

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE ESQUEJES DE CIRUELO
(*Prunus doméstica* L.) CON DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATO Y
LA APLICACIÓN DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO (IBA) EN
CONDICIONES DE INVERNADERO EN KALLUTACA**

Por:

Franklin Coyo Huanca

EL ALTO – BOLIVIA

Abril, 2024

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE ESQUEJES DE CIRUELO (*Prunus doméstica* L.)
CON DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATO Y LA APLICACIÓN DE ÁCIDO
INDOLBUTÍRICO (IBA) EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN KALLUTACA

*Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniero agrónomo*

Franklin Coyo Huanca

Asesores:

M.Sc.Lic.Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez

M.Sc.Lic.Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas

Tribunal Revisor:

M.Sc.Lic.Ing. Pedro Mamani Mamani

Lic. Ing. René Felipe Coronel Cortez

Lic. Ing. Daniel Condori Guarachi

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador

DEDICATORIA:

Con todo mi cariño a mis queridos padres Bernabé Coyo Cuba y Elisa Huanca Tipa, y a mis hermanos que me dieron su apoyo incondicional, que creyeron en mí sin pedir nada a cambio; por su paciencia y su amor.

Y a mi compañera de vida Rebeca Apaza Huanca y a mi querida hija Amira Sara ya que ellos fueron el motor que me impulso a llegar hasta donde estoy y por brindarme su apoyo y su aliento de poder terminar esta hermosa carrera.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios el todo poderoso creador de la vida, por iluminarme darme sabiduría e inteligencia y guiarme durante todo este tiempo de mi carrera universitaria.

A esta hermosa Universidad Pública de El Alto (UPEA), por abrirme las puertas de esta casa superior de estudio, y brindarme los conocimientos y experiencias esenciales, para mi formación profesional y humana con la sociedad.

De igual manera agradezco a mi carrera Ingeniería Agronómica de UPEA, por adquirir los conocimientos que en futuro me serán muy útiles, por sus ambientes de estudio y sobre todo hicieron posible mi formación de estudio.

Mis más sinceros y profundos agradecimientos a mis asesores M.Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas e M.Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez. Por sus orientaciones, apoyo y guía durante todo el proceso de investigación del trabajo.

A mis tribunales revisores, conformados por; M.Sc. Lic. Ing. Pedro Mamani Mamani, Lic. Ing. René Felipe Coronel Cortez, Lic. Ing. Daniel Condori Guarachi por las sugerencias, observaciones oportunas, realizadas para la redacción del presente trabajo de tesis.

A todos mis estimados catedráticos de la Carrera de Agronomía, por brindarme sus enseñanzas, experiencias, conocimientos, valores de ser humano, los momentos de alegría, reflexión dentro del aula y fuera, en todo el transcurso de estudio.

También agradezco a la Fundación Prodiasur, a la directora Lic. Miriam Corrales Quenallata, por el gran apoyo que me brindo, por los consejos y por abrirme las puertas de su institución para lograr este proyecto.

A todos mis apreciados amigos.

.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS.....	i
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
ABREVIATURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Origen del Ciruelo	4
2.2. Composición nutricional	4
2.3. Producción en Bolivia	4
2.4. Propagación vegetativa de las plantas.....	4
2.4.1. Propagación sexual.....	5
2.4.2. Propagación Asexual	5
2.4.3. Tipos de propagación vegetativa.....	6
2.5. Estaca o esqueje	6

2.5.1.	Estacas de madera dura o leñosa.....	7
2.5.2.	Estacas de madera semidura o semileñosa.....	7
2.5.3.	Estacas de madera blanda o herbácea.....	7
2.6.	Ventajas de la propagación vegetativa.....	7
2.7.	Desventajas de una propagación vegetativa.....	8
2.8.	Condiciones ambientales durante el enraizamiento	8
2.8.1.	Relaciones con el agua.....	8
2.8.2.	El pH del suelo.....	8
2.8.3.	Temperatura	9
2.8.4.	Luz.....	9
2.9.	Época de Estaquillado	9
2.10.	Rizogénesis	9
2.11.	Razones para emplear la propagación asexual	10
2.12.	Fisiología de la propagación de esquejes	10
2.12.1.	Formación del callo	10
2.12.2.	Formación de raíces adventicias.....	11
2.13.	Condiciones que influyen en el enraizamiento	12
2.13.1.	Sustancias reguladoras de crecimiento.....	12
2.13.1.1.	Ácido indolbutírico (IBA)	13
2.13.2.	Métodos de uso de los reguladores.....	14
2.14.	Sustratos	14
2.14.1.	Clasificación del sustrato.....	15
2.14.2.	Desinfección del sustrato	16
2.14.3.	Suelo.....	16
2.14.4.	Suelo del lugar	16
2.14.5.	Arena	17

2.14.6.	Turba	17
2.14.7.	Cascarilla de café.....	17
2.14.8.	Cascarilla de arroz	18
2.14.9.	Aserrín	18
2.15.	Labores culturales.....	19
2.15.1.	Riego	19
2.15.2.	Deshierbe.....	19
2.15.3.	Semisombra.....	19
3.	MATERIALES Y MÉTODO	20
3.1.	Localización	20
3.1.1.	Ubicación Geográfica.....	20
3.2.	Materiales	21
3.2.1.	Material vegetal.....	21
3.2.2.	Material químico.....	21
3.2.3.	Material orgánico.....	21
3.2.4.	Material de campo.....	21
3.2.5.	Material de gabinete.....	22
3.3.	Método.....	22
3.3.1.	Desarrollo del ensayo.....	22
3.3.1.1.	Medición del área de estudio.....	22
3.3.1.2.	Preparaciones del área y nivelación del terreno	23
3.3.1.3.	Recolección de cascarilla de arroz, aserrín, cascarilla de café y turba ..	23
3.3.1.4.	Preparación y desinfección del sustrato	23
3.3.1.5.	Preparación de sustratos.....	23
3.3.1.6.	Características de los envases utilizados	23
3.3.1.7.	Recolección de esquejes.....	23

3.3.1.8.	Aplicación de IBA	24
3.3.1.9.	Trasplante	24
3.3.1.10.	Labores culturales	24
3.3.2.	Toma de datos	25
3.3.3.	Diseño Experimental	25
3.3.3.1.	Modelo lineal	26
3.3.4.	Tratamientos de estudio	26
3.3.5.	Croquis experimental	27
3.3.6.	Variables de respuesta.....	27
3.3.6.1.	Porcentaje de prendimiento.....	27
3.3.6.2.	Longitud del brote principal (cm)	28
3.3.6.3.	Longitud de la raíz (cm).....	28
3.3.6.4.	Días a brotación	28
3.3.6.5.	Número de brotes.....	28
3.3.6.6.	Número de hojas de los brotes principales.....	28
3.3.6.7.	Diámetro del brote principal.....	28
3.3.6.8.	Número nudos del brote principal.....	29
3.3.6.9.	Volumen radicular (cm ³)	29
3.3.7.	Relación beneficio costo	29
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1.	Características Microclimáticas.....	30
4.2.	Estadísticas descriptivas de las variables agronómicas	31
4.3.	Variables agronómicas.....	33
4.3.1.	Porcentaje de prendimiento.....	33
4.3.2.	Días a brotación	35
4.3.3.	Número de brotes	36

4.3.4.	Longitud del brote principal (cm)	37
4.3.5.	Número nudos del brote principal.....	39
4.3.6.	Número de hojas de los brotes principales.....	40
4.3.7.	Diámetro del brote principal.....	41
4.3.8.	Longitud de la raíz (cm) con la aplicación de IBA.....	43
4.3.9.	Volumen radicular (cm ³).....	44
4.4.	Análisis de correlación entre las variables de respuesta	46
4.4.1.	Relación beneficio costo	47
5.	CONCLUSIONES.....	48
6.	RECOMENDACIONES.....	49
7.	BIBLIOGRAFÍA	50
8.	ANEXOS	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Descripción del IBA.....	13
Cuadro 2.	Proporciones de la mezcla de los sustratos	26
Cuadro 3.	Estadísticas descriptivas de las variables de respuesta	33
Cuadro 4.	Análisis de varianza de porcentaje de prendimiento.....	33
Cuadro 5.	Análisis de varianza para días a brotación	35
Cuadro 6.	Análisis de varianza de número de brotes.....	37
Cuadro 7.	Medias de número de brotes.....	37
Cuadro 8.	Análisis de varianza de longitud del brote principal	38
Cuadro 9.	Análisis de varianza de número de nudos del brote principal	39
Cuadro 10.	Medias de número de nudos del brote principal	39
Cuadro 11.	Análisis de varianza de número de hojas de los brotes principales	40
Cuadro 12.	Análisis de varianza de diámetro del brote principal	42
Cuadro 13.	Medias de diámetro del brote principal	42
Cuadro 14.	Análisis de varianza para longitud de la raíz (cm)	43
Cuadro 15.	Análisis de varianza de volumen radicular (cm ³)	44
Cuadro 16.	Beneficio/costo en la propagación de esquejes de ciruelo	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación geográfica de la Estación Experimental de Kallutaca (Google Earth, 2022).	20
Figura 2.	Croquis del experimento	27
Figura 3.	Temperaturas máximas, mínimas y humedad relativa.	30
Figura 4.	Comportamiento de las temperaturas Máximas, Medias y Mínimas del ensayo (Flores, 2016)	31
Figura 5.	Comparación de medias de porcentaje de prendimiento de los esquejes de ciruelo	34
Figura 6.	Prueba de medias de la variable días a brotación	35
Figura 7.	Prueba de medias de longitud del brote principal	38
Figura 8.	Prueba de medias de número de hojas del brote principal	41
Figura 9.	Análisis de medias de longitud de la raíz	43
Figura 10.	Comparación de medias de volumen de raíz	45
Figura 11.	Gráfico de correlación	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Presupuesto para la producción de esquejes de ciruelo.....	54
Anexo 2.	Desinfección de los sustratos y arreglo del agrofilm de la carpa.	55
Anexo 3.	Nivelación del terreno y embolsado de sustrato.	55
Anexo 4.	Recolección de esquejes de ciruelo en Sapahaqui.	56
Anexo 5.	Selección de esquejes y aplicación de ácido indolbutírico.....	56
Anexo 6.	Preparación de esquejes para su trasplante.	56
Anexo 7.	Porcentaje de prendimiento de los esquejes de ciruelo.....	57
Anexo 8.	Control de humedad en el ambiente.....	57
Anexo 9.	Evaluación de longitud de brote principal.	58
Anexo 10.	Presencia de larvas pequeñas y la aplicación de spiderman.....	58
Anexo 11.	Evaluación de longitud de la raíz.....	58
Anexo 12.	Evaluación de diámetro de tallo, temperatura.	59
Anexo 13.	Volumen radicular.	60
Anexo 14.	Producción de ciruelo por esquejes.....	61

ABREVIATURAS

DAB	Días a brotación
DBP	Diámetro del brote principal
LBP	Longitud del brote principal
LR	Longitud de raíz
NDB	Número de brotes
NHBP	Número de hojas del brote principal
NNBP	Número de nudos del brote principal
PP	Porcentaje de prendimiento
VR	Volumen de raíz

RESUMEN

El trabajo se realizó en la Estación Experimental de Kallutaca en el vivero de fruticultura de la carrera Ingeniería Agronómica, de la Universidad Pública de El Alto, que corresponde a la jurisdicción de la provincia Los Andes, municipio Laja, se realizó el trabajo de investigación con esquejes de ciruelo con diferentes sustratos como T1 (Cascarilla de arroz), T2 (Cascarilla de café), T3 (Aserrín), T4 (Turba) en la producción de ciruelos en nuestro país principalmente en el altiplano se va presentado dificultades en la producción por las características climáticas, aun cuando tienen una capacidad de soportar temperaturas bajas de hasta 10°C bajo cero y regenerarse vegetativamente de una planta madre adaptarse del altiplano central, con el objetivo de analizar el desarrollo de esquejes de ciruelo (*Prunus domestica* L.) con diferentes tipos de sustratos y la aplicación de ácido indolbutírico (IBA) en condiciones de invernadero en la Estación Experimental de Kallutaca. El método que se empleo fue experimental. El Diseño fue Bloques Completos al Azar, prueba de significancia mediante Duncan: la observación y la experimentación dentro del vivero, se utilizó la observación para el comportamiento y desarrollo de los esquejes que fueron obtenidas de Sapahaqui, trasplantados en cuatro tipos de sustrato, se utilizaron 300 esquejes de ciruelo y las planillas para toma de datos, para la sistematización de datos se utilizó el programa INFOSTAT. Para mejorar las condiciones económicas y por su alto valor nutritivo que contiene el ciruelo para los consumidores. Los resultados por la aplicación de diferentes tratamientos, el sustrato adecuado en la reproducción de esquejes de ciruelo es el T4 (Turba) ya que mostro buenos resultados en variables: con 81,33% en porcentaje de prendimiento, menor tiempo a días de brotación con 43 días, 4 brotes en los esquejes, con una longitud de brote principal de 16,6 cm, con una media de 15 nudos en los brotes principales, 16 hojas en los brotes principales, ya que está compuesta por una estructura esponjosa y ligera que ayudo al desarrollo de los esquejes de ciruelo, en el enraizamiento de esquejes de ciruelo adicionado él IBA, se mostró dos mejores resultados en el T1 (Cascarilla de arroz) ya que presento una media de 12,81 cm de longitud de raíz seguido de T4 (Turba) con una longitud de raíz de 11,41 cm y en volumen radicular el T4 (Turba) dio los resultados de 2,13 cm³ de volumen radicular, seguido el T1 (Cascarilla de arroz) con 1,7 cm³, mostrándose los sustratos con buen desarrollo radicular en los esquejes de ciruelo, la relación beneficio/costo, donde se aprecia que el sustrato 3 y 4, alcanzaron la relación de 1,08 y 1,69 bs respectivamente este resultado nos indica que de un boliviano invertido se

recupera el boliviano invertido y se gana 0.08 y 0,69 centavos de boliviano más respectivamente.

ABSTRACT

The work was carried out at the Kallutaca Experimental Station in the fruit nursery of the Agronomic Engineering career, at the Public University of El Alto, which corresponds to the jurisdiction of Los Andes province, Laja municipality. The research work was conducted with plum cuttings using different substrates such as T1 (rice husk), T2 (coffee husk), T3 (sawdust), T4 (peat) in plum production in our country, mainly in the highlands, difficulties are being encountered in production due to climatic characteristics, even though they have the ability to withstand low temperatures of up to -10°C and vegetatively regenerate from a mother plant adapted to the central highlands. The aim was to analyze the development of plum cuttings (*Prunus domestica* L.) with different types of substrates and the application of indolebutyric acid (IBA) under greenhouse conditions at the Kallutaca Experimental Station. The method used was experimental. The design was Randomized Complete Blocks, significance test through Duncan's test: observation and experimentation within the nursery, observation was used for the behavior and development of cuttings obtained from Sapahaqui, transplanted into four types of substrate. 300 plum cuttings were used along with data collection sheets, and INFOSTAT software was used for data systematization. To improve economic conditions and because of its high nutritional value for consumers. The results showed that the suitable substrate for plum cutting propagation is T4 (peat) as it showed good results in variables: with 81.33% rooting percentage, shorter time to sprouting with 43 days, 4 shoots in the cuttings, with a main shoot length of 16.6 cm, with an average of 15 nodes on the main shoots, 16 leaves on the main shoots, as it is composed of a spongy and lightweight structure that aided in the development of plum cuttings. In the rooting of plum cuttings with the addition of IBA, two better results were shown in T1 (rice husk) as it presented an average root length of 12.81 cm followed by T4 (peat) with a root length of 11.41 cm and in root volume, T4 (peat) gave results of 2.13 cm^3 of root volume, followed by T1 (rice husk) with 1.7 cm^3 , showing substrates with good root development in plum cuttings. The cost-benefit ratio, where it is appreciated that substrates 3 and 4 reached the ratio of 1.08 and 1.69 Bs respectively, this result indicates that for every boliviano invested, the invested boliviano is recovered and an additional 0.08 and 0.69 Bolivian cents are earned respectively.

