tejada, A., 2010. ¿Cuál es la situación de los bosques en Bolivia? Petropress. Recuperado de: https://www.cedib.org/biblioteca/cual_es_la_situacion_de_los_bosques_en_bolivia_petropress_19_5_10/. Consultado el 20 de agosto de 2019.
- Tejero del Río, J. 2012. *Caracterización químico-física y toxicológica de las lectinas anti-nutricionales ebulina f y SELfd de frutos de Sambucus ebulus L.* Presentada para optar al grado de doctor Facultad de Medicina Departamento de Biología Celular, Histología y Farmacología.
- Taiz, L. Zeiger, E. 2006. *Fisiología Vegetal* (Vol. I). colección ciencias experimentales N° 10. Revisado en línea el 2 de mayo de 2020. <https://fisiologiavegetalundec.files.wordpress.com/2018/04/fv-taiz-zeiger-vol-i.pdf>
- Tinco, M. 2013. *Evaluación de Tres Tipos de Esquejes de Veronica (Hebe X Andersonii) Bajo el Efecto de Dos Enraizadores Naturales para la Producción de Plantines en Cota Cota*. Tesis de grado para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz; Bolivia.
- Torrente, O. 2013. *Arduino curso práctico de formación*. 1ra Edición. Editorial Alfaomega. México.
- Torres, A. 2003. *Relación entre la estacionalidad de la poda y los carbohidratos en crecimiento de eucalipto en propagación vegetativa por miniesquejes*. Disertación de Maestría. Piracicaba, SP, Brasil. Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidad de San Pablo. 65 págs. USP. Recuperado de: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/111150/tde09122003-105826/>, Revisado en línea el 04 sep. 2021.
- Tuchin, F. 2020. *El riesgo de la deforestación de los bosques de América Latina*. Revista haz fundación. 10 p. <https://hazrevista.org/rsc/2020/03/riesgo-deforestacion-bosques-america>

ANEXOS

Anexo 1. Registro de variables climáticas: externas e internas

Fecha	T. externa promedio °C	T. en el vivero °C	HR interna promedio %	Humedad del suelo en platabanda %
08/06/2020	2	4	2,4	71
13/06/2020	3	3,5	4,4	55
15/06/2020	14,2	27	23	50
28/06/2020	12,3	21	27	45
02/07/2020	13,0	25	23	70
05/07/2020	9,0	22	34	60
09/07/2020	14,7	27	20	55
10/08/2020	15,1	27	16	45
18/09/2020	13,6	24	18	60
10/10/2020	15,6	27	6	65
06/11/2020	11,7	12	35	70

Anexo 2. Datos Recolectados

Longitud de raíz

TRAT	1	2	3	SUMA	MEDIA	VARIANZA
TO TESTIGO	19,5	17,6	14,5	34	17	13
T1 SAUCE	23,5	19,8	18,5	61,8	21	7
T2 COCO	24,7	18,8	23,9	67,4	22	10
T3 SABILA	17,5	18,4	15,5	51,4	17	2
T4 LENTEJA	24,5	20,5	19,8	64,8	22	6
				279,4	20	

F MAX	5,7
-------	-----

Número de raíces

TRAT	1	2	3	SUMA	MEDIA	VARIANZA
TO TESTIGO	8	8	10	26	9	1
T1 SAUCE	18	20	22	60	20	4
T2 COCO	16	10	9	35	12	14
T3 SABILA	21	22	26	69	23	7
T4 LENTEJA	10	12	6	28	9	9
				218	15	

FMAX	10,8
------	------

Porcentaje de enraizamiento

Repetición

TRAT	1	2	3	4	5	6	SUMA	MEDIA	VARIANZA
TO TESTIGO	8	4	5	4	7	5	33	6	3
T1 SAUCE	7	5	7	6	7	8	40	7	1
T2 COCO	4	4	4	6	5	6	29	5	1
T3 SABILA	7	9	5	7	5	8	41	7	3
T4 LENTEJA	4	6	6	6	6	4	32	5	1
							175	6	

Anexo 3. Memoria de cálculo ANVA

Variable N R² R² Aj CV
LONG.RAIZ 15 0,17 0,00 19,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V. SC gl CM F p-valor
Modelo 34,45 4 8,61 0,52 0,7238
TRAT 34,45 4 8,61 0,52 0,7238
Error 165,80 10 16,58
Total 200,25 14

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 16,5800 gl: 10

TRAT Medias n E.E.
TO TESTIGO 22,20 3 2,35 A
T2 COCO 21,17 3 2,35 A
T4 LENTEJA 20,83 3 2,35 A
T1 SAUCE 20,60 3 2,35 A
T3 SABILA 17,67 3 2,35 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Evaluación de medias para el número de brotes.