1. INTRODUCCIÓN

El ciruelo se clasifica como uno de los árboles frutales más resistentes y de cultivo sencillo. Puede soportar eficazmente bajas temperaturas. Debido a su floración temprana, en algunas circunstancias puede verse afectado por las heladas de primavera; no obstante, las flores muestran una resistencia notable. Aunque muestra preferencia por climas templados, también puede prosperar en climas relativamente fríos. A diferencia de las variedades europeas, que enfrentan las heladas de primavera con relativa firmeza, las variedades japonesas y americanas tienen requisitos más rigurosos en términos de temperatura, humedad, frutos y ramas son especialmente susceptibles a los vientos (CUDECA, 2008).

En la actualidad según INE (2021a), la superficie total estimada de la producción de ciruelo en Bolivia es de 419 ha, la cual es muy reducida en comparación con los mayores productores de la región como Chile esta con una área de producción de 17,110 ha con un rendimiento de 24325,8 kg/ha y Colombia con 1,196 ha y un rendimiento de 12022,6 kg/ha lo cual son los mayores productores de ciruelo de nuestra región según las estadísticas de la FAO (2023).

En nuestro país para el año 2021-2022 el rendimiento del ciruelo alcanzo a 10,048 kg/ha, producción que no cubre el consumo local, los departamentos que mayor producen el ciruelo para el consumo de la población en Bolivia son Santa Cruz con una superficie cultivada de 251 ha con un rendimiento de 9,060 kg/ha y Chuquisaca de 47 ha con rendimiento de 5,822 kg/ha y también seguido de Tarija con 43 ha y su rendimiento 17,371 kg/ha, La Paz con 61 ha con un rendimiento de 13,717 kg/ha (INE, 2021b).

Entre las ciruelas tipo europeas (*Prunus domestica*) se caracterizan por ser alargadas, color de cáscara oscuro y carozo fácilmente separable de la pulpa. Son las más apropiadas para el procesamiento industrial. Dentro de este grupo se encuentran las variedades Stanley y Reina Claudia, ambas de piel con tonalidades que van del púrpura al azul (Ministerio de ganaderia agricultura y pesca, 2016).

La importancia económica del ciruelo se ve favorecida por sus propiedades nutritivas y la alta aceptación de la que goza en el mercado en países productores y no productores. El ciruelo es una fruta que posee un sabor muy bueno y muchos nutrientes básicos para

mantenernos sanos y fuertes. Quiénes la comen frecuentemente, su organismo se ve beneficiado debido a las muchas propiedades que posee.

El ciruelo también es propagada vegetativamente en condiciones controladas empleando hormonas de enraizamiento, los esquejes que se utilizaron serán las futuras nuevas plantas con las mismas características a la de la planta madre. Las mismas antes de ser implementadas al invernadero de enraizamiento fueron tratadas con reguladores de crecimiento en este caso auxinas, estas auxinas indujeron el enraizamiento de los esquejes de esta manera se pudo realizar una evaluación y demostrar así cuál de estos reguladores de crecimiento es más favorable al enraizamiento.

1.1. Planteamiento del problema

La producción de ciruelos en nuestro país principalmente en el altiplano se va presentado dificultades en la producción por las características climáticas, aun cuando tienen una capacidad de soportar temperaturas bajas de hasta -10°C bajo cero y regenerarse vegetativamente de una planta madre a otra partiendo de alguna de sus partes como tallo, raíz u hojas y adaptarse en zonas del altiplano central. Además en el sector del altiplano no es muy común producir el ciruelo por lo cual se buscara sustratos adecuados que puedan favorecer al desarrollo de esquejes de ciruelo con la aplicación de hormonas que faciliten el enraizamiento de los esquejes. Para que los productores puedan aumentar la producción de plantines de ciruelo, es crucial implementar prácticas económicamente viables que optimicen los costos y maximicen la eficiencia en el proceso del cultivo.

1.2. Justificación

El ciruelo es una fruta exquisita, cuenta con numerosas propiedades nutricionales que contribuyen al cuidado y la protección de la salud de nuestro cuerpo. Además de ser deliciosa, se destaca por su capacidad para prevenir diversas enfermedades, incluyendo el cáncer y la anemia. Asimismo, favorece la mejora del metabolismo, siendo una opción valiosa para mantener un cuerpo saludable.

Por estas razones y debido a la falta de conocimientos en la reproducción por esquejes, se ha llevado a cabo esta investigación para determinar el sustrato más adecuado, con la incorporación de ácido indolbutírico (IBA), que favorezca el desarrollo y enraizamiento de los esquejes de ciruelo bajo condiciones de invernadero en el altiplano. Los sustratos

desempeñan un papel fundamental en la retención de agua, el anclaje de la raíz y el buen desarrollo radicular. Esta investigación no solo busca abordar las limitaciones existentes en el conocimiento sobre la propagación por esquejes, sino también presentar nuevas alternativas para la reproducción asexual de ciruelos. Se aspira a contribuir significativamente a la producción de plántulas, beneficiando a las familias dedicadas a la producción, y reconociendo la importancia socioeconómica de este cultivo en el contexto nacional. Con este trabajo, se pretende impulsar prácticas más eficientes y sostenibles en la agricultura, promoviendo así un impacto positivo en la comunidad agrícola y en la economía del país.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar el desarrollo de esquejes de ciruelo (*Prunus domestica* L.) con diferentes tipos de sustratos y la aplicación de ácido indolbutírico (IBA) en condiciones de invernadero en la Estación Experimental de Kallutaca.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el sustrato adecuado para la reproducción de esquejes de ciruelo.
- Comparar el enraizamiento de esquejes de ciruelo en diferentes sustratos adicionado el ácido indolbutírico.
- Determinar el beneficio/costo de la producción de los esquejes de ciruelo de los diferentes sustratos.

1.4. Hipótesis

Ho: La aplicación de diferentes sustratos (aserrín, turba, cascarilla de café y cascarilla de arroz) con el ácido indolbutírico no muestran diferencias significativas en el desarrollo de esquejes de ciruelo (*Prunus domestica* L.) en la Estación Experimental de Kallutaca.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen del Ciruelo

El ciruelo, cuyo nombre científico es *Prunus domestica* L., pertenece a la familia *Rosaceae* y tiene su origen en Europa y Asia. Se ha cultivado durante más de dos mil años en países cercanos al Mar Mediterráneo y el Mar Negro, destacándose regiones específicas como el Cáucaso, Anatolia y Persia (Mendez, 2015).

Según Calvo (2009), en la actualidad, el ciruelo se encuentra en todas las regiones templadas del mundo, además de ser cultivado en áreas montañosas tropicales en América Latina y África. Se destaca a España, Estados Unidos, Italia, Japón, Grecia y China como los principales productores de este fruto.

2.2. Composición nutricional

El principal componente del ciruelo es el agua, es rico en fósforo, calcio y potasio. Además, tienen hidratos de carbono, entre ellos el sorbitol, de leve acción laxante que se ve reforzado por su abundancia en fibra. También, se caracteriza por tener antocianinas (pigmentos de acción antioxidante y antiséptica) (Calvo, 2009).

2.3. Producción en Bolivia

Según el INE (2021a), en la actualidad la superficie total estimada de la producción de ciruelo en Bolivia es de 419 ha, con un rendimiento del ciruelo que alcanza a 10048 kg/ha.

Los datos referenciales publicados en nuestro país es muy reducida en comparación con los mayores productores de la región como Chile con un rendimiento de 24325,8 kg/ha y Colombia 12022,6 kg/ha en las estadísticas (INFOAGRO, 2009).

2.4. Propagación vegetativa de las plantas

Según Ramirez (2019), menciona que la propagación vegetativa consiste en el uso de órganos de la planta, sean estacas de la parte aérea o de la raíz o yemas u otras estructuras especializadas, como meristemos, ápices caulinares, callos y embriones.

2.4.1. Propagación sexual

De acuerdo con, Hartmann y Kester (1999), sostiene que la dispersión vía semillas es un método fundamental de reproducción en la naturaleza, destacándose como el más eficaz y común en el cultivo de plantas.

Según Argueta (2018), indica que la propagación a través de semillas exige un manejo precavido en la fase de germinación. Lograr una germinación exitosa implica eliminar el letargo mediante variados métodos, además de garantizar óptimas condiciones de humedad, temperatura, oxígeno, luz y oscuridad.

2.4.2. Propagación Asexual

Según Pina (2008), la propagación asexual o vegetativa se obtiene individuos completos a partir de tejidos somáticos procedentes de una, a veces de dos y más raramente de tres plantas.

Según Aguirre (2016), señalan que la prioridad de las células vegetativas vivientes de las plantas es contener toda la información genética necesaria, para regenerar el organismo completo.

La propagación asexual o vegetativa es un método de reproducción que produce clones, lo que significa que las nuevas plantas son auténticas divisiones de las plantas madres. A través de este proceso, las plantas propagadas conservan toda la información genética de la planta progenitora, replicando así el ADN original. Por lo tanto, las características específicas de una planta en particular se perpetúan en la propagación de un clon. Esta forma de reproducción es especialmente importante en el cultivo de frutales, ya que la mayoría de los cultivares de frutales tienen un genotipo generalmente heterocigota, y si se propagan por semilla, se pierden inmediatamente las características distintivas de estos tipos (Centellas *et al.*, 2011).

La reproducción vegetativa, conocida como propagación asexual, implica la creación de nuevas plantas a partir de fragmentos de la planta madre, sin que haya un intercambio de material genético, lo que resulta en plantas hijas idénticas a la planta madre. Uno de los métodos más simples en este proceso de propagación asexual es la división del tallo en secciones que una vez enterradas en el sustrato pueden enraizar. Este fenómeno es muy común en las plantas vasculares. Algunos de los métodos más utilizados para la

propagación vegetativa incluyen el uso de estacas y esquejes, la creación de acodos y el cultivo de tejidos (Napoleón y Cruz, 2005).

2.4.3. Tipos de propagación vegetativa

Pina (2008), señala que la propagación vegetativa puede ser clasificada en diferentes tipos, según el órgano o elemento de la planta utilizado para generar el resto de órganos y formar una nueva planta.

- Injerto
- Estacas
- Acodos
- Hijuelos
- Tallos y raíces especializadas (bulbos, cormos, rizomas, tubérculos, estolones)
- Cultivos celulares in vitro

2.5. Estaca o esqueje

Según Centellas *et al.* (2011), la estaca es una técnica de propagación vegetativa que implica tomar un trozo de tallo o raíz de una planta madre y utilizarlo para iniciar una nueva planta. Este método de propagación se realiza colocando la estaca en condiciones propicias para su desarrollo, como un sustrato adecuado y un ambiente con la humedad y temperatura adecuadas. A medida que la estaca se desarrolla, forma raíces y brotes, dando lugar a una planta completamente nueva y genéticamente idéntica a la planta madre.

Los esquejes o estacas son unos fragmentos de plantas, generalmente tallos o ramas, que se cortan y se colocan en condiciones adecuadas para que desarrollen raíces y crezcan como una nueva planta independiente, este método se utiliza en la propagación vegetativa para obtener genéticamente idéntica a la planta madre.

Por tal efecto Argueta (2018), manifiesta que la estaca es una rama provista de yemas capaz de convertirse en una nueva planta, esta debe contar con una longitud de 20 a 40 cm y el grosor varía de 1.5 a 3 cm, para obtener esta rama se realiza un corte por el extremo inferior, y por la parte superior se realiza un corte redondeado a una distancia de 6 a 8 mm de la última yema.

Señala Calderón (1987), el proceso de propagación vegetativa implica tomar fragmentos de material vegetativo, como brotes, ramas o raíces, y luego colocarlos en un medio de suelo adecuado donde puedan desarrollar raíces y brotar la parte aérea, lo que resulta en la formación de nuevas plantas completas que pueden o no ser injertadas posteriormente. Cada fragmento de material vegetativo se denomina estaca, y puede variar en tamaño, edad, estado fisiológico, parte y origen en el árbol, presencia o ausencia de hojas, entre otras características.

2.5.1. Estacas de madera dura o leñosa

Constituye el método de propagación más fácil y menos costoso, son las más simples de preparar, no requieren equipo especial durante el enraizado. Se preparan durante la estación de reposo, después de la caída de hoja y antes de la brotación de yemas. El material debe obtenerse de plantas madres sanas y vigorosas (Centellas *et al.*, 2011).

2.5.2. Estacas de madera semidura o semileñosa

Se mencionan que se recogen en verano, después de haber transcurrido un periodo de crecimiento, con madera parcialmente madura. Se las recoge con una longitud de 10 a 15 cm, dejando hojas en su extremo apical. Es necesario plantarlas inmediatamente para evitar su deshidratación y con uso de auxinas (Centellas *et al.*, 2011).

2.5.3. Estacas de madera blanda o herbácea

Las estacas se extraen en primavera de los extremos de las ramas nuevas que crecen a plena luz. La longitud varía de 10 a 15 cm, dejando un par de medias hojas en la porción terminal a pesar que el enraizamiento es más rápido y fácil, se requiere más atención y debe ser necesariamente bajo nebulización. Los brotes muy tiernos no son deseables porque tienen una tendencia mayor a deshidratarse antes que ocurra el enraizamiento (Centellas *et al.*, 2011).

2.6. Ventajas de la propagación vegetativa

Según Centellas *et al.* (2011), la propagación por estacas presenta ventajas como:

- Facilidad en el procedimiento, se puede propagar abundante material utilizando un espacio limitado, partiendo de pocas plantas madres.

- Cada planta producida por este método es genéticamente idéntica a la planta de la cual procede.
- Se obtiene mayor uniformidad del huerto por reproducir los caracteres genéticos.
- Tiene bajo costo de operación (económico), es rápido y simple.

2.7. Desventajas de una propagación vegetativa

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2006), la propagación vegetativa tiene las siguientes desventajas:

- Si ocurre un cambio drástico en las condiciones ambientales, un clon o una especie que se reproduce mediante clones, estará en desventaja, ya que tiene menos posibilidades de adaptación a las nuevas condiciones ambientales, que pueden afectar a todos los miembros del clon.
- Otra desventaja es aparentemente la infección por virus. De hecho cualquier clon cultivado por cierto periodo es probable que se infeste, y su éxito depende de la capacidad que presente para tolerar al virus.

2.8. Condiciones ambientales durante el enraizamiento

2.8.1. Relaciones con el agua

Se ha observado que, aunque la presencia de hojas en las estacas puede ser un factor importante para estimular la formación de raíces, es esencial tener en cuenta que la pérdida de agua a través de las hojas puede llevar a que las estacas se deshidraten, lo que podría resultar en su muerte antes de que tengan la oportunidad de desarrollar raíces. Para asegurar un proceso de enraizamiento exitoso en estacas con hojas, es fundamental que estas mantengan su firmeza y que dispongan de suficiente agua en su estructura (Hartmann y Kester, 1998).

2.8.2. El pH del suelo

Según Hartmann y Kester (1998), señala que el pH del suelo es una forma de medir la cantidad de iones de hidrógeno presentes en el suelo. Aunque el pH en sí no ejerce una influencia directa en el crecimiento de las plantas, tiene diversos efectos indirectos, como la influencia en la disponibilidad de varios nutrientes y en la actividad de microorganismos

beneficiosos del suelo. En general, se considera que un rango de pH de 5,5 a 7,0 es el más óptimo para favorecer el desarrollo de la mayoría de las plantas.

2.8.3. Temperatura

Para promover el enraizamiento de esquejes en la mayoría de las especies, resultan apropiadas temperaturas diurnas en el rango de aproximadamente 21 a 27 °C, acompañadas de temperaturas nocturnas de alrededor de 15 °C, si bien algunas especies enraízan de manera más efectiva a temperaturas más frescas. Además, se menciona que temperaturas del aire significativamente altas tienden a estimular el desarrollo de las yemas antes que el de las raíces, y también aumentan la pérdida de agua a través de las hojas (Hartmann y Kester, 1998).

2.8.4. Luz

Hartmann y Kester (1998), destacan que en todos los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas, la luz desempeña un papel fundamental al servir como la fuente primordial de energía para llevar a cabo la fotosíntesis. En el caso del enraizamiento de esquejes, los productos generados a través de la fotosíntesis juegan un papel importante en el inicio y crecimiento de las raíces. Los efectos de la luz en este proceso pueden deberse a factores como la intensidad luminosa, la duración de la exposición a la luz (fotoperiodo) y la calidad de la luz.

2.9. Época de Estaquillado

Ramírez (2019), señala que las épocas del estaquillado es uno de los factores que se debe tomar muy en cuenta. Las estacas semileñosas deben ser tomadas durante la primavera, el verano o principios de otoño, usualmente enraízan con mayor facilidad que las estacas de madera dura obtenidas en el invierno.

2.10. Rizogénesis

Pina (2008), indica que la rizogénesis es el conjunto de fenómenos que conducen a la emisión de raíces. Cualquiera que sea el tipo de estaquillado, el primer estado de reconstrucción de la planta entera será el nacimiento de un nuevo sistema radicular, ya que existe un sistema caulinar en potencia y una yema que permitirá el crecimiento nuevo.

Hartmann y Kester (1998), mencionan que cuando se hace en una estaca, las células vivientes que están en las superficies cortadas son lesionadas, quedando expuestas las células muertas y conductoras del xilema. El proceso sucesivo de cicatrización y regeneración ocurre en tres pasos.

- Primero: al morir las células externas lesionadas, se forma una placa necrótica que sella la herida con un material suberoso (suberina) y tapa el xilema con goma. Esta placa protege las superficies cortadas de la desecación.
- Segundo: después de unos cuantos días, las células que están detrás de esa placa empiezan a dividirse y se puede formar una capa de células de parénquima (callo).
- Tercero: en ciertas células próximas al cambium vascular y al floema empieza el inicio de las raíces adventicias.

2.11. Razones para emplear la propagación asexual

Goitia (2003), menciona las siguientes razones para tal propagación asexual:

- Inhabilidad de producir semillas.
- Inhabilidad de producir semillas por autofecundación.
- Para perpetuar determinada especie.
- Para propagar rápidamente sin semillas.
- Para desarrollar inmunidad a plagas y enfermedades.
- Para adaptación a un hábitat.
- Para modificar el hábito de crecimiento.

2.12. Fisiología de la propagación de esquejes

2.12.1. Formación del callo

Según Moeller (2016), indica que el callo es tejido de parénquima cicatricial, surgiendo como defensa ante patógenos. Contiene células no especializadas capaces de generar brotes y raíces en respuesta a heridas.

Cuando las estacas están en condiciones propicias, se genera un callo en su base, constituido por células parenquimatosas variadamente lignificadas, originadas en el cambium vascular y el floema adyacente. A menudo, las primeras raíces surgen a través

del callo, insinuando su importancia para el enraizamiento, aunque ambos procesos son independientes. La coincidencia frecuente se debe a similitudes en factores internos y ambientales (Hartmann y Kester, 1998).

En tanto Goitia (2003), define el proceso de enraizamiento, después de cortar una estaca, se produce una liberación de sustancias grasas en el lugar de la sección. Estas sustancias, al entrar en contacto con el aire, se oxidan y forman una capa impermeable que protege contra los patógenos. Posteriormente, comienza un proceso de suberización. A partir del cambium y utilizando los nutrientes disponibles, se inicia la proliferación de células en forma de un anillo. Este anillo, llamado callo, se diferencia y da lugar al desarrollo de raíces. Luego, comienza la formación de raíces alrededor del anillo. En el caso de las estacas verdes, el enraizamiento se inicia en el periciclo y el floema primario, mientras que en las estacas leñosas, el proceso se inicia en el cambium y el floema secundario.

2.12.2. Formación de raíces adventicias

Se menciona que en la zona de corte de la estaca emerge una liberación de sustancias grasas. Estas, al entrar en contacto con el aire, se oxidan, creando una barrera contra patógenos. Posteriormente, ocurre la suberización. A partir del cambium y los nutrientes presentes, se origina una proliferación celular en forma de anillo. Mediante la diferenciación del anillo o callo, se inician la formación de raíces y, eventualmente, la formación de un anillo que rodea la base (Goitia, 2000).

Blanco (2011), menciona el siguiente proceso de formación de raíces en estacas, se sigue una secuencia específica:

- Inicialmente, se forma una placa necrótica, compuesta principalmente de suberina, en la zona de corte. Esta placa actúa como un sello que impide la pérdida de agua y desecación del material.
- Las células ubicadas detrás del corte comienzan a dividirse y forman un tejido llamado parénquima, que a menudo se conoce como callo. Este callo es una especie de masa de células indiferenciadas que sirve como punto de partida para el desarrollo de las raíces.

- Alrededor del cambium (el tejido que produce nuevas capas de crecimiento en el tallo), se forman los primordios radiculares. Estos son los precursores de las raíces y comienzan a desarrollarse.
- Posteriormente, las raíces nuevas emergen del callo y, en el proceso, pueden romper otros tejidos del tallo circundante para abrirse camino hacia el sustrato circundante.
- Finalmente, se establecen conexiones vasculares en el nuevo tejido formado, lo que implica la formación de tejido de xilema y floema que permiten el transporte de agua y nutrientes a las raíces recién formadas.

Este proceso asegura que las estacas puedan desarrollar un sistema de raíces funcional y adaptarse para crecer como nuevas plantas independientes (Blanco, 2011).

Rodriguez (1991), indica que el callo es una formación de color amarillenta ubicada en la base de la estaca. Está provocada por una auxina, que estimula la rápida división de células parenquimáticas.

2.13. Condiciones que influyen en el enraizamiento

Calderón (1987), menciona que teniendo en cuenta una especie y variedad específicas, cada una con sus características distintivas en términos de la facilidad y el éxito del enraizamiento, varios factores pueden ejercer influencia, incluyendo el entorno, el estado fisiológico de las partes utilizadas como estacas y el sustrato aplicado a las mismas.

2.13.1. Sustancias reguladoras de crecimiento

Las fitohormonas son compuestos orgánicos, distintos de los nutrientes, producidos en la planta, los cuales en concentraciones bajas regulan el proceso fisiológico vegetal, que se mueven de un sitio de producción a un sitio de acción (Hartmann y Kester, 1998).

Las auxinas promueven el enraizamiento de las estacas y son más utilizadas para la propagación de las plantas a través de las estacas, también mencionan que las auxinas intervienen en el crecimiento del tallo, la formación de raíces, activación de las células del cambium, la inhibición de las yemas laterales, la abscisión de hojas y frutos (Hartmann y Kester, 1998).

Rodriguez (1991), indica que la acción de la auxina en el crecimiento de las raíces es parecida a su acción sobre los tallos, con la salvedad de que la concentración de auxina en el crecimiento del tallo actúa como estimuladora, mientras para el crecimiento de raíz es inhibidora.

2.13.1.1.Ácido indolbutírico (IBA)

Según López (2001), menciona que la hormona IBA (ácido indolbutírico) es la auxina sintética, que se aplica a la base de las estaquillas para inducir la formación de raíces.

Existen métodos de aplicación, preparación en polvo, inmersión en solución concentrada o remojo en solución diluida. En el caso de la preparación en polvo, se pone en contacto los primeros centímetros de la base de la estaca con el talco que contiene la hormona. Previo a introducir las estacas en el polvo se le hace un corte o se humedece la base de la estaca para mejorar la adherencia del polvo (Sisaro y Hagiwara, 2016).

Cuadro 1, Descripción del ácido indolbutírico (IBA)

Cuadro 1. Descripción del IBA

Nombre común	IBA
Otros nombres	Hormodin, Seradix.
Acción	Regulador del crecimiento de las plantas.
Propiedades químicas	Polvo blanco a marrón a cristalino solido exhibe las características a un ácido orgánico. Insoluble en agua, pero soluble en álcalis de hidróxido y carbonatos, y muy comúnmente orgánicos, punto de fusión mínimo 119 °C.
Asignación del producto	Usar con prevención.
Manejo y almacenamiento	Manejar y almacenar al producto como cualquier producto químico con características toxicológicas.
Aplicación	Usar como estabilizante e inductor de raíz en estacas.
Formulación	Rootone, combinaciones de NAA, NAD, e IBA (unión Caribe), Seradix polvo que esfuerza las raíces según el tipo de esquejes o estacas de cultivo.

Fuente: Lopez (2001)

2.13.2. Métodos de uso de los reguladores

Weaver (1980), afirma que existen muchos métodos para aplicar cantidades suficientes de reguladores de crecimiento a las estacas de tallos. No obstante, los únicos tres métodos que en la actualidad han llegado a utilizarse amplia y prácticamente son la inmersión rápida, el remojo prolongado y el espolvoreado.

Según Ayaviri (2010), menciona 3 tipos de aplicación de hormonas reguladores:

- **Método de inversión rápida**

En este método los extremos basales de las estacas se sumergen aproximadamente 5 segundos en una solución concentrada (500-1000 ppm) del producto químico en alcohol, puede absorberse a través del tejido intacto, cicatrices de las hojas, heridas o cortes en los extremos apical o basal de las estacas, luego las estacas se colocan inmediatamente en el medio de enraizamiento.

- **Método de remojo prolongado**

Las concentraciones utilizadas varían desde 20 ppm en las especies de enraizamiento fácil, hasta 200 ppm en las especies de enraizamiento más difícil, las estacas, solamente una pulgada basal se remojan en la solución durante 24 horas en un lugar sombreado y a temperaturas ambiente, colocándolos inmediatamente en el medio de enraizamiento.

- **Método de espolvoreado**

En este método la base de los esquejes se trata con una hormona de crecimiento mezclada en un portador (polvo fino inerte que puede ser arcilla o talco). Deben utilizarse aproximadamente mayor a 200 ppm de la hormona de crecimiento. Se emplea dos métodos principales para preparar la mezcla de sustrato. Uno de ellos es moler los cristales de auxinas a fin de formar un polvo fino y a continuación mezclar ese polvo con el portador.

2.14. Sustratos

Según Colque (2016), menciona que una buena definición de sustrato es aquella que hace mención a todo material sólido distinto del suelo, natural o sintético, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o mezclada, permite el anclaje

del sistema radicular, cumpliendo un papel de soporte, este puede o no intervenir en la nutrición vegetal.

Zapana (2013), define al sustrato como a todo material solido utilizado en viveros que se diferencia del suelo, este puede ser natural, sintético, mineral u orgánico que permite el anclaje de las plantas mediante su sistema radicular, dependiendo del sustrato este puede o no interferir en el proceso de nutrición de la planta, se puede clasificar a los sustratos en químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.) y químicamente activos (turbas, corteza de pino, etc.).

Según Muñoz y Vera (2012), señalan que el sustrato sirve como soporte y anclaje de las plantas, además de suministrar a la planta cantidades adecuadas de aire, nutrientes y minerales, dependiendo de la preparación de la misma, si las proporciones del sustrato son inadecuadas el crecimiento de la planta puede verse afectada, a causa de varios factores entre los cuales se encuentran: la asfixia debido principalmente a la falta de oxígeno que requieren las raíces, deshidratación debido a la falta de agua, esto puede ocasionar la muerte de la planta, enfermedades producidas indirectamente a causa de los anteriores factores mencionados volviendo a la planta más susceptible al ataque de virus, bacterias y hongos.

2.14.1. Clasificación del sustrato

Aguilar y Baixauli (2002), clasifican los distintos sustratos utilizados en los sistemas de cultivo en:

a) Sustratos orgánicos, que al mismo tiempo se subdividen en:

- De origen natural, entre los que se encuentran las turbas.
- Subproductos de la actividad agrícola: la fibra de coco, virutas de madera, paja de cereales, residuos de la industria del corcho, etc.

b) Sustratos inorgánicos, subdivididos en:

- De origen natural, que no requieren de un proceso de manufacturación, entre los que se encuentran: la arena, las gravas y las tierras de origen volcánico.

- Aquellos que pasan por un proceso de manufacturación, como son: la lana de roca, la fibra de vidrio, perlita, vermiculita, arcilla expandida, arlita, ladrillo troceado, etc.

2.14.2. Desinfección del sustrato

Según Khuno (2005), para la desinfección del sustrato se utilizan 250 cc de formaldehído en una concentración del 40%, este debe ser disueltos en 15 litros de agua, esta cantidad se rocía en 3 m² de sustrato inmediatamente se cubre con un nylon para evitar la evaporación de los gases, una vez transcurridos las 48 horas se destapa el sustrato comprobando que el olor de los gases del formaldehído haya desaparecido.

Huarhua (2017), manifiesta que la desinfección del sustrato evita la proliferación de hongos, microorganismos y enfermedades que afectan al desarrollo de la plántula, la desinfección se la realiza utilizando distintos productos químicos como ser el formol al 40%, bromuro de metilo, etc., también se puede desinfectar el sustrato mediante la solarización, aplicando agua hervida, siendo procesos de fácil ejecución y menos costosos.

2.14.3. Suelo

Según Hartmann y Kester (1998), mencionan que un suelo está formado por materiales en estado sólido, líquido y gaseoso. Para un crecimiento satisfactorio de la planta, estos materiales deben estar presentes en las proporciones adecuadas. La parte sólida del suelo está compuesta por formas tanto orgánicas como inorgánicas. La porción orgánica del suelo está formada por organismos tanto vivos como muertos, insectos, hongos, bacterias y raíces de plantas.

2.14.4. Suelo del lugar

Se demostró que el sustrato de textura liviana facilita el enraizamiento de las estacas, compuesto preferentemente de tierra del lugar o tierra negra 40%, arena 30% y 30% de tierra vegetal que se forma por la deposición de hojarasca y restos vegetales, que a su vez sufren una descomposición por la actividad microbiana que la convierten en compost (Tucupa, 2012).