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,6733 gl: 25

<u>TRAT</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
T3 SABILA	6,83	6	0,53	A
T1 SAUCE	6,67	6	0,53	A
TO TESTIGO	5,50	6	0,53	A B
T4 LENTEJA	5,33	6	0,53	A B
<u>T2 COCO</u>	<u>4,83</u>	<u>6</u>	<u>0,53</u>	<u>B</u>

Anexo 4.

Fichas Técnicas

<p>Nombre Común: Sauce Llorón Nombre científico: (<i>Salix babilonica</i> L.)</p>	
<p>Familia: Salicaceae. Origen: China. Árbol caducifolio, de gran tamaño, con su follaje péndulo y sumamente elegante, de ramas colgantes que llegan a tocar el suelo. Corteza pardo oscura que se fisura con los años. Forma una copa globosa característica a causa de su típica ramificación. Tamaño máximo 20m. Hojas estrechamente lanceoladas, acuminadas, de 8-15 cm de longitud, con el margen aserrado. Haz de color verde claro y envés glauco, con la nerviación destacada. Pecíolo de 3-5 mm de longitud, generalmente pubescente. Flores unisexuales También es empleado en jardinería el híbrido entre el sauce llorón y el sauce blanco (<i>Salix babilonica</i> x <i>Salix alba</i>, llamado correctamente <i>Salix x sepulcralis</i> (raza <i>chrysocoma</i>): es también de porte llorón y suele tener las ramillas de color amarillento.</p>	

<https://fichas.infojardin.com/arboles/salix-babilonica-sauce-lloron-sauce-pendolo.htm>

<p>Nombre Común: Coco, Cocotero Nombre científico: (<i>Cocos nucífera</i> L.)</p>	
<p>Forma: el coco posee una forma redondeada, con una capa externa fibrosa, otra capa intermedia con tres orificios en uno de sus extremos, que por presión ceden y se puede beber su agua sin romper la cáscara. La pulpa es quien contiene el agua de coco encerrada en su interior, conteniendo unos 300ml por unidad. Su cáscara externa es amarillenta anaranjada y su pulpa comestible es blanca. Peso: Cada coco puede llegar a pesar unos 2,5Kg. y medir unos 25 cm. Sabor: Es muy intenso y su aroma muy tropical. Tipos de coco: Cocotero Gigante, Cocotero Enano y Cocotero Híbrido.</p>	

<https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-coco/>

<https://www.jardineriaon.com/origen-caracteristicas-del-cocotero.html>

Nombre Común: Sábila

Nombre científico: (**Aloe vera L.**)

Variedad: Barbadosis

Minerales: Ca, Cu, Se, Cr, Mg, Mn, k y Zn.

Vitaminas: A ,C, E, B12, B2 y B6.

Clasificación Sábila (Aloe Vera)

La planta de sábila es perenne, presenta aspecto suculento, el rizoma es largo y el tallo es corto, en torno al cual se agrupa un rosetón de hojas. Su tamaño puede variar de 30 cm. hasta 3 dependiendo de la variedad. Hojas finamente lanceoladas, 30-60 cm de longitud; turgentes, verdes, márgenes con dientes espinosos separados. Las flores pueden ser amarillas, anaranjadas, púrpuras y rojas dependiendo la variedad.. El fruto es capsular, las semillas son numerosas y negras.

Origen: El Aloe vera es nativo de la región mediterránea del Sur de Europa y del África del norte

Altitud: Se cultiva en alturas de 400 a 2.500 msnm, aunque en Cuba se obtienen buenos rendimientos en plantaciones a alturas inferiores a 400 msnm.

Clima: Prefiere clima seco, temperaturas entre 18 y 40°C, precipitación pluvial de 400 a 2.500 mmanuales y humedad relativa de 65 a 85%. Según Grindlay (1986) Aloe vera no crece en bosques



http://www.clubplaneta.com.mx/caracteristicas_de_la_sabila.html

Nombre Común: Lenteja Nombre científico: (**Lens culinaris**)

variedades **Silvina** (precoz) tipo serrana regular lentils

La Lenteja es una especie dicotiledónea, herbácea, anual, de porte erecto y ramificado. Pertenece a la familia de las Leguminosas (Fabaceae) y es de hábito de crecimiento indeterminado. Suelen alcanzar una altura de 20 a 50 cm, y puede desarrollar entre 15 a 18 nudos.