2.14.5. Arena

Darquea (2015), expresa que la arena contiene partículas con diámetros de 0.2 a 2 mm, tiene poca capacidad de retención de humedad, buena aireación, escasos nutrientes y exige riegos con mucha frecuencia y poca intensidad.

Hartmann y Kester (1998), sostiene que la arena de cuarzo, que está formada en su mayor parte por un complejo de sílice, es la que en general se usa para fines de propagación. La arena es el más pesado de los materiales que se utilizan como medio de crecimiento de las raíces. De preferencia debe ser fumigada o tratada con calor antes de usarla, ya que puede contener semillas de malezas y organismos patógenos. La arena prácticamente no contiene nutrientes minerales ni capacidad de amortiguamiento químico. Se usa principalmente en combinación con materiales orgánicos.

2.14.6. Turba

La turba está formada por restos de vegetación acuática, de pantanos, o marismas, que han sido conservados debajo del agua en estado de descomposición parcial. La falta de oxígeno en el pantano hace más lenta la descomposición bacteriana y química del material vegetal. La composición de los diversos depósitos de turba varía mucho, dependiendo de la vegetación de que se originaron, su estado de descomposición, contenido de minerales y grado de acidez (Hartmann y Kester, 1998).

Colque (2016), hace referencia a que la turba es una sustancia orgánica densa de color marrón oscuro que contiene una alta cantidad de carbono. Está compuesta por una estructura esponjosa y ligera en la que todavía se pueden observar los restos de las plantas de las que se originó. Sus características físicas y químicas varían dependiendo de su procedencia. La turba se utiliza tanto como fuente de energía, siendo empleada como combustible, como en la fabricación de fertilizantes orgánicos.

2.14.7. Cascarilla de café

El pergamino de café o cascarilla es la parte que envuelve el grano inmediatamente después de la capa mucilaginosa y representa alrededor de 12% del grano de café en base seca. Esta cascarilla constituye una excelente fuente de celulosa, y lignina, pentosanos, sílice y cenizas, así como otros compuestos en menor proporción (Enma y Manals-Cutiño, 2018).

2.14.8. Cascarilla de arroz

Colque (2016), indica que la cascarilla de arroz tiene diferentes usos según la industria; para cama en las avícolas, pesebreras, para flores, alimentos concentrados para animales y productores de compostaje principalmente y para mejorar la retención de la humedad.

Se hace referencia a que la cascarilla de arroz como un componente que mejora las características físicas del suelo, favoreciendo la aireación, la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes. Además, incrementa la actividad de los microorganismos del suelo, promueve el crecimiento de las raíces de las plantas y actúa como una fuente rica de sílice, lo que confiere resistencia a las plantas contra insectos y microorganismos dañinos. A medida que se descompone, la cascarilla de arroz se convierte en una fuente de materia orgánica (Humus) debido a su alto contenido de lignina. Cuando se utiliza como ceniza, aporta fósforo y potasio y puede ayudar a corregir la acidez del suelo (Ayaviri, 2010).

Es un sustrato suelto liviano, inerte, baja retención de descomposición, buen drenaje, que permite una excelente aireación, controla los excesos de humedad y el filtraje de nutrientes al suelo, lo que favorece el desarrollo radicular en él, aumentando la actividad macro y microbiológica del suelo y estimula el desarrollo del sistema radicular de las plantas. Es una fuente de sílice y favorece así la resistencia de las plantas contra plagas y enfermedades. Corrige la acidez del suelo y es una fuente constante de humus, este material puede ocupar hasta un 33% del volumen de los ingredientes, tiene un 87% de materia orgánica y 13% de cenizas (Apaza, 2004).

2.14.9. Aserrín

El aserrín es el residuo de la madera más común. La especie de árbol del cual deriva, influye en la durabilidad del aserrín y la cantidad de nitrógeno complementario requerido para mantener un crecimiento normal de las plantas. Todo tipo de aserrín mejoran las condiciones físicas del sustrato. Su efecto sobre la acidez es casi nulo (Colque, 2016).

La utilización de restos de madera (Aserrín), es preferible que no sean de pino ni de madera roja, porque estos pueden afectar a las raíces de las plantas; se lo pueden utilizar cuando tenga de uno a dos años de antigüedad porque la descomposición en el suelo absorbe el Nitrógeno del suelo quedando no disponible para las plantas, lo cual produce

una depresión en el cultivo. Se podría compensar si se aporta un fertilizante mineral nitrogenado hasta que los microorganismos liberen el Nitrógeno que han "inmovilizado" temporalmente en su ataque a las materias secas (Apaza, 2004).

2.15. Labores culturales

2.15.1. Riego

Desde el punto de vista de Gómez (2010), el riego es muy importante debido a que la pérdida excesiva de humedad del suelo ocasiona que las semillas, materia vegetal se sequen, esto ocasionaría una pérdida en la germinación y prendimiento, por otra parte el exceso de humedad genera un decaimiento en el porcentaje de germinación.

2.15.2. Deshierbe

El deshierbe se lo realiza después del riego, se realiza esta actividad eliminando las malezas, es muy importante porque permite que el agua penetre con mayor facilidad a las raíces, también favorece la aireación del suelo (Cocarico, 2016).

De acuerdo con Méndez y Cárdenas (2009), consideran que el deshierbe es una labor que se debe realizar de forma manual, si se deja de lado esta labor se pueden experimentar pérdidas en la producción debido a la competencia de las hierbas con el cultivo por los nutrientes, luz y agua.

2.15.3. Semisombra

Méndez y Cárdenas (2009), señalan que si bien no es una labor cultural se recomienda su utilización en la mayoría de los casos para la protección de las plantas, para que no reciban directamente la luz del sol, particularmente en la fase inicial, con el transcurrir del tiempo se puede controlar su exposición al sol. Las plantas no deben ser sobre expuestas a la semisombra, esto podría causar que las plantas crezcan más altas, delgadas, inclinadas y con hojas de color verde oscuro.

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los predios del Estación Experimental de Kallutaca de la carrera Ingeniería Agronómica, de la Universidad Pública de El Alto, que corresponde a la jurisdicción de la provincia Los Andes, municipio Laja, geográficamente se encuentra situada a $16^{\circ}31'26''$ latitud Sur y $68^{\circ}18'30''$ longitud Oeste, a una altitud de 3903 m.s.n.m. (Google Earth, 2022).

En la Figura 1, se muestra la ubicación geográfica de la investigación realizada en el Estación experimental de Kallutaca.



Figura 1. Ubicación geográfica de la Estación Experimental de Kallutaca (Google Earth, 2022).

3.2. Materiales

Los diversos materiales, equipos, herramientas, e insumos que se usaron para la investigación fueron:

3.2.1. Material vegetal

En el estudio se utilizarán 300 esquejes de ciruelo de 15 a 20 cm de longitud que fueron adquiridas del municipio de Sapahaqui, La Paz.

3.2.2. Material químico

- Ácido indolbutírico (IBA)
- Formol al 40%
- Spiderman etiqueta Azul

3.2.3. Material orgánico

- Arena fina
- Aserrín
- Cascarella de arroz
- Cascarella de café
- Turba
- Tierra de lugar

3.2.4. Material de campo

- Tablero de campo
- Contenedores
- Pala, picota y carretilla
- Tijeras de poda
- Malla sombra raschel 50%
- Bolsa negra de polietileno (20 cm de alto con 10 cm de diámetro)
- Flexómetro
- Cernidor
- Termómetro
- Marbetes
- Calibrador vernier

- Regaderas

3.2.5. Material de gabinete

- Computadora
- Planillas de registro
- Calculadora
- Material de escritorio

3.3. Método

El enfoque del trabajo de investigación es cuantitativo, porque describe y evalúa los factores productivos de las variables, el tipo de investigación es experimental con diseño de bloques completos al azar, prueba de medias Duncan, la población conformada por 300 esquejes con un muestreo probabilístico de 5 esquejes por tratamiento para la sistematización de datos se utilizó 2 etapas el primero: observación para el comportamiento y desarrollo de los esquejes que fueron traídos de Sapahaqui, trasplantados en cuatro tipos de sustrato y el segundo: las planillas para toma de datos, para la sistematización se utilizó el programa InfoStat y la presentación de resultados en tablas de ANVA, histogramas y cuadros de medias y figuras.

3.3.1. Desarrollo del ensayo

El trabajo de la presente investigación, se realizó al inicio del mes de junio con una duración de 4 meses concluyéndose en octubre de la gestión 2022.

3.3.1.1. Medición del área de estudio

La presente investigación fue realizada en el Estación Experimental de Kallutaca, en el ambiente de fruticultura, sus dimensiones son de 15 x 6 m, con una altura construida de ladrillo de 0.12 m y techado con agro film de 250 micrones, y una altura máxima de 4 m y el modelo de la carpa es de tipo dos aguas.

La medición del área de investigación se realizó utilizando una wincha, el área que se utilizó en el módulo de fruticultura fue de 6.5 m².

3.3.1.2. Preparaciones del área y nivelación del terreno

Se realizó una limpieza del área de estudio, eliminando las piedras, para luego nivelar y tener un área de estudio uniforme.

3.3.1.3. Recolección de cascarilla de arroz, aserrín, cascarilla de café y turba

Cascarilla de arroz y la cascarilla de café fueron adquiridas de la sede desconcentrada de Caranavi, turba y el aserrín fueron adquiridos en el aserradero de la Ex tranca de Río seco.

3.3.1.4. Preparación y desinfección del sustrato

Según Fossati y Olivera (1996), para la desinfección de los diferentes sustratos se utilizó 1/2 litro de formol a una concentración del 40% en dos baldes de capacidad de 20 litros de agua cada uno, luego se procedió a regar con la ayuda de una regadera sobre los sustratos con la protección adecuada (botas y guantes). Posteriormente se cubrió con plástico por tres días con el objetivo de provocar transpiración, luego se debe dejar ventilar por cuatro días hasta que quede sin olor.

3.3.1.5. Preparación de sustratos

La preparación de sustratos para las unidades experimentales (platabandas), se realizó aplicando al sustrato (turba, cascarilla de café, aserrín, cascarilla de arroz) en una proporción de 40% por maseta para aumentar los nutrientes en el sustrato y arena con una proporción de 10% por maseta para mejorar la estructura del sustrato; retención de agua, gran tamaño de poros, mayor aireación y la capacidad de intercambio catiónico.

3.3.1.6. Características de los envases utilizados

Se utilizó bolsas de polietileno negro de 20 cm de largo por 10 cm de diámetro. Se envasaron 25 unidades por cada sustrato y en total se tuvo 300 envases para todo el diseño experimental.

3.3.1.7. Recolección de esquejes

Se recolectaron 300 esquejes de ciruelo (*Prunus domestica* L.) de 15 a 20 cm del municipio de Sapahaqui, del departamento de La Paz.

Los esquejes obtenidos fueron de las ramas laterales de la planta de ciruelo, con yemas que son capaces de formar raíces, los esquejes serán cortados con 20 cm de longitud justo debajo del nudo con un corte de un ángulo de 45° aproximadamente, para obtener mayor área de contacto con el sustrato y el ácido indolbutírico.

Luego de cortar los esquejes se procedió a llevarlos a la Estación Experimental de Kallutaca, se remojó durante 5 días en agua sumergiendo a una profundidad de 5 cm para la formación de callos ya que de ellos se forman las raíces adventicias.

3.3.1.8. Aplicación de IBA

Se procedió con la aplicación en polvo de la hormona enraizadora Ácido Indolbutírico (IBA) en la parte inferior de los esquejes cubriéndolos 1 cm aproximadamente.

3.3.1.9. Trasplante

El trasplante de los esquejes se realizó en bolsas de polietileno de color negro; primeramente, se colocaron los esquejes con la ayuda de una vareta de madera previamente elaborado para repique. El objetivo de hacer dichas perforaciones será para que no se dañe la base los esquejes al friccionarse con el sustrato al momento de colocarlas.

3.3.1.10. Labores culturales

Las labores culturales que se realizaron fueron:

a) Riego

El método de riego que se aplicó en este trabajo fue el riego manual con una regadera día por medio una vez que los esquejes ya estén introducidos en las macetas para proporcionar la humedad a las macetas y para el desarrollo del enraizamiento.

b) Deshierbe

Se realizó la extracción de las plantas ajenas en las macetas manualmente realizando esta actividad cada semana, durante el desarrollo del enraizamiento de esquejes con la finalidad de eliminar malezas y a la vez realizando la aireación del sustrato.

c) Semisombra

En el proceso inicial del crecimiento de los brotes de los esquejes se utilizó una malla semisombra al 50% con tal de proteger de las altas temperaturas en el interior de la carpa de ladrillo y proteger de la intensidad lumínica.

d) Control fitosanitario

En la presente investigación, se observó presencia de pequeñas larvas transparentes durante el desarrollo de los esquejes de ciruelo en la zona radicular causando la pudrición de las raíces emergidas de los callos y se pudo combatir con la aplicación del insecticida Spiderman de etiqueta color azul, esto pudo ser ocasionado por las condiciones medioambientales que se realizaron en el proceso de producción con el cambio de agrofilm, constantes circulación de personal en el área de investigación que pudieron ayudar en diseminación de insectos.

3.3.2. Toma de datos

La toma de datos se realizó diariamente en el control de temperaturas máximas y mínimas y la humedad relativa, para ver el desarrollo de los esquejes de ciruelo en el interior de la carpa solar. Por otra parte las demás variables como longitud de raíz, longitud del brote principal, número de hojas, porcentaje de sobrevivencia, etc., fueron evaluadas una vez que concluyeron los cuatro meses de evaluación de los plantines.

3.3.3. Diseño Experimental

Para el presente trabajo de investigación, se utilizó el Diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA), con cuatro sustratos y tres repeticiones teniendo un total de doce unidades experimentales (Ochoa, 2016).

3.3.3.1. Modelo lineal

Ochoa (2016), señala que el modelo para DBCA es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij}	=	Valor observado de la variable de respuesta de una unidad experimental
μ	=	Media general
β_j	=	Efecto del j-ésimo bloque
α_i	=	Efecto de i-ésimo de sustratos
ε_{ij}	=	Error experimental

3.3.4. Tratamientos de estudio

Las proporciones de la mezcla de los sustratos para el estudio del desarrollo de los esquejes de ciruelo se indican en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Proporciones de la mezcla de los sustratos

Tratamiento	Tierra del lugar	Arena	Sustrato
T1	50%	10%	40% Cascarilla de arroz
T2	50%	10%	40% Cascarilla de café
T3	50%	10%	40% Aserrín
T4	50%	10%	40% Turba

3.3.5. Croquis experimental

En la Figura 2, se presenta la distribución de los tratamientos.

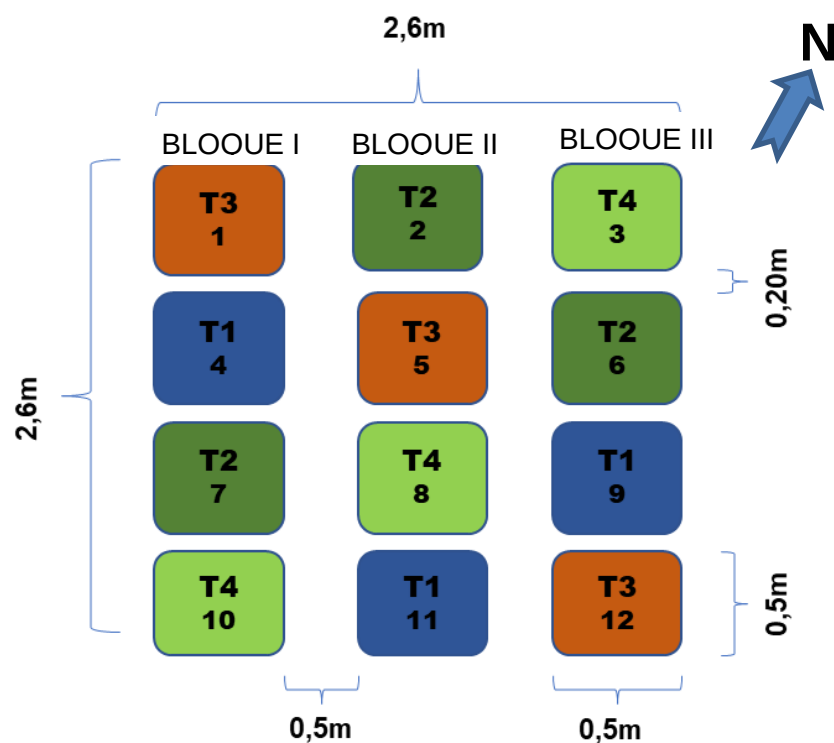


Figura 2. Croquis del experimento

3.3.6. Variables de respuesta

3.3.6.1. Porcentaje de prendimiento

Los datos de esta variable se registraron a los 45 días después del estacado, lo suficiente para el desarrollo de los brotes, tomando en cuenta el número de estacas prendidas sobre el total de estacas brotadas.

$$\% \text{Prendimiento} = \frac{\text{número de esquejes prendidas}}{\text{número total de esquejes brotadas}} * 100$$

3.3.6.2. Longitud del brote principal (cm)

Se realizó la medición de la longitud del brote principal con una regla al finalizar el experimento.

3.3.6.3. Longitud de la raíz (cm)

Para obtener el resultado de longitud de las raíces, se procedió a tomar 5 muestras al azar extrayéndolos, luego a remover el sustrato adherido a las raíces a través de un lavado con agua, las raíces libres de sustrato se midieron con la ayuda de una regla, todas estas mediciones fueron registradas en una planilla.

3.3.6.4. Días a brotación

La obtención de datos para esta variable se realizó por simple conteo, observando la cantidad de los esquejes brotados en cada unidad experimental, tomando como días de brotación el 50% de los esquejes brotados por unidad experimental.

$$\% \text{ de Brotación} = \frac{\text{número de esquejes brotados}}{\text{número total de esquejes plantados}} * 100$$

3.3.6.5. Número de brotes

Se evaluó cada siete días de forma visual de los primeros brotes.

3.3.6.6. Número de hojas de los brotes principales

Para la determinación de esta variable se cuantifico por el simple conteo de la cantidad de hojas existentes en el brote principal de cada una de las muestras en los sustratos de estudio.

3.3.6.7. Diámetro del brote principal

Para el diámetro del brote principal se evaluó 5 muestras al finalizar el experimento. La medida del diámetro del brote se realizó en la base del brote con un vernier

3.3.6.8. Número nudos del brote principal

Para el número de nudos del brote principal se procedió al conteo de los nudos que van emergiendo de los brotes de los esquejes de cada unidad experimental

3.3.6.9. Volumen radicular (cm³)

La evaluación del volumen de la raíz se realizó al finalizar la investigación con el uso de un vaso precipitado, se colocó una cantidad de agua, luego de sumergir la raíz del esqueje y con la resta se conocerá el volumen de la raíz.

3.3.7. Relación beneficio costo

Es la relación que existe entre los beneficios brutos (BB) sobre los costos de producción (CP).

$$B/C=BB/CP$$

Dónde:

B/C= Beneficio costo

BB= Beneficios Brutos (Bs)

CP= Costo de producción (Bs)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A pesar que el trabajo fue realizado en pleno invierno con una duración de cuatro meses muestra los siguientes resultados del desarrollo de los esquejes de ciruelo en la comparación de diferentes tipos de sustratos.

4.1. Características Microclimáticas

El comportamiento de la temperatura y humedad durante la investigación fue medido a diario dentro de la carpa de investigación con un termómetro digital de máximas y mínimas expresados en °C, y la humedad relativa del ambiente para verificar el comportamiento de los esquejes de ciruelo.

A continuación en la Figura 3, se observa las temperaturas registradas durante toda la etapa de investigación.

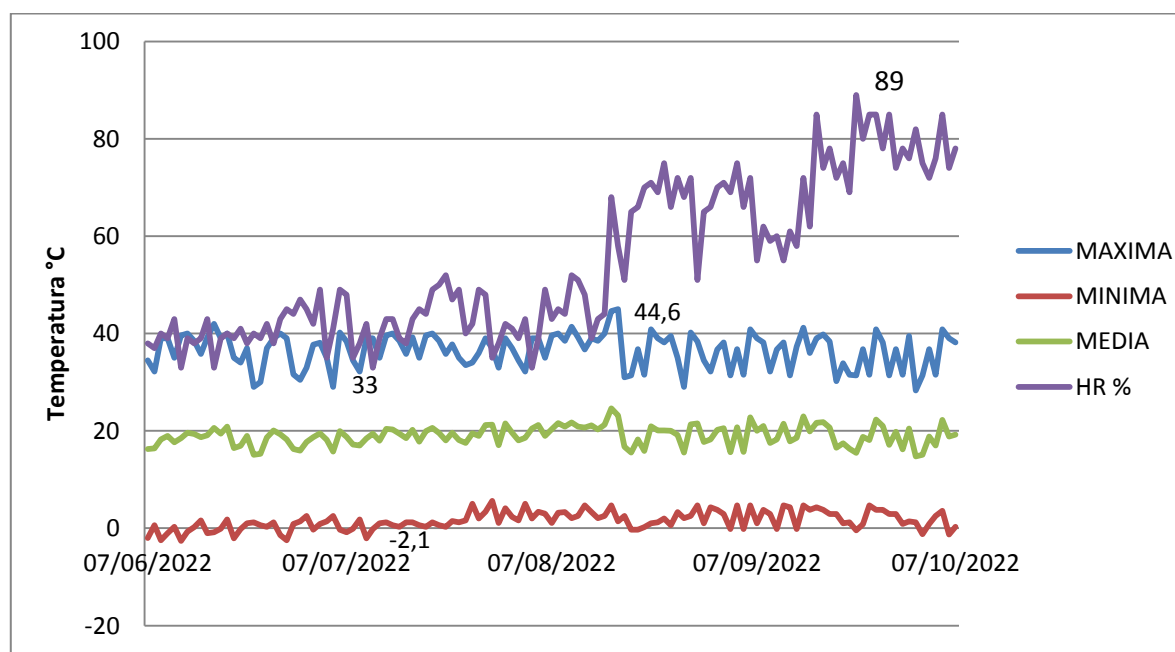


Figura 3. Temperaturas máximas, mínimas y humedad relativa.

En el Figura 3, se observa las fluctuaciones de las temperaturas máximas y mínimas alcanzadas durante el proceso de investigación y también observamos la humedad relativa en porcentajes durante los cuatro meses de investigación, en lo cual las máximas temperaturas alcanzadas fueron el mes de agosto con unas temperaturas de 44,6°C, mientras que las temperaturas mínimas alcanzadas se presentan el mes de junio con un

valor de -2.1°C , la humedad relativa máxima registrada en el interior de la carpa fue de 89% mientras que la mínima registrado fue de 33%, lo cual podemos indicar que se alcanzó al rango de humedad requerida.

Los registros de temperatura Figura 4, y la evaluación fueron obtenidas a partir del plantado de las estacas a las camas de enraizamiento, hasta los cuatro meses que corresponden a 17 semanas de evaluación (Flores, 2016).

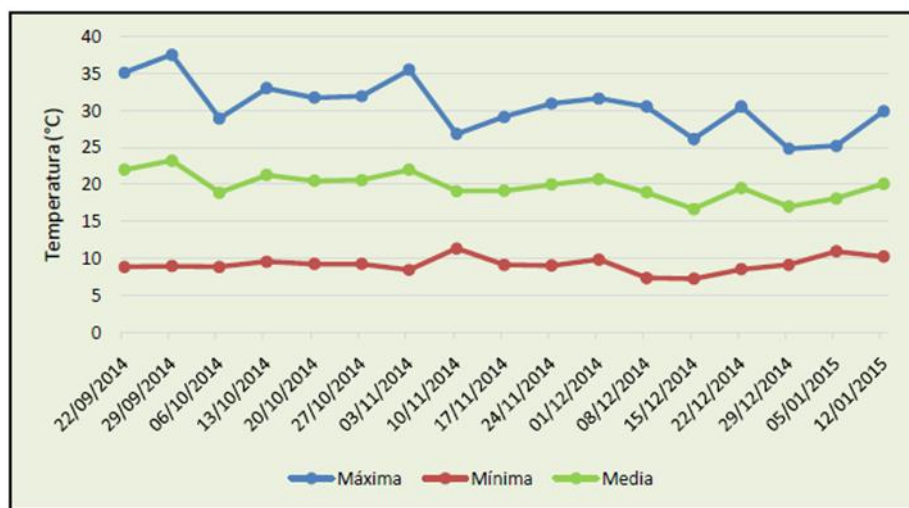


Figura 4. Comportamiento de las temperaturas Máximas, Medias y Mínimas del ensayo (Flores, 2016)

De acuerdo con Flores (2016), menciona que las temperaturas ejercen mucha influencia sobre el crecimiento, desarrollo y metabolismo de las planta.

Teniendo en cuenta Centellas *et al.* (2011), recomiendan que la humedad relativa del ambiente sea superior al 80% y cuando las temperaturas son superiores en horas pico (11:30 a 14:30), se debe abrir ventanas y/o puertas para bajar la temperatura y para reducir la intensidad lumínica y evitar quemaduras en las hojas, se recomienda el colocado de malla semisombra.

4.2. Estadísticas descriptivas de las variables agronómicas

En los estadísticos descriptivos de las variables de respuesta (Cuadro 3), de porcentaje de prendimiento nos muestra que los esquejes de ciruelo tienen una media de 62% de prendimiento, teniendo un valor minino de 40 y máximo de 88%, la distribución de

asimetría muestra una leve inclinación hacia la derecha 0,26, y la curtosis tiene una distribución más plana -1,25 que la distribución normal (Cuadro 3).

La variable días a brotación en los esquejes tiene una media de 47 días, teniendo un valor mínimo de 40 días y un máximo de 52 días, una asimetría con inclinación hacia la izquierda con -0,59, una curtosis de distribución plana con -1,44. La variable número de brotes tiene una media de 4 brotes con una mínima de 3 y máxima de 5 brotes, la asimetría muestra una inclinación hacia la derecha con un valor de 0,21 y una curtosis de -1,37 que muestra una distribución achatada (Cuadro 3).

La variable longitud de brote principal tiene un promedio de 11,71cm, teniendo como mínima 5,42 cm, y una máxima longitud de 20,25 cm, con una asimetría de 0,12 que muestra una inclinación hacia la derecha y con una curtosis de -1,63 mostrando una distribución plana (Cuadro 3).

La variable número de nudos del brote principal tiene una media de 12 nudos, con una mínima de 7 nudos y una máxima de 17 nudos en brote principal, con una asimetría de -0,27 mostrando una inclinación hacia la izquierda y una curtosis de -1,44 con una distribución plana (Cuadro 3).

La variable número de hojas del brote principal muestra una media de 13 hojas, teniendo un valor mínimo de 7 hojas y un valor máximo de 19 hojas, y la asimetría muestra una inclinación hacia la izquierda con un valor de -0,3, la curtosis muestra una distribución achatada con un valor de -1,25 (Cuadro 3).

La variable diámetro de brote principal tiene una media de 2,21 mm, teniendo un valor mínimo de 1,8 mm y un valor máximo de 2,75 mm, con una asimetría de 0,3 con una inclinación hacia la derecha, y con -1,67 de curtosis mostrando una forma plana (Cuadro 3).

La variable longitud de la raíz tiene una media en los sustratos de 9,48 cm, mostrando un valor mínimo de 2,83 cm, y teniendo un valor máximo de 13,93 cm, mostrando una asimetría de -0,42 con una distribución más hacia la izquierda, una curtosis de -1,53 con una distribución de forma plana (Cuadro 3).

La variable volumen radicular muestra una media en los sustratos de 1,62 cm³, con un valor mínimo de 1 cm³, y valor máximo de 2,5 cm³, con una asimetría más alargada hacia la derecha, con una curtosis de -0,82 mostrando una distribución plana (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estadísticas descriptivas de las variables de respuesta

	PP	DAB	NDB	LBP	NNBP	NHBP	DBP	LR	VR
Mean	62	47,29	3,81	11,71	12,03	13,13	2,21	9,48	1,62
Std.Dev	15,11	4,34	0,91	5,46	3,28	3,8	0,34	3,96	0,42
CV	0,24	0,09	0,24	0,47	0,27	0,29	0,15	0,42	0,26
Min	40	39,8	2,5	5,42	7	7	1,8	2,83	1
Max	88	51,67	5,2	20,25	16,6	18,5	2,75	13,92	2,5
Skewness	0,26	-0,59	0,21	0,12	-0,27	-0,3	0,3	-0,42	0,36
Kurtosis	-1,25	-1,44	-1,37	-1,63	-1,44	-1,25	-1,67	-1,53	-0,82

4.3. Variables agronómicas

4.3.1. Porcentaje de prendimiento

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 4), para la variable porcentaje de prendimiento reportan que existen diferencias altamente significativas en los sustratos por lo cual es pertinente realizar la prueba de medias, para determinar cuál de los sustratos influye en un menor o mayor grado en esta variable.

Cuadro 4. Análisis de varianza de porcentaje de prendimiento

FV	SC	GL	CM	F	Pr > F
Bloque	72	2	36	0,59	0,5829
Sustrato	2074,67	3	691,56	11,36	0,0069 **
Error	365,33	6	60,89		
Total	2512	11			
Promedio (%)	62				
CV (%)	12,59				

(*) = Significativo, (**) = Altamente significativo

El coeficiente de variación de 12,59%, indica que los datos obtenidos son confiables y que hubo un buen manejo en las unidades experimentales y se encuentra en el rango de aceptación que es menor a 30%, lo que nos demuestra que el manejo del experimento fue bueno y es confiable (Ochoa, 2016).