Su sistema radicular puede ser superficial o profundo dependiendo de la variedad y del tamaño de las semillas Las hojas son compuestas (paripinadas) con 7 a 8 folíolos.

Las flores están reunidas en grupos de tres, son de pequeño tamaño y de coloraciones blancas o azules.

Los frutos en forma de vaina y contienen como máximo 2 semillas.

Una característica común a todas las leguminosas es la presencia en las raíces de unos nódulos que encierran bacterias del género Rhizobium, capaces de transformar el nitrógeno atmosférico, que las plantas no pueden utilizar, en nitrógeno orgánico (nitrito), que sí pueden utilizar. Por ello, las leguminosas son ricas en proteínas, nutriente que contiene moléculas de nitrógeno en su composición. A menudo se plantan legumbres con el fin de reponerlo.



<https://infoagro.com/herbaceos/legumbres/lenteja.htm>

Anexo 5. Memoria fotográfica.

Plantas Madre de Saúco



Hojas del Saúco



Flores de Saúco



Frutos de Saúco



Semillas de Saúco



Obtención de esquejes



Desinfección del sustrato



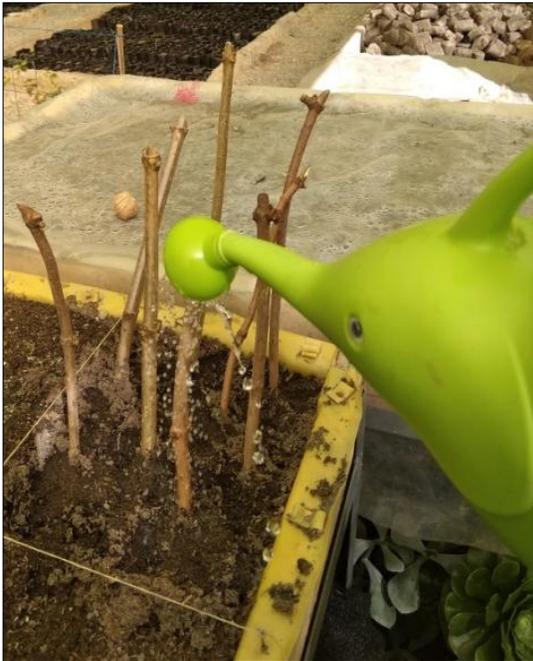
Preparación de Enraizadores



Plantado de esquejes en almácigos

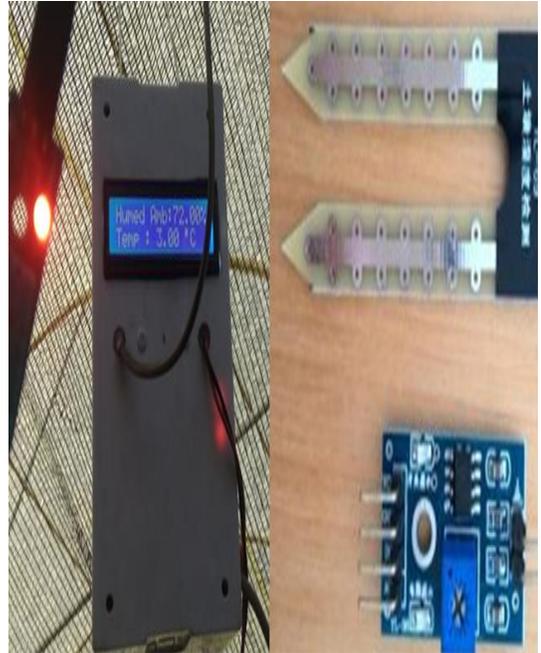


Seguimiento, riego y cuidados





Sensores de temperatura y humedad



Desinfección de macetas para los esquejes de saúco



Repique



Toma de datos, aclimatación y marbeteado posterior del área de estudio



Longitud radicular



Número de raíces



Número de brotes



Altura de la planta



Porcentaje de plantado efectivo



Última toma de datos



Análisis químico de laboratorio

Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear – **IBTEN** (2019)

ppm=mg/L	Ca	K	Na	Mg	Fe	Cu	Zn
Extracto de coco		0,16	0,4	0,7	0,5	--	--
Agua de coco		0,087	0,13	0,311	0,22	--	--
Extracto de lenteja		6,50	4,32	5,01	0,55	0,10	0,30
Agua de lenteja		2,13	1,56	1,02	0,071	--	--
Infusión de sauce		6,00	6,00	1,30	50	4	51
sabila		8,9	10,1	4,9	6,1	0,83	0,62