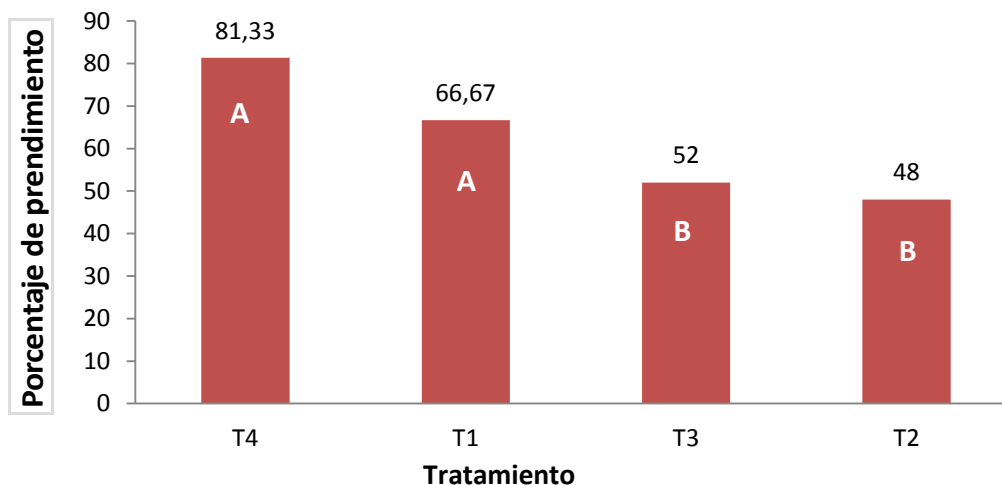


Figura 5. Comparación de medias de porcentaje de prendimiento de los esquejes de ciruelo

En la Figura 5, se observa la prueba de significancia Duncan donde se llegó a determinar que existen dos grupos bien diferenciados, el primero formado por el T4 (Turba) y T1 (Cascarilla de arroz), y el segundo formado por el T3 (Aserrín), y T2 (Cascarilla de café).

Asimismo se evidencia que el sustrato T4 (Turba), muestra un alto porcentaje de prendimiento con 81,33% fueron los mejores, seguido de T1 (Cascarilla de arroz), con 66,67%, mientras que el sustrato T3 (Aserrín), y T2 (Cascarilla de café), ha demostrado obtener un bajo porcentaje de prendimiento, habiendo alcanzado un promedio de 52% y 48%.

En el presente estudio se observó un mayor porcentaje de prendimiento con los sustratos T4 (Turba), y T1 (Cascarilla de arroz), siendo estos los mejores en comparación a los demás sustratos, por lo tanto se considera indispensable que el sustrato muestre una mayor retención de humedad causando el hinchamiento de las yemas de los esquejes.

En lo referente a los resultados, cabe señalar que si bien al principio algunas estacas brotan, no significa que todas sobrevivirán, por lo tanto existen varios factores que provocan este deceso, la humedad, la temperatura del ambiente y del suelo (Flores, 2016).

Por otra parte Flores (2016), da a conocer su investigación realizado en la aplicación de tres tipos de hormonas enraizantes en estacas de portainjertos GXN que el enraizador

AIB+ANA y el enraizador AIB fueron los mejores, con un promedio de 86,12% y 84,22%, mientras que el enraizador ANA ha demostrado obtener el regular porcentaje de prendimiento, habiendo alcanzado un promedio de 75,45%.

4.3.2. Días a brotación

El análisis de varianza (Cuadro 5) respecto a días a la brotación presenta un coeficiente de variación (CV) de 6,08% este valor asume que los datos son confiables y están en el rango por encontrarse dentro del rango establecido, lo que demuestra que el manejo del experimento fue bueno y es confiable (Ochoa, 2016).

Cuadro 5. Análisis de varianza para días a brotación

FV	SC	GL	CM	F	Pr > F
Bloque	26	2	13	1,56	0,2848
Sustrato	137	3	45,67	5,48	0,0374 *
Error	50	6	8,33		
Total	213	11			
Promedio (días)	48				
CV (%)	6,08				

(*) = Significativo

Para días a la brotación (Cuadro 5) señala que hay diferencia significativa en los sustratos, en este sentido existe influencia del sustrato en los días a la brotación de esquejes de ciruelo con una media de 48 días de brotación.

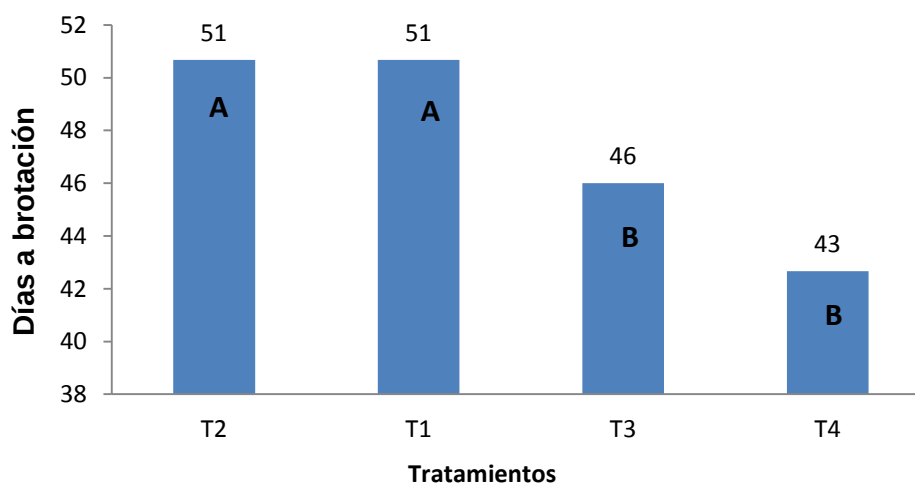


Figura 6. Prueba de medias de la variable días a brotación

Para la comparación de medias para la variable días a brotación, se realizó la prueba de medias Duncan (Figura 6), se observa dos grupos significativamente diferentes donde el sustrato T1 (Cascarilla de arroz) y T2 (Cascarilla de café) alcanzaron una brotación a los 51 días, y el sustrato T3 (Aserrín) y T4 (Turba) a los 46, y 43 días.

El T4 (Turba) muestra el mejor resultado con un valor de 72% de brotación a los 43 días, esto se puede atribuir a que se aplicó una apropiada dosis de sustrato y que existe una buena cantidad de materia orgánica que proporciona nutrientes incrementando la fertilidad, también se le agrego un elemento adicional para estimular mejor el enraizamiento el ácido indolbutírico.

La turba tiende a favorecer y acelerar el proceso de brotación más rápido debido a sus propiedades de retención de humedad y nutrientes, la cascarilla de arroz puede ser adecuada para ciertas plantas que requieren un buen drenaje. Y la cascarilla de arroz tiene propiedades de drenaje que pueden ser beneficiosas para algunas plantas, ya que evita el encharcamiento. Sin embargo, debido a su capacidad de drenaje, es posible que los esquejes en este sustrato requieran un poco más de tiempo para desarrollar raíces y comenzar a brotar en comparación con la turba.

Mientras que la cascarilla de café tiene acidez excesiva que tiende a ser ácida, lo que puede no ser adecuado para todas las plantas. Un pH muy bajo en el sustrato puede dificultar el enraizamiento y el crecimiento de los esquejes, al igual que la cascarilla de café, el aserrín generalmente carece de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.

Así mismo según Darquea (2015), en su trabajo de enraizamiento de estacas de durazno (*Prunus persica*), el sustrato que mejor dio resultados fue el sustrato (Arena) con valores de 71,63% de brotación a los 120 días.

4.3.3. Número de brotes

El análisis de varianza para la variable números de brotes por esqueje en el (Cuadro 6), muestra que no existen diferencias estadísticas para los bloques y sustratos, con un coeficiente de variación 24,65% que es < 30%; dando a conocer que los datos presentados son de confiables según (Ochoa, 2016).

Cuadro 6. Análisis de varianza de número de brotes

FV	SC	GL	CM	F	Pr > F
Bloque	1,5	2	0,75	0,77	0,5033
Sustrato	0,67	3	0,22	0,23	0,8733
Error	5,83	6	0,97		
Total	8	11			
Promedio	4				
CV (%)	24,65				

Las estadísticas descriptivas de número de brotes (Cuadro 7), nos muestran que los esquejes que tuvieron como sustrato aserrín presentaron un promedio de brotes 3, mientras tanto arroz, café, y turba presentaron una media de 4 brotes.

Cuadro 7. Medias de número de brotes

	Sustrato	Media
1	Arroz	4
2	Café	4
3	Aserrín	3
4	Turba	4

La turba, cascarilla de arroz, y cascarilla de café por la retención de humedad y buen drenaje pudieron alcanzar una media de 4 brotes, mientras que el aserrín debido a su capacidad de compactarse y dificultando la aireación del sustrato pudo haber influenciado en el número de brotes.

4.3.4. Longitud del brote principal (cm)

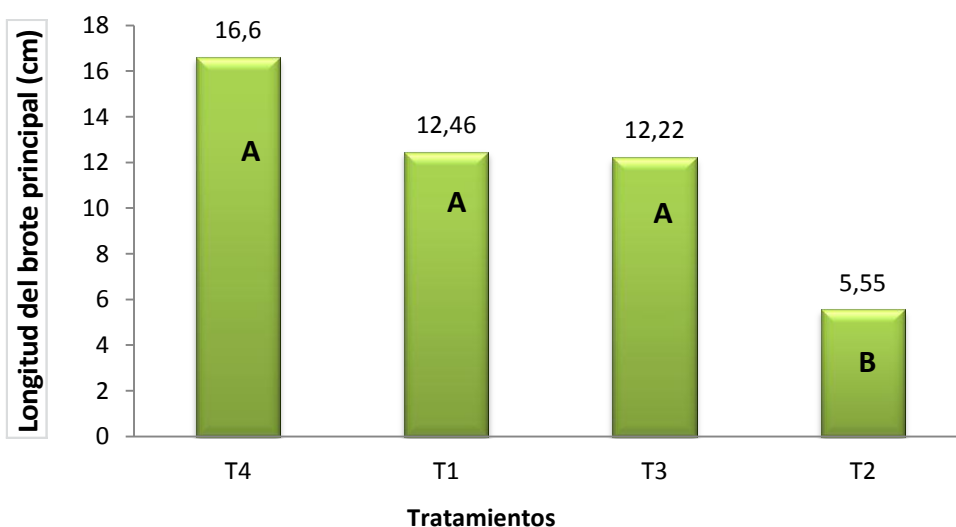
El análisis de varianza para la variable longitud de brote principal se muestra en el Cuadro 8, donde se observa que no hubo significancia en los bloques pero si muestra diferencias entre los sustratos, presenta un coeficiente de variación (CV) de 28,46% valor que se encuentra dentro del grado de confiabilidad y rango permitido, lo que nos demuestra que el manejo del experimento fue bueno y es confiable (Ochoa, 2016).

Cuadro 8. Análisis de varianza de longitud del brote principal

FV	SC	GL	CM	F	Pr > F
Bloque	73,4	2	36,7	3,31	0,1076
Sustrato	188,1	3	62,7	5,65	0,035 *
Error	66,59	6	11,1		
Total	328,09	11			
Promedio (cm)	11,70				
CV (%)	28,46				

(*) = Significativo

La prueba de medias de longitud de brote (Figura 7) muestra diferencias significativas en el T4 (Turba) que destaca con 16,6 cm, seguido del T1 (Cascarilla de arroz) con 12,46 cm y el T3 (Aserrín) con 12,22 cm, con respecto al sustrato T2 (Cascarilla de café) tuvo la longitud del brote principal más baja con 5,55 cm.

**Figura 7. Prueba de medias de longitud del brote principal**

Con relación a longitud del brote principal, los mejores resultados se obtuvieron con el T4 (Turba), en esquejes de ciruelo, se observó que el crecimiento de los brotes probablemente se debió a la condiciones del sustrato ya que la turba proporciona nutrientes, como el calcio total 5363 mg/kg, fósforo total 790 mg/kg, magnesio total 1468 mg/kg, materia orgánica 70%, nitrógeno total 1,7%, potasio total 1116 mg/kg. Con una buena aireación, retención del agua influenciaron en el desarrollo de la longitud de los brotes (Anexos).

Según Flores (2016), el tratamiento que permite obtener la mayor altura longitudinal de brote, fue el enraizador AIB con un promedio de 15,24 cm bajo la aplicación del tamaño de estaca de 20 cm. Con los esquejes de ciruelo muestra una similitud con 16,6 cm con el sustrato turba.

4.3.5. Número nudos del brote principal

El número de nudos (Cuadro 9), de acuerdo al análisis de varianza el p-valor señala que no hay diferencia significativa entre los sustratos lo que demuestra que el número de nudos del brote principal de estacas de ciruelo, no fue influenciado por los diferentes sustratos.

Y el coeficiente de variación es de 19.89% menor a 30%, dando confiabilidad en los datos que se tomaron, lo que nos demuestra que el manejo del experimento fue bueno y es confiable (Ochoa, 2016).

Cuadro 9. Análisis de varianza de número de nudos del brote principal

FV	SC	GL	CM	F	Pr > F
Bloque	12,67	2	6,33	1,1	0,3929
Sustrato	73,58	3	24,53	4,25	0,0626
Error	34,67	6	5,78		
Total	120,92	11			
Promedio	12				
CV (%)	19,89				

Las estadísticas descriptivas de número de nudos del brotes principal (Cuadro 10), nos muestran que los esquejes que tuvieron como sustrato turba presentaron un promedio de nudos 15, mientras tanto arroz y aserrín con 13 nudos, café con una media de 8 nudos en los brotes principales.

Cuadro 10. Medias de número de nudos del brote principal

	Sustrato	Media
1	Arroz	13
2	Café	8
3	Aserrín	13
4	Turba	15

El número de nudos en los brotes principales de los esquejes es el resultado de medias de cascarilla de arroz, aserrín, turba, influenciaron la cantidad de nutrientes disponibles en el sustrato y la cascarilla de café está constituido por celulosa, lignina, sílice y cenizas, lo cual influenciaron en el desarrollo de nudos en el brote principal.

4.3.6. Número de hojas de los brotes principales

El resultado del número de hojas, en el análisis de varianza en el cuadro 11, demuestra que no existen diferencias significativas entre bloques; pero existen diferencias significativas estadísticamente entre los sustratos en el comportamiento de esquejes de ciruelo.

El coeficiente de variación fue de 19,07% el cual indica que los datos evaluados están dentro de los parámetros estadísticas de aceptación (< 30%) y se puede señalar que el manejo de las unidades experimentales fue realizada en forma adecuada el manejo del experimento fue bueno y es confiable (Ochoa, 2016).

Cuadro 11. Análisis de varianza de número de hojas de los brotes principales

FV	SC	GL	CM	F	Pr > F
Bloque	18,17	2	9,08	1,44	0,3084
Sustrato	109,67	3	36,56	5,8	0,0332 *
Error	37,83	6	6,31		
Total	165,67	11			
Promedio	13				
CV (%)	19,07				

(*) = Significativo

Y los dados en número de hojas de los brotes principales obtuvieron un promedio de 13 hojas en los brotes principales de los esquejes.

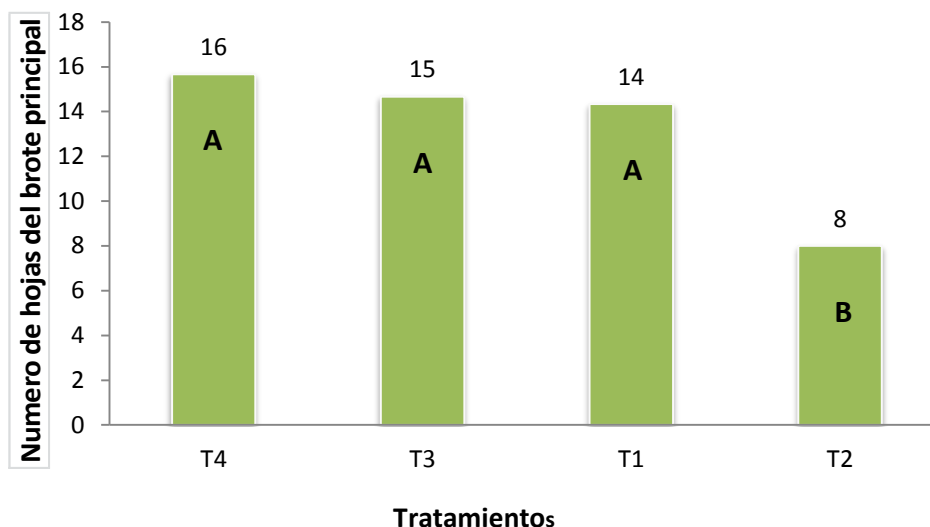


Figura 8. Prueba de medias de número de hojas del brote principal

Los valores en el número de hojas en los esquejes de brote principal en los diferentes sustratos (Figura 8), se aprecia que existen diferencias significativas en el T4 (Turba) con 16 hojas, T3(Aserrín) con 15 hojas y T1(Cascarilla de arroz) con 14 hojas, con respecto al T2 (Cascarilla de café) que muestra 8 hojas.

El efecto del T4 (Turba), en el número de hojas se debe a la calidad de turba empleada ya que contiene mayor concentración de materia orgánica con un total de 70%, lo cual ayudo al proceso de fotosíntesis, asimismo estimuló a la planta a poder absorber nutrientes como nitrógeno 1,7%, fosforo de 790 mg/kg, potasio de 1116 mg/kg. Por otro lado, los sustratos que obtuvieron la menor cantidad de hojas, debido a una menor concentración de asimilación de nutrientes (Anexos).

Según Flores (2016), estos resultados es debido a que los factores tamaño de estacas y aplicación de tipos de enraizadores, no fueron una condicionante para el parámetro número de las hojas, ya que las auxinas tienen una mayor influencia en la rizogénesis que en el apareamiento de hojas.

4.3.7. Diámetro del brote principal

Para el diámetro de estacas (Cuadro 12) de acuerdo al análisis de varianza no se observa diferencias estadísticas tanto en bloques como en sustratos, el coeficiente de variabilidad se encuentra dentro el rango recomendado.

Cuadro 12. Análisis de varianza de diámetro del brote principal

FV	SC	GL	CM	F	Pr > F
Bloque	0,32	2	0,16	2,26	0,1861
Sustrato	0,53	3	0,18	2,51	0,1557
Error	0,42	6	0,07		
Total	1,28	11			
Promedio (mm)	2,21				
CV (%)	12,04				

Los sustratos en estudio al inicio se comportaron como medio de anclaje de la estaca, ya que posteriormente como soporte del sistema radical, tanto el limo como la arena y la mezcla de ambos, por sus características carecen de nutrientes, (Darquea, 2015).

Las estadísticas descriptivas del diámetro de los brotes principales (Cuadro 13), nos muestran que los esquejes que tuvieron como sustrato T4 (Turba) presentaron un promedio de 2,52 mm, mientras tanto T3 (Aserrín) con 2,21 mm, y T1 (Cascarilla de arroz) con 2,18 mm, por ultimo T2 (Cascarilla de café) con una media de 1,93 mm, en el diámetro del brote principal.

Cuadro 13. Medias de diámetro del brote principal

	Sustrato	Media (mm)
1	Arroz	2,18
2	Café	1,93
3	Aserrín	2,21
4	Turba	2,52

Mariela (2019), menciona que los resultados de no significancia los sustratos no influyeron en el diámetro de estaca, indica que las estacas al carecer de raíces al inicio dependen de la retención de humedad y turgencia de la estaca.

En los resultados de diámetro de los brotes, es influenciado por factores como: condiciones de cultivo, tipo de planta, método de corte y duración del experimento.

El incremento de diámetro de brote de estacas de ciruelo no fue influenciado por los sustratos en el periodo de la investigación (Mariela, 2019).

4.3.8. Longitud de la raíz (cm) con la aplicación de IBA

Según el análisis de varianza, sobre la longitud de raíz que se muestran en el (cuadro 14), se observa que no existen diferencias significativas entre los bloques, pero si existe diferencia significativa entre los sustratos.

El coeficiente de variación fue de 25,93% lo cual indica que los datos evaluados están dentro de los parámetros estadísticas de aceptación y confiabilidad (< 30%) y se puede señalar que el manejo de las unidades experimentales fue realizada en forma adecuada (Ochoa, 2016).

Cuadro 14. Análisis de varianza para longitud de la raíz (cm)

FV	SC	GL	CM	F	Pr > F
Bloque	15,04	2	7,52	1,25	0,3527
Sustrato	120,86	3	40,29	6,67	0,0244 *
Error	36,22	6	6,04		
Total	172,12	11			
Promedio (cm)	9,48				
CV (%)	25,93				

(*) = Significativo

Y con un promedio de 9,48 cm de longitud de raíz lo que indica que los diferentes sustratos y el uso del enraizante ácido indolbutírico tuvo su influencia en el enraizamiento de los esquejes de ciruelo.

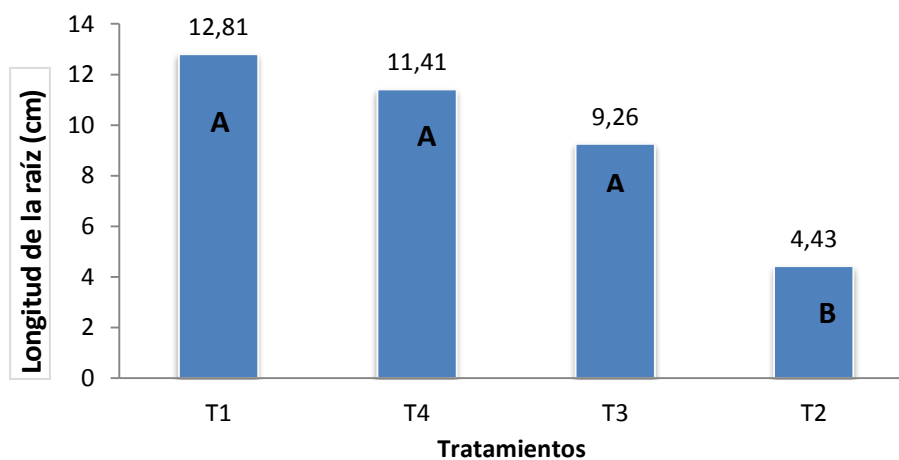


Figura 9. Análisis de medias de longitud de la raíz

De acuerdo a la prueba de medias (Figura 9), se muestra que existen diferencias significativas, en los sustratos de T1 (Cascarilla de arroz), T4 (Turba), T3 (Aserrín) con 12,81, 11,41, 9,26 cm con respecto al T2 (Cascarilla de café) con 4,43 cm.

Los resultados en la longitud de raíz en los esquejes de ciruelo adicionados él IBA, se debe mayormente al contenido de auxinas que posee dicho enraizador, misma que además es muy recomendable por su baja toxicidad, las auxinas forman raíces en el extremo basal y tallo en el extremo apical, y la misma implica en la formación de órganos, división y alargamiento celular, dominancia apical y síntesis de proteínas.

Según Flores (2016), la longitud de la raíz obtenida en los esquejes de durazno con el uso de la hormona enraizante IBA fue de 9.3 cm, posiblemente pudieron ser influenciados por distintos factores entre ellos la humedad, la temperatura del ambiente, el tipo de sustrato ya que la turba muestra resultados de 12.81 cm en los esquejes de ciruelo.

4.3.9. Volumen radicular (cm³)

El siguiente análisis de varianza sobre el volumen radicular que se muestra en el cuadro 15, establece que no existen diferencias significativas entre bloques y hay diferencias significativas entre los sustratos.

El coeficiente de variación fue de 17.13% el cual indica que los datos evaluados están dentro de los parámetros estadísticas de aceptación (< 30%) y se puede señalar que el manejo de las unidades experimentales fue realizada en forma adecuada, con un promedio de 1,62 cm³ de volumen radicular

Cuadro 15. Análisis de varianza de volumen radicular (cm³)

FV	SC	GL	CM	F	Pr > F
Bloque	0,16	2	0,08	1	0,4219
Sustrato	1,36	3	0,45	5,86	0,0324 *
Error	0,47	6	0,08		
Total	1,98	11			
Promedio (cm ³)	1,62				
CV (%)	17,13				

(*) = Significativo

Para distinguir los diferentes efectos de los sustratos se efectuó un análisis de varianza para los datos obtenidos. Las medias de los sustratos se analizaron con la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

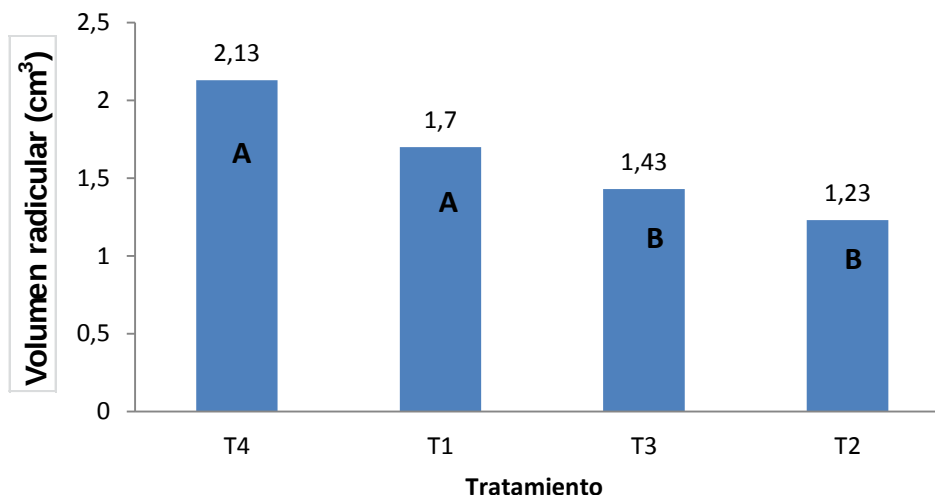


Figura 10. Comparación de medias de volumen de raíz

La prueba de Duncan para el volumen de raíz (Figura 10), muestra claramente diferenciado en dos grupos, donde el T4 turba, T1 arroz con 2,13, 1,7 cm³ el cual son significativo con respecto a los sustratos T3 aserrín, T2 café con 1,43, 1,23 cm³.

El T4 (Turba) muestra mayor volumen de raíz con 2,13 cm³, esta diferencia podría atribuirse una apropiada de dosis utilizada en el sustrato y presencia de materia orgánica que proporcionó nutrientes incrementando la fertilidad en el sustrato, asimismo la turba que se utilizó un elemento adicional acidifico al sustrato. Además, ayuda a retener mayor cantidad de agua, aumentando la porosidad y la aireación, contribuyendo de esta manera a obtener mayor volumen radicular.

Según la investigación realizada por Ramirez (2019), se observa el volumen de raíz de estacas GxN Garnem, donde el sustrato 1 con limo obtuvo mayor volumen de raíz con 1.8 cm³, siendo inferior al tratamiento con sustrato a base de turba, ya que el limo carece de riqueza nutricional, tiende a compactarse fácilmente lo que puede afectar a la circulación del agua y la oxigenación del suelo, dificultando el crecimiento de las raíces de las plantas.

4.4. Análisis de correlación entre las variables de respuesta

Observando el gráfico de correlación (Figura 11), longitud de raíz (LR) presentó correlaciones positivas con todas las variables de respuesta, una correlación alta con número de hojas del brote principal ($r = 0,83$); en tanto que con longitud de brote principal hay una correlación positiva alta ($r = 0,81$), número de nudos del brote principal tiene una correlación positiva alta ($r = 0,85$), con diámetro de brote principal muestra una correlación media ($r = 0,64$), con volumen de raíz hay una correlación positiva media ($r = 0,73$), con la variable de porcentaje de prendimiento hay una correlación media ($r = 0,56$), y con la variable número de brotes hay una correlación positiva muy baja ($r = 0,01$), y con días a brotación hay una correlación positiva muy baja de ($r = 0,08$) mostrando que hay una relación muy baja con las variables de número de brotes y días a brotación.

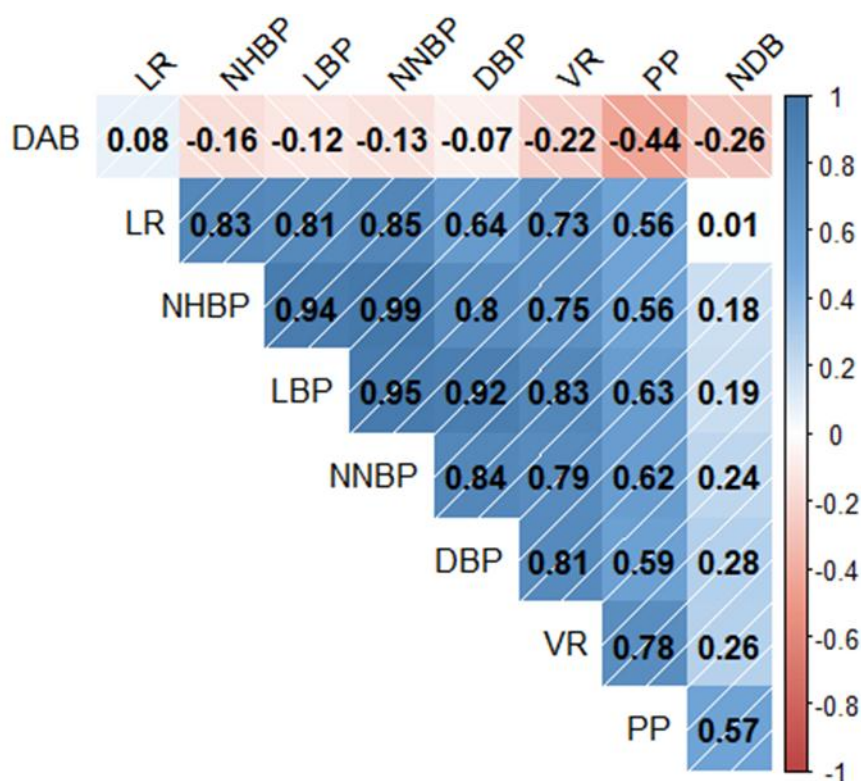


Figura 11. Gráfico de correlación

4.4.1. Relación beneficio costo

El Cuadro 16, muestra el análisis económico del trabajo de investigación con un monto que asciende a 1050,5 Bs, monto que se desglosa por cada sustrato.

Cuadro 16. Beneficio/costo en la propagación de esquejes de ciruelo

	SUSTRATO 1	SUSTRATO 2	SUSTRATO 3	SUSTRATO 4
	Cascarilla de arroz	Cascarilla de café	Aserrín	Turba
BENEFICIO	270	190	240	420
COSTO	292,875	287,875	221,875	247,875
BENEFICIO/COSTO	0,92	0,66	1,08	1,69

De acuerdo al Cuadro 16, se observa la relación beneficio/costo, donde se puede apreciar que el sustrato 3 y 4, alcanzaron la relación de 1,08 y 1,69 respectivamente este resultado nos indica que de un boliviano invertido se recupera el boliviano invertido y se gana 0.08 y 0,69 centavos de boliviano respectivamente.

5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, nos permite sustentar las siguientes conclusiones:

- El sustrato adecuado en la reproducción de esquejes de ciruelo es el T4 (Turba) ya que mostro buenos resultados en variables: con 81,33% en porcentaje de prendimiento, menor tiempo a días de brotación con 43 días, 4 brotes en los esquejes, con una longitud de brote principal de 16,6 cm, con una media de 15 nudos en los brotes principales, 16 hojas en los brotes principales, ya que está compuesta por una estructura esponjosa y ligera que ayudo al desarrollo de los esquejes de ciruelo.
- En el enraizamiento de esquejes de ciruelo adicionado él IBA, se mostró dos mejores resultados en el T1 (Cascarilla de arroz) ya que presento una media de 12,81 cm de longitud de raíz seguido de T4 (Turba) con una longitud de raíz de 11,41 cm y en volumen radicular el T4 (Turba) dio los resultados de 2,13 cm³ de volumen de radicular, seguido de T1 (Cascarilla de arroz) con 1,7 cm³, mostrándose los sustratos con buen desarrollo radicular en los esquejes de ciruelo.
- En los costos de producción en los esquejes de ciruelo se efectuó con 1050,5 Bs de la cual se obtuvieron 37 por ciento del total de los esquejes prendidas.
- El beneficio/costo es mayor en el sustrato T4 (Turba) con una relación de 1.69, seguido del sustrato T3 (Aserrín) con una relación 1.08, y el sustrato T1 (Cascarilla de arroz) con una relación de 0.92, seguido del T2 (Cascarilla de café) con 0.66.
- La aplicación de diferentes sustratos (Aserrín, Turba, Cascarilla de café y Cascarilla de arroz) con el ácido indolbutírico muestran diferencias significativas en el desarrollo de esquejes de ciruelo (*Prunus domestica* L.) en la Estación Experimental de Kallutaca, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.

6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda utilizar el sustrato turba debido a su capacidad para retener la humedad, permitir un buen drenaje y proporcionar una adecuada aireación al sustrato. Además, la concentración de nutrientes son ideales para estimular el desarrollo de raíces, mantiene su estructura y crea un ambiente propicio para el crecimiento de raíces saludables, lo que la convierte en una elección popular para el enraizamiento de esquejes, se mostró un buen desarrollo con los esqueje de ciruelo.
- Se recomienda la cascarilla de arroz también se mostró como uno de los mejores en el desarrollo radicular de los esquejes de ciruelo ya que brinda un buen equilibrio entre drenaje, aireación y neutralidad de pH, lo que puede ser beneficioso para el desarrollo de raíces saludables en esquejes.
- Realizar investigaciones con diferentes sustratos orgánicos ya que demostró mejor su desarrollo para ver nuevos resultados en el enraizamiento de los esquejes.
- Se recomienda tomar en cuenta la humedad y temperatura en el momento del desarrollo de los esquejes.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J. y Baixauli, C. 2002. Cultivo sin Suelo de Hortalizas. Aspectos Prácticos y Experiencias. Valencia, Generalitat valenciana. 110 p.
- Aguirre, R. 2016. Diagnóstico de la producción y comercialización del ciruelo (*Prunus doméstica* L.). Tesis Licenciatura en Ing. Agr. Tarija – Bolivia. Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”. 61 p.
- Apaza, E. 2004. Biofertilizantes orgánicos como insumo alternativo en sistema hidroponico en cultivo de la lechuga Suiza (*Valerianella locusta* L. Pollich) en ambiente atemperado en la ciudad de el alto Tesis Ing. Agr. El Alto – Bolivia. Universidad Pública de El Alto. 124 p.
- Argueta, A. 2018. Manual de vivero. Disponible en https://www.academia.edu/1988991/manual_de_vivero
- Ayaviri, J. 2010. Efecto de aplicacion de diferentes enraizadores en el desarrollo de esquejes subterminales, intermedios y basales de estevia (*Stevia rebaudiana* B.) en taipiplaya, caranavi. Tesis Ing. Agr. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 102 p.
- Blanco, A. 2011. Introducción a las hormonas vegetales. Place Published, 7.
- Calderón, A. 1987. Manual del Fruticultor Moderno. Primera Edición ed. México,
- Calvo, I. 2009. El cultivo de Ciruelo (*Prunus domestica*). San Jose, Costa Rica, Manejo integrado de cultivos frutales de altura. 70 p.
- Centellas, A.;Álvarez, V.;Acuña, E.;Rocha, E. y Maita, E. 2011. Manual de propagación de plantines de duraznero y manzano bajo invernadero. I Poligraf (ed.). Cochabamba, Fundación PROINPA. 51 p.
- Cocarico, J. 2016. Evaluación de tres tratamientos pre-germinativos en semilla de serebó (*Schizolobium Parahyba*) bajo tres tipos de sustratos en el vivero forestal del municipio de Coroico, provincia Nor Yungas del departamento de La Paz. Tesis Ing. Agr. El Alto - Bolivia. Universidad Pública de El Alto. 90 p.
- Colque, N. 2016. Efecto de tres tipos de sustratos en dos variedades de Liliun (*lilium sp.*) en la estacion experimental de Cota Cota. Tesis Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 100 p.
- CUDECA, Culturas y desarrollo de Centro America. 2008. Proyecto microcuenca Plantón-Pacayas Estudio de mercado. Cartago, Costa Rica, 128 p.

- Darquea, A. 2015. Efectos de diferentes sustratos y dosis hormonales en el enraizamiento de estacas herbáceas de Durazno (*Prunus persica*) Var. Guaytambo. Tesis Ing. Agr. Cevallos-Ecuador. Universidad Técnica de Ambato-Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2023. FAO. en línea. Consultado 10 mayo. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QV>
- Flores, E. 2016. Efecto de la aplicación de tres tipos de hormonas enraizantes en el desarrollo de dos tamaños de estacas de portainjertos gxn para el duraznero en la localidad de sapahaqui. Tesis Ing. Agr. La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 115 p.
- Fossati, J. y Olivera, T. 1996. Sustratos en Viveros Forestales: Programa de repoblamiento Forestal. Cochabamba-Bolivia,
- Goitia, A. 2000. Dasonomía y silvicultura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 104 p.
- Goitia, A. 2003. Manual de Dasonomía y Silvicultura. La Paz-Bolivia, Facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Andres. 94 p.
- Gómez, S. 2010. Reproducción y aclimatación de cuatro especies nativas forestales: Queñua (*Polylepis sp*), Romerillo (*Podocarpus sp*), Nogal (*Juglans regia*), Arrayan (*Myrcianthes sp*) en el Campus Juan Lunardi.
- Google Earth. 2022. visitado el 9 de julio.
- Hartmann y Kester, D. E. 1998. Propagación de plantas; principios y prácticas. . 6ta preimpresion ed. México, Compañía editorial Continental S. A. México. 785 p.
- Hartmann, H. y Kester, D. 1999. Propagación de Plantas. Principios y prácticas Compañía. Disponible en https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/76744/mod_resource/content/1/Propagacion%20de%20plantas.pdf
- Huarhua, T. 2017. Propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis incana*) con la aplicación de dos enraizadores naturales y tres tipos de sustratos en condiciones de vivero Cuajone. Torata-Moquegua.
- INE, (Instituto Nacional de Estadística). 2021a. Producción por año agrícola, según cultivos, 1984 - 2021. Bolivia.
- INE, (Instituto Nacional de Estadística). 2021b. Rendimiento por año agrícola, según cultivos, 1984 - 2021. Bolivia.

- INFOAGRO. 2009. Cultivo de Ciruelo (en Linea). Disponible en www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/ciruela.htm
- Khuno, M. 2005. Efecto de tres sustratos y tres tratamientos en la germinación y crecimiento inicial de la semilla de kiswa (Buddleja coariacea Remy), en la localidad de Choquenayra. Tesis Ing. Agr. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.
- Lopez, Q. 2001. Efecto de Fitorreguladores en el enraizamiento del porta injerto Rosa manetti. Tesis Ing. Agr. Cochabamba Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. 89 p.
- Mariela, R. 2019. Evaluación del desarrollo de estacas de durazno gxn garnem bajo diferentes tipos de sustratos en condiciones controladas en la ciudad de El Alto. Tesis Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 76 p.
- Mendez, J. 2015. Evaluacion de un Campejo Hormonal y Micronutrientes en el cultivo del Ciruelo (*Prunus domestica*) y sus efectos en la calidad del fruto. Tesis Ing. Agr. en Horticultura. Saltillo-Cuahila-Mexico. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. 58 p.
- Méndez, J. y Cárdenas, P. 2009. Implementación de buenas prácticas ambientales, agroforestales y productivas. Cobija, Pando - Bolivia,
- Ministerio de Agricultura y Ganaderia. 2006. Recomendaciones tecnicas para la produccion del Ka'a hee (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en el Paraguay. Paraguay. Subsecretaria del Estado de Agricultura Direccion de Investigacion Agricola. 68 p.
- Ministerio de ganaderia agricultura y pesca. 2016. Ciruela. mercado modelo ed. Uruguay, observatorio grangero. 6 p.
- Moeller, A. 2016. Propagación vegetativa de Eucryphia cordifolia (Ulmo), Gevuina avellana (Avellano) y Embotrium coccineum (Notro), mediante acodo aéreo. Chile. Universidad Austral de Chile.
- Muñoz, M. y Vera, W. 2012. Efectos de tres métodos pregerminativos y tres sustratos en la propagación de melina (*Gmelina arborea* R.) en el recinto Sabanetillas, cantón Echeandía, provincia Bolívar. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Napoleón, J. y Cruz, M. 2005. Guía técnica de semilleros y viveros - IICA. Primera edición ed. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B0507e/B0507e.pdf>
- Ochoa, R. 2016. Diseños Experimentales. 2da edicion ed. La Paz, Bolivia, Ochoa ediciones. 386 p.

- Pina, J. 2008. Propagación de Plantas. Departamento de Producción Vegetal *In* E UPV. ed. 2008. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior del Medio Rural y Enología. p. 413.
- Ramirez, M. 2019. Evaluación del desarrollo de estacas de durazno gxn garnem bajo diferentes tipos de sustratos en condiciones controladas en la ciudad de El Alto. Tesis Ing. en Producción y Comercialización Agropecuaria. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 64 p.
- Rodriguez, M. 1991. Fisiología vegetal. Tercera edición ed. Cochabamba – Bolivia, Editorial los amigos del libro. 295 p.
- Sisaro, D. y Hagiwara, J. 2016. Propagacion vegetativa por medio de estacas de tallo. Hurlingham, Buenos Aires, INTA. 12 p. en línea Consultado 8 de ago. 2022. Disponible en [inta-_propagacion_vegetativa_por_medio_de_estacas_de_tallo.pdf](#)
- Tucupa, W. 2012. Efecto de la aplicación de tres tipos de hormonas enraizantes en tres sustratos, para la propagación de estacas GxN como pie de injerto para el duraznero, en el municipio de Luribay, provincia Loayza – La Paz. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. UMSA – Facultad de Agronomía.
- Weaver, R. 1980. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. E Trillas (ed.). México, 173 p.
- Zapana, C. 2013. Efecto de dos tipos de sustrato y tratamientos pregerminativos para malva (*Malva sp.*) en el vivero forestal de Cota Cota. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.

8. ANEXOS

Descripción	Unidad	Cantidad	C.U. (Bs)	Costo total	Costo total de los sustratos (Bs)			
					T1 (cascarilla de arroz)	T2 (cascarilla de café)	T3 (aserrín)	T4 (turba)
Infraestructura								
Alquiler de vivero	Mes	4	50	200	50	50	50	50
Mano De Obra								
Preparación de sustrato	Jornal	1	50	50	12,5	12,5	12,5	12,5
Recolección de esquejes	Jornal	1	50	50	12,5	12,5	12,5	12,5
Trasplante de esquejes	Jornal	1	50	50	12,5	12,5	12,5	12,5
Material Vegetal								
Esqueje	1	300	1	300	75	75	75	75
Materiales								
Material de escritorio	Pieza	varios	25	25	6,25	6,25	6,25	6,25
Cinta Métrica	Unidad	1	5	5	1,25	1,25	1,25	1,25
Yutes	Unidad	6	2,5	15	3,75	3,75	3,75	3,75
Pala	Unidad	1	40	40	10	10	10	10
Pico	Unidad	1	40	40	10	10	10	10
Flexometro	Unidad	1	5	5	1,25	1,25	1,25	1,25
Regadera	Unidad	1	25	25	6,25	6,25	6,25	6,25
Bolsas plásticas	Centena	3	15	45	11,25	11,25	11,25	11,25
Insumos								
Cascarilla de arroz	Yute	1	85	85	85			
Cascarilla de café	Yute	1	80	80		80		
Aserrín	Yute	2	7	14			14	
Turba	Yute	2	20	40				40
Formol	Unidad	1	21,5	21,5	5,375	5,375	5,375	5,375
Insecticida	Unidad	1	80	80	20	20	20	20
Ácido Indolbutírico	Unidad	1	80	80	20	20	20	20
TOTAL				1050,5	292,88	287,88	221,88	247,88

Anexo 1. Presupuesto para la producción de esquejes de ciruelo.



Anexo 2. Desinfección de los sustratos y arreglo del agrofilm de la carpa.



Anexo 3. Nivelación del terreno y embolsado de sustrato.



Anexo 4. Recolección de esquejes de ciruelo en Sapahaqui.



Anexo 5. Selección de esquejes y aplicación de ácido indolbutírico.



Anexo 6. Preparación de esquejes para su trasplante.



Anexo 7. Porcentaje de prendimiento de los esquejes de ciruelo.



Anexo 8. Control de humedad en el ambiente.



Anexo 9. Evaluación de longitud de brote principal.



Anexo 10. Presencia de larvas pequeñas y la aplicación de spiderman



Anexo 11. Evaluación de longitud de la raíz.



Anexo 12. Evaluación de diámetro de tallo, temperatura.





Anexo 13. Volumen radicular.





Anexo 14. Producción de ciruelo por esquejes.

INFORME DE ENSAYO EN MATERIA ORGÁNICA MO 27/22

Solicitante:	Pedro Mamani Mamani
Entidad:	U.P.E.A.
Dirección del cliente:	Av. Sucre "A" Villa Esperanza - El Alto
Procedencia de la muestra:	Kallutaca
	Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	Del Vivero Fruticola
Responsable del muestreo:	Tesistas y Pedro Mamani
Fecha de muestreo:	23 de junio de 2022
Hora de muestreo:	09:00
Fecha de recepción de la muestra:	27 de junio de 2022
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 27 de junio al 14 de julio, 2022
Caracterización de la muestra:	Turba
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Sobre Manila
Código LCA:	27- 4
Código original :	Turba

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Turba 27- 4
Calcio total	Microwave Reaction System/EPA 215.1	mg/kg	8,0	5363
Fósforo total	Método calcinación/ASPT 91	mg/kg	0,40	790
Magnesio total	Microwave Reaction System/EPA 243.1	mg/kg	8,0	1468
Materia organica	Calcinacion	%	5,0	70
Nitrógeno total	ASPT-88	%	0,0030	1,7
Potasio total	Microwave Reaction System/EPA 258.1	mg/kg	8,0	1116

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Agosto 2 de 2022




Ing. Jaime Chuncheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental

