

**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 PERA (*Pyrus communis*) CON DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATO EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

Por:

**Dario Mamani Choque**

**EL ALTO – BOLIVIA**

**Diciembre, 2024**

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

**ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE ESQUEJES DE PERA (*Pyrus communis*) CON  
DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATO EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL  
CENTRO EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

*Tesis de Grado presentado como  
Requisito para optar el Título  
Ingeniero Agrónomo*

**Darío Mamani Choque**

**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. Daniel Condori Guarachi .....

Lic. Ing. Edwin Guarachi Laura .....

**Aprobada**

Presidente Tribunal Examinador .....



**DEDICATORIA:**

*Dedicado con admiración, respeto y amor a mi padre German Mamani Colque y a mi madre Cleofe Choque de Mamani, por brindarme su amor y apoyo incondicionalmente, por sus consejos y por la motivación constante que me ha permitido seguir y no rendirme.*

*A mi esposa Aurora Machaca Mendo por darme su apoyo y darme fuerza y aliento para seguir adelante*

*A mis hermanas Alejandra, Vilma a quienes me dieron su paciencia y su colaboración y siempre me brindaron su amistad incondicional me apoyaron en todo momento y en mi formación académica.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer primeramente a Dios por darme la vida y la oportunidad de culminar mis estudios.

A la Universidad Pública de El Alto (UPEA), en especial a la Carrera de Ingeniería Agronómica a quien debo mi formación académica y profesional.

Agradecer al instituto de investigación por brindar de realizar mi presente trabajo de investigación.

A mis padres German y Cleofe por brindarme su amor y apoyo incondicional durante toda mi formación profesional, permitiéndome así concluir con mi tesis.

Mi más sincera y profunda gratitud a mis Asesores M.Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, M.Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas por las sugerencias, el apoyo desinteresado brindado y por facilitarme todas las condiciones necesarias para realizar el presente trabajo.

A los distinguidos miembros del tribunal Revisor conformados por: M.Sc. Lic. Ing. Pedro Mamani Mamani, Lic. Ing. Daniel Condori Guarachi, Lic. Ing. Edwin Guarachi Laura por las correcciones y sugerencias pertinentes que ayudaron a enriquecer el presente trabajo.

Un agradecimiento sincero a todos los docentes que día a día dejaron su esfuerzo en las aulas con el firme propósito de formarnos como profesionales competitivos.

## CONTENIDO

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

## ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.1. Origen de pera .....	5
2.2. Taxonómica.....	5
2.3. Variedades .....	6
2.3.1. Pera Bartlett.....	6
2.3.2. Pera Anjou.....	6
2.3.3. Pera Bosc.....	6
2.3.4. Pera red Bartlett .....	7

2.3.5.	Pera Comice.....	7
2.3.6.	Pera forelle .....	8
2.3.7.	Pera seckel.....	8
2.4.	Composición nutricional .....	8
2.5.	Producción en Bolivia .....	9
2.6.	Propagación vegetativa de las plantas.....	9
2.6.1.	Propagación sexual .....	9
2.6.2.	Propagación asexual .....	10
2.6.3.	Tipos de propagación vegetativa.....	11
2.6.3.1.	Estacas.....	11
2.6.3.2.	Injerto.....	11
2.6.3.3.	Acodo .....	11
2.6.3.4.	División.....	11
2.6.3.5.	Brote .....	11
2.7.	Estaca o esqueje .....	12
2.8.	Ventajas de la propagación vegetativa .....	12
2.9.	Desventajas de una propagación vegetativa .....	13
2.10.	Condiciones ambientales durante el enraizamiento.....	13
2.10.1.	Época del año.....	13
2.10.2.	Temperatura .....	13
2.10.3.	Humedad .....	14
2.10.4.	Sustrato .....	14
2.10.5.	Luz.....	14
2.10.6.	El pH del suelo .....	14
2.11.	Época de estaquillado .....	14
2.12.	Fisiología de la propagación de esquejes .....	15

2.12.1.	Formación del callo .....	15
2.12.2.	Formación de raíces adventicias.....	15
2.13.	Invernadero .....	16
2.14.	Sustratos .....	17
2.14.1.	Clasificación de sustrato.....	18
2.14.2.	Desinfección del sustrato .....	19
2.14.3.	Suelo .....	20
2.14.4.	Suelo del lugar.....	20
2.14.5.	Arena .....	21
2.14.6.	Turba .....	22
2.14.7.	Cascarilla de café .....	22
2.14.8.	Cascarilla de arroz.....	22
2.14.9.	Aserrín .....	23
2.15.	Labores culturales .....	24
2.15.1.	Riego .....	24
2.15.2.	Deshierbe .....	24
3.	MATERIALES Y METODOS .....	26
3.1.	Localización.....	26
3.1.1.	Ubicación geografía.....	26
3.2.	Materiales.....	27
3.2.1.	Materiales vegetativos.....	27
3.2.2.	Material químico .....	27
3.2.3.	Material orgánico .....	27
3.2.4.	Material del campo .....	27
3.2.5.	Material de gabinete .....	28
3.3.	Método .....	28

3.3.1.	Desarrollo del ensayo .....	28
3.3.1.1.	Medición del área de estudio.....	28
3.3.1.2.	Preparación del área y nivelación del terreno .....	28
3.3.1.3.	Recolección de cascarilla de café, aserrín, turba y cascarilla de arroz ..	29
3.3.1.4.	Preparación y desinfección del sustrato .....	29
3.3.1.5.	Preparación del sustrato.....	29
3.3.1.6.	Características de los envases utilizados.....	29
3.3.1.7.	Recolección de esquejes.....	30
3.3.1.8.	Trasplante.....	30
3.3.1.9.	Labores culturales .....	30
3.3.2.	Toma de datos.....	31
3.3.3.	Diseño experimental.....	32
3.3.3.1.	Modelo lineal .....	32
3.3.4.	Tratamientos de estudio .....	32
3.3.5.	Croquis de experimento .....	33
3.3.6.	Variables de respuesta.....	33
3.3.6.1.	Porcentaje de prendimiento.....	33
3.3.6.2.	Número de raíces secundarias.....	34
3.3.6.3.	Diámetro de tallo prendido .....	34
3.3.6.4.	Longitud de raíz.....	35
3.3.6.5.	Número de brotes.....	35
3.3.6.6.	Número de hojas .....	35
3.3.6.7.	Porcentaje de sobrevivencia .....	35
3.3.6.8.	Análisis estadísticos .....	36
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
4.1.	Comportamiento climatológico .....	37

4.2.	Porcentaje de prendimiento .....	39
4.3.	Número de raíces secundarias .....	41
4.4.	Diámetro del tallo prendido .....	44
4.5.	Longitud de raíz.....	46
4.6.	Número de brotes.....	49
4.7.	Numero de hojas .....	52
4.8.	Porcentaje de sobrevivencia .....	54
4.9.	Análisis de correlación entre variables de respuestas .....	56
5.	CONCLUSIONES .....	58
6.	RECOMENDACIONES .....	59
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	60
8.	ANEXOS .....	67

**ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1.	Proporciones de la mezcla del sustrato.....	32
Cuadro 2.	Estadísticas descriptivas del porcentaje de prendimiento.....	39
Cuadro 3.	Análisis de varianza de porcentaje de prendimiento.....	40
Cuadro 4.	Estadísticas descriptivas de números de raíces secundarios.....	41
Cuadro 5.	Análisis de varianza de número de raíces secundarios.....	43
Cuadro 6.	Medias de numero de raíces secundario.....	43
Cuadro 7.	Estadísticas descriptivas del diámetro del tallo prendido.....	44
Cuadro 8.	Análisis de varianza de diámetro del tallo prendido.....	45
Cuadro 9.	Estadísticas descriptivas de longitud de raíz.....	46
Cuadro 10.	Análisis de variación de longitud de raiz.....	48
Cuadro 11.	Medias de longitud de raíz.....	48
Cuadro 12.	Estadísticos descriptivos de número de brote.....	49
Cuadro 13.	Análisis de varianza de número de brotes.....	51
Cuadro 14.	Medias de número de brotes.....	51
Cuadro 15.	Estadísticas descriptivas de numero de hojas.....	52
Cuadro 16.	Análisis de varianza de número de hojas.....	54
Cuadro 17.	Estadísticas descriptivas de porcentaje de sobrevivencia.....	54
Cuadro 18.	Estadísticas descriptivas de porcentaje de sobrevivencia.....	56

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.	Ubicación geográfica del centro experimental de Kallutaca.....	26
Figura 2.	Croquis del experimento.....	33
Figura 3.	Comportamiento de la temperatura.....	37
Figura 4.	Comportamiento de la humedad relativa.....	38
Figura 5.	Porcentaje de prendimiento.....	40
Figura 6.	Número de raíces secundario .....	42
Figura 7.	Diámetro de tallo prendido .....	45
Figura 8.	Longitud de raíz.....	47
Figura 9.	Número de brotes.....	50
Figura 10.	Número de hojas .....	53
Figura 11.	Porcentaje de prendimiento.....	55
Figura 12.	Análisis de correlación.....	57

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1.	Preparación de sustratos y desinfección.....	68
Anexo 2.	Recolección de esquejes de la planta madre y trasplantado .....	68
Anexo 3.	Midiendo la temperatura, evaluando de los esquejes el prendimiento y otros.....	69
Anexo 4.	Control de humedad en el ambiente .....	70
Anexo 5.	Midiendo longitud de raíz y numero de raíz .....	70
Anexo 6.	Laboratorio de suelo de Kallutaca .....	72
Anexo 7.	Analices de sustrato de cafe .....	73
Anexo 8.	Análisis de cascarilla de arroz .....	74
Anexo 9.	Análisis de turba .....	75
Anexo 10.	Análisis de aserrín .....	76

**ABREVIATURAS**

NH	Número de hojas
AP	Altura de planta
PPMV	Peso por planta en materia verde
RPUE	Rendimiento por unidad experimental
LH	Longitud de hoja
AH	Ancho de hoja
AF	Área foliar
PCP	Peso comercial de la planta

## RESUMEN

La producción de esquejes de pera (*Pyrus communis*) no es una actividad común en la región de Bolivia y más aún en el altiplano del departamento de La Paz. La producción de plantines de (*Pyrus communis*) es crucial para su propagación eficiente, asegurando un buen desarrollo de raíces que favorece el crecimiento y el éxito del prendimiento., requiriendo sustratos que mejoren drenaje, almacenamiento y oxigenación para el enraizamiento de esquejes. Con las condiciones climáticas del Altiplano de Bolivia, esta producción podría ser una alternativa agrícola viable, especialmente usando invernaderos para controlar las variables ambientales, mejorar la calidad y éxito de los plantines. Con el objetivo de analizar el desarrollo de esquejes de pera, con diferentes tipos de sustratos en condiciones de invernadero, se procedió a instalar la presente investigación. El estudio se desarrolló en un invernadero del Centro Experimental de Kallutaca de la Universidad Pública de el Alto - UPEA. El material genético empleado fue: (300 esquejes de pera) Insumos para el sustrato (arena fina, aserrín, turba, cascarilla de café, cascarilla de arroz, suelo del lugar) y material para medición de plantines de pera. Las actividades que se realizaron fueron el dimensionamiento del área de estudio y posteriormente la desinfección, adquisición de insumos, preparación de sustrato, recolección de esquejes, trasplante y labores culturales. El estudio se condujo bajo un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar, con tres repeticiones y cuatro tratamientos (T1: 40% cascarilla de arroz, T2: 40% cascarilla de café; 40% de aserrín; 40% turba), logrando así 12 unidades experimentales, la prueba de medias se desarrolló con Duncan. Las variables que se evaluaron fueron porcentaje de prendimiento, número de raíces secundarias, diámetro de tallo prendido, longitud de raíz, número de brotes, número de hojas, porcentaje de sobrevivencia, también se desarrolló el análisis de correlación entre variables. Los resultados obtenidos en el estudio fueron para las variables diámetro de tallo, número de hojas por planta y porcentaje de prendidas el tipo de sustrato no mostro diferencias significativas. Para longitud de raíz y número de brotes el T3 (40% de aserrín), logró mostrar diferencias significativas con un valor promedio de 8,80 cm y 2,4 brotes respectivamente. Para número de raíces secundarias los sustratos T3 (40% aserrín) y T4 (40% turba) mostraron ser diferentes estadísticamente ( $p < 0,05$ ), mostrando medias de 6,33 y 5,13 respectivamente. Para obtener un mejor desarrollo de esquejes de pera usar el sustrato (50% suelo del lugar; 10% arena; 40% de aserrín.

## ABSTRACT

The production of pear cuttings (*Pyrus communis*) is not a common activity in the Bolivian region and even more so in the highlands of the department of La Paz. The production of (*Pyrus communis*) seedlings is crucial for its efficient propagation, ensuring good root development that favors growth and successful take-up, requiring substrates that improve drainage, storage and oxygenation for the rooting of cuttings. With the climatic conditions of the Bolivian Altiplano, this production could be a viable agricultural alternative, especially using greenhouses to control environmental variables, improve the quality and success of seedlings. With the aim of analyzing the development of pear cuttings, with different types of substrates in greenhouse conditions, the present research was carried out. The study was developed in a greenhouse at the Kallutaca Experimental Center of the Public University of El Alto - UPEA. The genetic material used was: (300 pear cuttings) Inputs for the substrate (fine sand, sawdust, peat, coffee husk, rice husk, local soil) and material for measuring pear seedlings. The activities carried out were the sizing of the study area and later disinfection, acquisition of inputs, substrate preparation, collection of cuttings, transplant and cultural tasks. The study was conducted under an experimental design of Completely Randomized Blocks, with three repetitions and four treatments (T1: 40% rice husk, T2: 40% coffee husk; 40% sawdust; 40% peat), thus achieving 12 experimental units, the means test was developed with Duncan. The variables that were evaluated were percentage of take-up, number of secondary roots, diameter of taken stem, root length, number of shoots, number of leaves, survival percentage, and the correlation analysis between variables was also developed. The results obtained in the study were for the variables stem diameter, number of leaves per plant and percentage of leaves taken, the type of substrate did not show significant differences. For root length and number of shoots, T3 (40% sawdust) managed to show significant differences with an average value of 8.80 cm and 2.4 shoots respectively. For the number of secondary roots, the substrates T3 (40% sawdust) and T4 (40% peat) showed statistically different ( $p < 0.05$ ), showing means of 6.33 and 5.13 respectively. To obtain a better development of pear cuttings use the substrate (50% local soil; 10% sand; 40% sawdust...



## 1. INTRODUCCIÓN

El árbol frutal de la pera (*Pyrus cumunis*), es una fruta con una rica de fibra, vitaminas y minerales, la historia de cultivo pera (*Pyrus cumunis*) y consumo en diversas partes del mundo. Originaria de Asia Occidental, especialmente de las áreas que ahora son Irán y partes de Turquía, la pera se ha diseminado a lo largo de los siglos gracias a su valor alimenticio. Su cultivo se remonta a miles de años y se menciona en antiguos textos históricos, incluyendo escritos chinos de más de 2000 años de antigüedad. Los romanos también cultivaron y valoraron las peras, difundiendo su conocimiento sobre la fruta por toda Europa durante su imperio. A lo largo del tiempo, se han desarrollado diversas variedades de peras adaptadas a diferentes climas y condiciones de cultivo. En la actualidad, hay numerosas variedades de peras cultivadas globalmente, desde las clásicas peras europeas hasta las peras asiáticas y muchas otras (Pérez, 2021).

Entre 1999 y 2008, la producción mundial de peras aumentó un 25%, mientras que la producción de manzanas se mantuvo sin cambios. Las exportaciones de ambas frutas también se mantuvieron estables durante este período. En 2008, la producción mundial de peras alcanzó los 52 millones de toneladas, con una producción de peras frescas de 18 millones de toneladas. Las exportaciones mundiales fueron de 4.2 millones de toneladas para las peras y 1.7 millones de toneladas para las peras frescas. China es el líder en la producción de manzanas y peras frescas, aportando más de la mitad del volumen total. También es el principal exportador de manzanas frescas, aunque solo representa el 24% de la oferta mundial, seguido por Chile y la Unión Europea (UE), que juntos representan el 35%. Argentina lidera las exportaciones mundiales de peras frescas, ocupando el primer lugar con el 30% de la oferta, gracias a la constancia en la oferta de variedades populares y de alta calidad (Bruzzone, 2013).

La producción de plantines de pera de buena calidad es una actividad crítica en la propagación de la especie, razón por la cual es necesario utilizar sustratos adecuados que proporcionen el medio óptimo para el desarrollo radicular como es la alta disponibilidad de nutrientes minerales, alta retención de humedad, adecuada aireación y libre de plagas y enfermedades; es también necesario utilizar sustancias químicas que estimulan el proceso de formación de raíces que han demostrado efectividad en otros cultivos y que deben ser investigados en el cultivo de pera y brindar prioridad a investigación que evalúen el efecto que tienen los sustratos, los enraizadores en la

producción radicular, el crecimiento inicial de la estacas y en el porcentaje de prendimiento (Mamani, 2020).

### **1.1. Antecedentes**

Mamani (2020), titulado “sustratos y enraizadores líquidos para estacas de tres variables de pera (*Pyrus communis*) bajo condiciones de fitotoldo en el centro agronómico K`ayra – Cusco”, mostro los siguientes resultados: con el sustrato 40% de tierra negra + 30% tierra agrícola y 30 % de musgo, se registró los mejores valores en las variables de longitud de raíz con una media de 5,19 cm, longitud de rama con una media de 3,50 cm y la variable porcentaje de prendimiento 38,61 %, concluyendo que el sustrato más apropiado para la producción de plantines de pera es la indicada anteriormente.

Por su parte Krzysztof *et al.* (2020), en su investigación denominado “Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre la viabilidad de las semillas y el crecimiento de las plántulas de seis plantas leñosas de frutos silvestres europeos”, reportó valores promedios de las variables en Pera (*Pyrus communis*), como altura de planta que fluctúan de 30 a 42 cm, y diámetros de tallo de 4 a 4,30 mm,

No se tiene suficientes evidencias de investigaciones de los efectos que ocasiona los diferentes sustratos en la Pera que puedan mostrarnos el comportamiento de plantines de pera, no obstante, podemos comparar estos diferentes sustratos en la investigación realizada por Laura (2013), donde evaluó el efecto de seis sustratos en el enraizamiento de esquejes de sauco (*Sambucus nigra*). Menciona que; el mayor porcentaje de esquejes vivos 98% se presenta con el sustrato formado por 100% arena. En segundo lugar, se presenta con el sustrato compuesto por 50% Turba + 50% Arena, con el cual se obtuvo un porcentaje de sobrevivencia del 93%. El que menor porcentaje de sobrevivencia presentó fue el sustrato compuesto por 100% turba con un 81% de esquejes vivos. Con relación al porcentaje de enraizamiento, el mejor sustrato con un 96% de estacas enraizadas fue el sustrato compuesto por 50% Turba + 50%Arena, seguido en menor proporción de brotes arraigados se presenta con el sustrato de 100% Turba 16,83%.

### **1.2. Planteamiento del problema**

La producción de pera en nuestro país, principalmente en el altiplano, enfrenta diversas dificultades debido a las características climáticas de la región. Aunque la pera tiene la

capacidad de soportar bajas temperaturas de hasta  $-20^{\circ}\text{C}$  (Guzman, 2000), y de regenerarse vegetativamente a partir de partes como tallos, raíces u hojas, adaptándose así a las zonas del altiplano central, aún persisten desafíos significativos.

En el sector del altiplano, la producción de pera no es muy común, lo que implica la necesidad de buscar sustratos adecuados que puedan favorecer el desarrollo de esquejes de pera. Estos sustratos deben ofrecer una mejor capacidad de drenaje, almacenamiento y oxigenación en las cámaras de enraizamiento, lo que facilitará la propagación vegetativa a campo. La producción de plantines de pera en el Altiplano de Bolivia puede ser una excelente alternativa agrícola debido a las condiciones climáticas específicas de la región. El uso de invernaderos permite controlar las variables ambientales, mejorando la calidad y la tasa de éxito en la producción de plantines. A continuación, se presenta un plan detallado para llevar a cabo esta alternativa.

### **1.3. Justificación**

La pera es una fruta exquisita que posee numerosas propiedades nutritivas ya que es baja en grasas y proteínas, pero es una buena fuente de vitaminas (C, K, E y ácido fólico) y minerales esenciales (potasio, calcio, magnesio y fósforo) (Zuleta, 2020), que contribuyen al cuidado y la protección de la salud de nuestro cuerpo. Además de ser deliciosa, destaca por su capacidad para prevenir diversas enfermedades, incluyendo las crónicas inflamatorias del intestino y metabólicas. También puede ayudar a prevenir la adsorción del colesterol, enfermedades cardiovasculares, hipercolesteronemia, cáncer, diabetes y la obesidad, convirtiéndose así en una opción valiosa para mantener un cuerpo saludable.

Debido al poco conocimiento en la propagación de plantines de pera por esquejes, se ha llevado a cabo esta investigación para determinar el sustrato más adecuado que favorezca el desarrollo y enraizamiento de los esquejes de pera en condiciones de invernadero en Kallutaca. 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 pretende superar las limitaciones actuales en el conocimiento sobre la propagación por esquejes, sino también ofrecer alternativas para la reproducción asexual de peras de manera masiva, reduciendo el tiempo necesario y garantizando características fenotípicas deseables para una producción de calidad y alto rendimiento.

Es crucial incluir promotores de crecimiento y utilizar diversos sustratos que faciliten la multiplicación masiva y aceleren el crecimiento. En consideración a que la técnica de propagación vegetativa asexual resulta ser una alternativa viable que ofrece.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar el desarrollo de esquejes de pera (*Pyrus communis*) con diferentes tipos de sustratos en condiciones de invernadero en el Centro Experimental de Kallutaca.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar las características morfológicas de los plantines de pera debido a los diferentes sustratos en condiciones de invernadero en el centro experimental de Kallutaca.
- Identificar el sustrato adecuado para la producción de esquejes de pera (*Pyrus communis*). cascarilla de arroz, cascarilla de café, aserrín y de turba,
- Evaluar el enraizamiento de esquejes de pera (*Pyrus communis*).

#### **1.5. Hipótesis**

Ho: La aplicación de los diferentes tipos de sustratos no influye sobre el desarrollo de los esquejes de pera (*Pyrus cummunis*) en condiciones de invernadero del centro experimental de Kallutaca.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Origen de pera

Sánchez (2013), menciona que la pera es originaria del Asia central, estas han evolucionado en dos grupos generales de especies las cuales son orientales nativas de Asia oriental y el Asia nororiental, y también se encuentran especies nativas en Europa y en el Noroccidente de Asia, las peras asiáticas son originarias de Mongolia, siendo extensamente cultivadas en los países de China y Japón, la producción en el occidente es a través de cruzamientos para generar.

Sánchez (2013), El árbol de la pera (*Pyrus communis*), originario de Asia Occidental, alcanza entre 10 y 17 metros de altura y prefiere climas templados. Tiene hojas verdes oscuras, alternas y dentadas, flores blancas en racimos y frutos piriformes con piel lisa o rugosa. Sus semillas, pequeñas y marrones, se encuentran en el corazón del fruto. Se reproduce sexualmente por semillas y asexualmente por esquejes e injertos. Es perenne y útil en alimentación, medicina y ornamentación

### 2.2. Taxonómica

Según Lucas (2012), la pera común (*Pyrus communis*) es la especie más conocida y ampliamente cultivada de peras. Sin embargo, existen otras especies y variedades de peras, tanto silvestres como cultivadas, que pertenecen al género *Pyrus*. Estas especies pueden variar en cuanto a características botánicas, como forma de la fruta, color, sabor y tamaño de las hojas, entre otros rasgos. La clasificación taxonómica de la pera común (*Pyrus communis*) es la siguiente:

- Reino: Plantae
- Subreino: Tracheobionta
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Rosidae
- Orden: Rosales
- Familia: Rosaceae
- Subfamilia: Amygdaloideae
- Tribu: Maleae

- Género: *Pyrus*
- Especie: *Pyrus communis*

### **2.3. Variedades**

Osorio (2023), hay muchas variedades diferentes de peras, cada una con sus características únicas. Estas son algunas de las variedades más populares.

#### **2.3.1. Pera Bartlett**

Según Smith (2020), la pera Bartlett, también conocida como pera Williams, es una variedad europea de tamaño medio a grande y forma piriforme. Su piel cambia de verde intenso a amarillo pálido cuando madura, a veces con manchas rojizas. La carne es jugosa, suave y de textura fina, con un sabor dulce y aromático. Esta pera se cosecha verde y firme, madurando después de la recolección para desarrollar su sabor y textura característicos. La temporada de cosecha es a finales del verano o principios del otoño, dependiendo de la región, y es crucial recolectarlas en el momento adecuado para asegurar su calidad y sabor..

#### **2.3.2. Pera Anjou**

La Pera Anjou tiene forma redondeada de tamaño mediano a grande y piel de color verde intenso (o rojo en la variedad roja). Su carne es suave y firme, con un sabor suave y dulce equilibrado con una ligera acidez. Aunque no son muy aromáticas, pueden emitir un agradable aroma maduro. Se cosechan en otoño e invierno y son versátiles en su uso, tanto cruda como cocinada, y son adecuadas para conservas. Además, pueden almacenarse en un lugar fresco y oscuro durante un tiempo prolongado (Calvo, 2016).

#### **2.3.3. Pera Bosc**

El peral silvestre, conocido como Pera Bosc o Pera de Bosque, es una variedad de pera que se caracteriza por varios aspectos distintivos: Forma y tamaño: Las peras Bosque son generalmente pequeñas o medianas, con una forma redondeada o algo cónica. Color de la piel, es rugosa y suele ser de color verde oliva o marrón verdoso, a menudo con manchas más oscuras o áreas rugosas, textura de la carne, de la Pera Bosc es firme y densa, con un sabor dulce y ligeramente especiado. Maduración, a diferencia de algunas variedades de peras que cambian de color al madurar, la Pera Bosc generalmente no

cambia mucho su color. En lugar de eso, la maduración se indica por una ligera flexión en el cuello del fruto y una sensación de suavidad en la base cuando se presiona suavemente. Uso culinario. Debido a su firmeza y sabor, las peras Bosc son excelentes para hornear, asar o comer frescas. También son populares en ensaladas debido a su capacidad para mantener su forma y textura. Disponibilidad, Aunque la temporada de la Pera Bosc es típicamente en otoño, pueden estar disponibles durante gran parte del año, dependiendo de la región y los métodos de almacenamiento (García *et al.*, 2017).

#### **2.3.4. Pera red Bartlett**

La pera Red Bartlett, también conocida como Anjou Roja, tiene una forma ovalada con una parte inferior ancha que se estrecha hacia el centro y se redondea en la parte superior. Su piel es de un tono rojo granate oscuro, a veces con franjas verticales. La producción de Red Bartlett en el Noroeste de Estados Unidos ha aumentado significativamente, permitiendo su disponibilidad en el mercado desde finales de septiembre o principios de octubre hasta la primavera. Estas peras maduran a temperatura ambiente y, al alcanzar la madurez óptima, adquieren un sabor suave y dulce con una textura jugosa y suave. Aunque comparte características con la Anjou Verde, la Red Bartlett se distingue por su llamativo color rojo, que añade un atractivo visual cuando se exhibe en un frutero o como parte de una decoración (Benegas, 2013)..

#### **2.3.5. Pera Comice**

Según Santos (2011), la pera Comice es una variedad de pera que se caracteriza por lo siguiente: Forma y color: La pera Comice tiene una forma redondeada y su piel es de color verde con tonos rojizos en algunos casos. Sabor y textura, es considerada la variedad más dulce y jugosa de todas las peras. Su pulpa es suave, cremosa y llena de jugosidad. Tiene un sabor dulce y agradable, disponibilidad, Esta variedad de pera se puede encontrar durante todo el año, ya que existen diferentes variedades y en función de estas, se puede disponer de esta fruta en diferentes momentos, propiedades nutricionales: La pera Comice es una fruta muy recomendada debido a sus propiedades nutricionales. Es rica en agua, azúcares, fibra, vitaminas como la B1, B2, B6, C, A y E y minerales como potasio, fósforo, magnesio y calcio.

### **2.3.6. Pera forelle**

La Pera Forelle (*Pyrus communis*) es una variedad pequeña y alargada con piel amarillo verdosa y manchas rojas, especialmente cuando se expone al sol. Su textura es suave con ligera rugosidad en algunas áreas. Su sabor es refrescante y dulce, con un toque ácido, y su carne es jugosa y tierna, con un aroma floral sutil. Es versátil en la cocina, adecuada para comer cruda, en ensaladas de frutas, o cocida en postres. La cosecha de la Pera Forelle es temprana, generalmente en otoño, y se cultiva en Europa y América del Norte. A pesar de su tamaño pequeño, es apreciada por su sabor y textura (Valenciano, 2014).

### **2.3.7. Pera seckel**

La Pera Seckel, una variedad distinguida dentro del mundo de las peras, presenta una serie de características notables. Se destaca por su tamaño pequeño, siendo una de las peras más diminutas disponibles comercialmente. Su forma es redondeada y su piel tiene un tono verde intenso, a menudo con manchas rojizas o granates que añaden un toque de color. La textura de la piel es ligeramente rugosa y puede sentirse suave al tacto. A pesar de su tamaño reducido, la Pera Seckel es reconocida por su sabor dulce y jugoso, con un toque de especias sutiles que la hacen única en comparación con otras variedades, en términos de disponibilidad, la temporada de la Pera Seckel generalmente comienza en otoño y puede extenderse hasta el invierno. Se cultiva en varias regiones del mundo, especialmente en América del Norte, donde es apreciada tanto por su sabor distintivo como por su atractiva apariencia. Su pequeño tamaño la hace ideal para meriendas, decoración de platos y adiciones a ensaladas, y su dulzura la convierte en una delicia para disfrutar tanto cruda como en diversas preparaciones culinarias (Montellano, 2019).

## **2.4. Composición nutricional**

La composición nutricional típica de la pera incluye alrededor de 100 calorías por porción de tamaño medio. Contiene aproximadamente 26 gramos de carbohidratos, de los cuales unos 6 gramos son fibra dietética y unos 16 gramos son azúcares naturales. La pera es baja en grasas, con menos de 1 gramo por porción, y también tiene una cantidad mínima de proteínas. Además, es una buena fuente de vitaminas, como la vitamina C, vitamina K, vitamina E y ácido fólico, así como de minerales esenciales como el potasio, calcio,

magnesio y fósforo. Esta combinación de nutrientes la convierte en una opción saludable y nutritiva dentro de una dieta equilibrada (Zuleta, 2020).

## **2.5. Producción en Bolivia**

En la actualidad, la superficie total estimada para la producción de peras en Bolivia es de 373 hectáreas, con un rendimiento promedio de 5,445 kilogramos por hectárea. Sin embargo, la información disponible sobre la producción de peras en nuestro país es limitada en comparación con los principales productores a nivel mundial (Rodriguez Gonzalez, 2020).

Según las estadísticas de la FAO para el año 2019, China encabeza la producción mundial de peras con una cifra que supera los 15 millones de toneladas métricas, seguida de Italia con alrededor de 700,000 toneladas, Estados Unidos con aproximadamente 650,000 toneladas, Argentina con cerca de 600,000 toneladas y España con alrededor de 550,000 toneladas.

## **2.6. Propagación vegetativa de las plantas**

La propagación vegetativa de las plantas es un método crucial en la horticultura y la agricultura, donde se generan nuevas plantas a partir de partes de una planta madre en lugar de semillas. Este proceso incluye varios métodos, como esquejes, injertos, división y el uso de estolones y rizomas. Los esquejes implican tomar una porción de la planta madre y colocarla en un medio de cultivo para desarrollar raíces. Los injertos unen partes de diferentes plantas para formar una sola. La división divide una planta madre en secciones más pequeñas para crecer como plantas independientes. Algunas plantas producen estolones o rizomas que generan nuevas plantas cuando entran en contacto con el suelo. La propagación vegetativa permite reproducir clones genéticamente idénticos de plantas con características deseables, como resistencia a enfermedades o alta productividad (Vallejo, 2009).

### **2.6.1. Propagación sexual**

La propagación sexual es un proceso vital para las plantas vasculares, desde la polinización hasta el establecimiento de nuevas plántulas, mediante la fecundación de las flores, la formación de frutos, la dispersión y germinación de semillas. Este proceso resulta en la creación de un nuevo organismo descendiente de la combinación genética

de dos organismos similares, a través de la meiosis, garantizando así la variabilidad genética dentro de la especie. La propagación sexual de las plantas se lleva a cabo mediante semillas, que contienen el material genético necesario para perpetuar la especie y están formadas por tres partes: embrión, endospermo y epispermo (Huanca, 2024).

En cuanto a la propagación sexual de la pera, esta se refiere a la reproducción de la fruta a través de semillas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este método no garantiza la replicación exacta de la planta madre debido a la variabilidad genética inherente, lo que puede resultar en diferencias en las características de las nuevas plantas. Aunque la propagación sexual puede ser más lenta y menos controlada en comparación con métodos de propagación asexual como el injerto, el acodo y la estaca, sigue siendo un proceso fundamental para mantener la diversidad genética y perpetuar la especie (Aragón, 2003).

### **2.6.2. Propagación asexual**

La propagación asexual en las plantas es un proceso fundamental en el que los nuevos individuos se generan sin la necesidad de la fertilización de gametos, lo que resulta en la creación de descendientes genéticamente idénticos al organismo progenitor y la ausencia de variabilidad genética. Este proceso puede ocurrir de diversas formas, como la regeneración de órganos vegetativos como raíces y tallos, así como a través de semillas apomícticas, las cuales se originan de tejido diploide alrededor del saco embrionario (Albany *et al.*, 2004).

Dentro de las múltiples formas de propagación asexual en las plantas, se destacan métodos como la propagación por bulbos, rizomas, tubérculos, estolones, hijuelos, acodo y estacas. Estos mecanismos permiten la clonación de plantas y la preservación de sus características genéticas, lo cual resulta particularmente útil en la reproducción de cultivos valiosos. Además de su eficiencia en términos de velocidad y simplicidad, la reproducción asexual no requiere la producción de células sexuales ni el gasto energético asociado a operaciones previas, lo que la convierte en un proceso biológicamente ventajoso (Rojas *et al.*, 2004).

### **2.6.3. Tipos de propagación vegetativa**

Según el Urbina Vallejo (2002) la propagación vegetativa es un proceso mediante el cual se reproducen nuevas plantas a partir de partes de una planta madre, sin la intervención de semillas. Algunos de los tipos comunes de propagación vegetativa incluyen:

#### **2.6.3.1. Estacas**

Consiste en cortar y plantar una porción de un tallo, rama o hoja de la planta madre en el suelo o un sustrato adecuado. Las estacas pueden desarrollar raíces y crecer como una planta independiente (Reyes, 2015).

#### **2.6.3.2. Injerto**

Se realiza uniendo una porción de una planta (injerto) a otra planta (patrón) para que crezcan juntas y formen una nueva planta. Los injertos se utilizan para propagar variedades específicas y pueden mejorar la resistencia a enfermedades o la productividad de la planta (García *et al.*, 2010).

#### **2.6.3.3. Acodo**

En este método, una rama de la planta madre se dobla y se entierra parcialmente en el suelo, dejando una porción expuesta. Con el tiempo, la parte enterrada desarrolla raíces y se separa de la planta madre para formar una nueva planta (Torres, 2016).

#### **2.6.3.4. División**

Se divide una planta madre en partes más pequeñas, cada una de las cuales puede desarrollarse como una planta independiente. Este método se utiliza comúnmente en plantas herbáceas perennes (García *et al.*, 2010).

#### **2.6.3.5. Brote**

Se toma un brote o yema de la planta madre y se planta en el suelo o se enraíza en un medio de cultivo apropiado para formar una nueva planta (Reyes, 2015).

## 2.7. Estaca o esqueje

Un esqueje es una porción de una planta madre que contiene zonas meristemáticas responsables del crecimiento. La calidad del esqueje enraizado depende de la salud de la planta madre; es más probable que los esquejes de plantas jóvenes en crecimiento enraícen exitosamente debido a su alta actividad metabólica y capacidad de regeneración. Se recomienda que los esquejes tengan entre 10 y 15 cm de longitud y al menos dos nudos, óptimos para el desarrollo de raíces adventicias. Es crucial realizar un corte basal biselado debajo de un nudo para facilitar la inserción en el sustrato y mejorar la absorción de nutrientes y agua (Cabeza, 2018).

## 2.8. Ventajas de la propagación vegetativa

Según Muñoz y Molina (2016), las ventajas de la propagación vegetativa de la pera (*Pyrus communis*) incluyen:

- **Preservación de la capacidad de floración:** La propagación vegetativa retiene la capacidad de floración de la planta madre, evitando la fase juvenil y permitiendo que plantas obtengan características deseables sin esperar largos períodos de crecimiento.
- **Razones económicas:** Aunque la propagación vegetativa no siempre es más económica que la reproducción por semilla, su uso se justifica por la superioridad y uniformidad de las plantas obtenidas, así como por el acortamiento del tiempo requerido para el desarrollo de las plantas.
- **Mantenimiento de clones:** La clonación permite perpetuar las características únicas o deseables de una planta individual, lo que es fundamental para conservar variedades específicas de peras.
- **Propagación de plantas sin semillas:** La propagación vegetativa es crucial para mantener cultivares de peras que no producen semillas viables, como los plátanos, higueras y vides.
- **Evitación de períodos juveniles prolongados:** Algunas plantas leñosas, como las peras, pueden tener períodos juveniles prolongados antes de la floración. La propagación vegetativa permite evitar estos largos períodos juveniles y acelerar la producción de plantas maduras.

## 2.9. Desventajas de una propagación vegetativa

Según Lalatta (2018), la propagación vegetativa tiene las siguientes desventajas:

- **Crecimiento deficiente de las plántulas:** Al utilizar esquejes para propagar peras, se ha observado que las plántulas pueden tener un crecimiento deficiente. Esto significa que los árboles jóvenes pueden tardar más tiempo en dar frutos y los frutos pueden diferir en sabor y forma.
- **Limitación en los tiempos de cultivo:** La mayoría de los esquejes de pera se obtienen solo en primavera y principios de verano, lo que limita los momentos en los que se pueden realizar las propagaciones. Esto puede restringir la flexibilidad en el cultivo de peras a partir de esquejes.
- **Dependencia de la planta madre:** La propagación de esquejes requiere una planta madre saludable y de buena calidad. Si la planta madre tiene algún problema, como una enfermedad o un crecimiento deficiente, esto puede afectar negativamente la calidad de los esquejes y su capacidad para enraizar y crecer adecuadamente.
- **Riesgo de enfermedades y plagas:** Si la planta madre o los esquejes utilizados para la propagación están infectados con enfermedades o plagas, existe el riesgo de que se transmitan a las nuevas plantas. Esto puede afectar la salud y el rendimiento de los árboles de pera propagados por esquejes

## 2.10. Condiciones ambientales durante el enraizamiento

Durante el enraizamiento de esquejes de pera, las condiciones ambientales adecuadas pueden influir en el éxito del proceso. Algunas consideraciones importantes son:

### 2.10.1. Época del año

La primavera y el verano son las estaciones más propicias para el enraizamiento de esquejes de pera debido a las condiciones ambientales favorables, como temperaturas moderadas y mayor disponibilidad de luz solar (Velazques, 2009).

### 2.10.2. Temperatura

La temperatura es un factor crítico durante el enraizamiento de esquejes. Se ha identificado que un rango de temperatura entre 20 °C y 25 °C es ideal para promover un

equilibrio entre el desarrollo de raíces superficiales y profundas, lo cual es esencial para la estabilidad y anclaje de la planta. Temperaturas fuera de este rango pueden resultar en un crecimiento más lento o detenido y afectado (Vega, 2012).

### **2.10.3. Humedad**

La humedad ambiental también juega un papel importante en el proceso de enraizamiento. Se recomienda mantener una alta humedad relativa, superior al 80-90%, para reducir la transpiración y respiración de los tejidos de las estacas o esquejes. Esto puede lograrse mediante el uso de micro aspersores y sombras para disminuir la intensidad lumínica y la fotosíntesis (Soto, 2010).

### **2.10.4. Sustrato**

El sustrato utilizado para el enraizamiento debe proporcionar soporte, nutrientes, humedad y aireación adecuados. Un buen sustrato debe tener una alta capacidad de retención de agua y una buena aireación para facilitar el desarrollo de las raíces (Quispe, 2027).

### **2.10.5. Luz**

La luz es un factor importante en el proceso de enraizamiento. Aunque se requiere una baja intensidad lumínica para reducir la fotosíntesis durante la fase inicial del enraizamiento, la luz sigue siendo necesaria para el desarrollo saludable de las estacas o esquejes (Gamboa, 2008).

### **2.10.6. El pH del suelo**

Para el enraizamiento de esquejes, incluyendo aquellos en pera, el sustrato debe tener un pH adecuado que favorezca el proceso. El rango de pH recomendado para el sustrato es de 5.5 a 6.5 Este rango es crucial ya que un pH fuera de estos límites puede afectar negativamente el enraizamiento (Sigoenza *et al.*, 2013).

## **2.11. Época de estaquillado**

Álvarez (2011), la época adecuada para realizar esquejes de un peral (*Pyrus communis*) es en otoño o invierno, cuando el árbol está inactivo y ha perdido sus hojas. Este es el mejor momento para tomar esquejes de árboles de hoja caduca, ya que es más probable

que enraícen con éxito durante su período de inactividad, los esquejes deben tomarse de ramas maduras y sanas que tengan al menos un año, los esquejes deben almacenarse en un lugar fresco y oscuro, como un refrigerador, hasta que se puedan plantar en primavera. Es importante mantener condiciones ambientales apropiadas durante el proceso de enraizamiento, incluyendo alta humedad, temperatura controlada y luz adecuada.

## **2.12. Fisiología de la propagación de esquejes**

### **2.12.1. Formación del callo**

Según Moeller (2016), 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), el proceso de enraizamiento ocurre después de cortar una estaca, dando inicio a una serie de eventos que conducen al desarrollo de raíces. Inicialmente, se produce una liberación de sustancias grasas en el lugar de la sección. Estas sustancias, al entrar en contacto con el aire, experimentan oxidación, formando así una capa impermeable que protege contra la entrada de patógenos. Posteriormente, se inicia un proceso conocido como tuberización. A partir del cambium y utilizando los nutrientes disponibles, se da inicio a la proliferación de células en forma de un anillo llamado callo. Este callo se diferencia y da lugar al desarrollo de raíces. Luego, comienza la formación de raíces alrededor del anillo de callo.

### **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).

Según 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).

### **2.13. Invernadero**

Un invernadero, también conocido como invernáculo, es una estructura hecha de vidrio o plástico diseñada para cultivar plantas, frutas y verduras a temperaturas más altas que las del exterior. Esta construcción simple cuenta con una cobertura transparente que permite el paso de la luz y protege contra condiciones climáticas adversas como el viento, la lluvia y las bajas temperaturas, que pueden perjudicar a las plantas. Se beneficia del efecto de la radiación solar, que, al atravesar el vidrio u otro material translúcido, calienta los objetos en su interior (Álvarez, 2010).

Un invernadero permite sembrar plantas fuera de temporada y en invierno, protegiéndolas de bajas temperaturas. Además, se pueden iniciar cultivos antes de su época natural y luego trasladarlos al exterior para maximizar la cosecha. Los invernaderos se utilizan para investigación agrícola, incluyendo estudios de suelos, riego, enfermedades de plantas y su tratamiento, así como experimentos de hibridación y genética para mejorar la resistencia, sabor y valor nutricional de los vegetales (Invermatica, 2013).

#### **2.14. Sustratos**

Según Colque (2016), el término "sustrato" se refiere a cualquier material sólido que se utiliza en la agricultura, la horticultura o la jardinería para sostener y proporcionar un medio de crecimiento para las plantas. Esta definición abarca una amplia gama de materiales, tanto naturales como sintéticos, que pueden ser de origen mineral u orgánico. Los sustratos pueden ser utilizados en su forma pura o en mezclas, dependiendo de las necesidades específicas de las plantas que se cultivan y del entorno en el que se encuentran. Además de proporcionar un medio para que las raíces de las plantas se anclen, los sustratos también desempeñan un papel crucial en la retención de agua y nutrientes, así como en la aireación del sistema radicular. Es importante destacar que, si bien los sustratos pueden cumplir una función de soporte físico para las plantas, su papel en la nutrición vegetal puede variar. Algunos sustratos pueden contener nutrientes que son liberados lentamente a medida que las plantas los necesitan, mientras que otros pueden requerir la adición de fertilizantes para proporcionar los nutrientes necesarios para un crecimiento óptimo.

Según Zapana (2013), el concepto de sustrato en el contexto de la horticultura y la agricultura se refiere a cualquier material sólido utilizado en viveros que cumple con la función de proporcionar un medio de crecimiento para las plantas, distinguiéndose claramente del suelo circundante. Este material puede presentarse en diversas formas, ya sea de origen natural o sintético, mineral u orgánico, y su principal función es facilitar el anclaje de las plantas a través de sus sistemas radiculares, el sustrato, al ser el medio en el cual las raíces de las plantas se desarrollan y absorben nutrientes, puede influir significativamente en el proceso de nutrición vegetal. Dependiendo de sus características químicas y físicas, el sustrato puede actuar de diferentes maneras en relación con la disponibilidad y absorción de nutrientes por parte de las plantas. Algunos sustratos pueden ser químicamente inertes, lo que significa que no tienen efecto directo en la

disponibilidad de nutrientes y actúan principalmente como soporte físico para las plantas. Ejemplos de estos sustratos incluyen la perlita, la lana de roca y la roca volcánica, por otro lado, existen sustratos químicamente activos, como las turbas y la corteza de pino, que pueden interactuar con los nutrientes presentes en el medio y afectar su disponibilidad para las plantas. Estos sustratos pueden contener materia orgánica en descomposición, minerales solubles o compuestos químicos que influyen en el pH del suelo y en la absorción de nutrientes por parte de las raíces de las plantas.

De acuerdo con Muñoz y Vera (2012), el sustrato desempeña un papel fundamental en el desarrollo saludable de las plantas al servir como suelo base en el cual las raíces se anclan y desarrollan. Además de proporcionar un soporte físico, el sustrato cumple una serie de funciones esenciales para el crecimiento y la supervivencia de las plantas, una de las funciones clave del sustrato es garantizar un suministro adecuado de aire, nutriente y mineral a las raíces de las plantas. La porosidad del sustrato permite la circulación del aire y la absorción de oxígeno por parte de las raíces, lo que es esencial para la respiración radicular y el metabolismo de las plantas. Asimismo, el sustrato actúa como un reservorio de nutrientes esenciales y minerales, los cuales son absorbidos por las raíces para satisfacer las necesidades de crecimiento y desarrollo de la planta.

Según Salomé (2016), la composición y preparación del sustrato son cruciales para el crecimiento de las plantas. Un sustrato con proporciones inadecuadas puede afectar negativamente el desarrollo vegetal de varias maneras. Por ejemplo, una estructura demasiado densa puede causar asfixia radicular por falta de oxígeno, reduciendo el crecimiento y aumentando la vulnerabilidad a enfermedades. La falta de agua puede llevar a la deshidratación y estrés hídrico, potencialmente fatal para la planta si no se maneja adecuadamente. Además, estas condiciones debilitan la planta y la hacen más susceptible a patógenos como virus, bacterias y hongos, que se propagan más fácilmente en condiciones de estrés debido a la disminución de la resistencia natural (Salomé, 2016).

#### **2.14.1. Clasificación de sustrato**

Torres y Patiño (2017), existen diferentes criterios para clasificar los tipos de sustratos utilizados en el cultivo de plantas. Algunos de los criterios comunes incluyen el origen de los materiales, sus propiedades físicas, químicas y biológicas, así como su capacidad de degradación. A continuación, se presentan algunas clasificaciones de sustratos según estos criterios:

a) Según el origen de los materiales:

- Sustratos naturales: incluyen materiales orgánicos como la turba, la corteza de pino y la fibra de coco, así como materiales minerales como la arena, la grava y la roca volcánica.
- Sustratos sintéticos: incluyen materiales inorgánicos como la perlita, la vermiculita y la lana de roca.

b) Según sus propiedades físicas y químicas:

- Sustratos químicamente inertes: actúan como soporte de la planta y no intervienen en el proceso de adsorción y fijación de nutrientes. Ejemplos de sustratos inertes son la arena, la grava, la perlita y la arcilla expandida.
- Sustratos químicamente activos: además de actuar como soporte de la planta, estos sustratos participan en el proceso de adsorción y fijación de nutrientes. Ejemplos de sustratos activos son la turba y la fibra de coco.

Es importante tener en cuenta que cada tipo de sustrato tiene propiedades y características específicas que pueden influir en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por lo tanto, es recomendable seleccionar el sustrato adecuado según las necesidades de las plantas que se deseen cultivar

#### **2.14.2. Desinfección del sustrato**

De acuerdo con Khuno (2005), en el proceso de desinfección del sustrato, se recomienda el uso de 250 cc de formaldehído con una concentración del 40%. Esta solución debe ser cuidadosamente disuelta en 15 litros de agua. Una vez preparada la solución, se procede a rociarla sobre una superficie de 3 m<sup>2</sup> del sustrato que se desea desinfectar. Es crucial cubrir inmediatamente el área rociada con un nylon u otro material adecuado para evitar la

Se recomienda cubrir el sustrato durante 48 horas para permitir la evaporación de los gases del formaldehído, crucial para la desinfección efectiva. Es vital mantener una ventilación adecuada durante este periodo para evitar riesgos de inhalación. Al destapar, se debe verificar que el olor del formaldehído haya desaparecido por completo, indicando así que la desinfección ha sido exitosa y el sustrato está listo para su uso. Es esencial seguir estrictamente las medidas de seguridad al manipular formaldehído, una sustancia

química peligrosa, y considerar las regulaciones locales y consultas adicionales con expertos para garantizar prácticas seguras y efectivas de desinfección del sustrato.

Según Huarhua (2017), la desinfección del sustrato es crucial para prevenir la proliferación de hongos, microorganismos y enfermedades que afectan el crecimiento de las plántulas. Se utilizan productos químicos como el formol al 40% y el bromuro de metilo por su efectividad en eliminar agentes patógenos. Además, se mencionan alternativas como la solarización, que expone el sustrato a la radiación solar para eliminar patógenos por el calor, y la aplicación de agua hervida para eliminar microorganismos y semillas de malezas. Estos métodos son atractivos por su bajo costo y facilidad de aplicación, pero cada uno tiene consideraciones de seguridad y limitaciones propias. Por ejemplo, los productos químicos requieren manejo cuidadoso debido a su toxicidad, y la efectividad de cada método puede variar según las condiciones del sustrato y del entorno.

### **2.14.3. Suelo**

Hartmann y Kester (1998) describen el suelo como un ecosistema complejo que incluye componentes sólidos, líquidos y gaseosos. La parte sólida del suelo contiene una mezcla diversa de materiales orgánicos e inorgánicos, destacando la fracción orgánica por albergar organismos vivos y muertos que son clave en los ciclos biogeoquímicos y la salud del suelo. Estos organismos, como insectos, hongos, bacterias y raíces de plantas, desempeñan funciones cruciales en la descomposición de materia orgánica, mineralización de nutrientes y fijación de nitrógeno, mejorando así la fertilidad y estructura del suelo. Las raíces de las plantas también mejoran la estructura física del suelo al mejorar la aireación y la capacidad de retención de agua, y establecen asociaciones simbióticas con microorganismos que facilitan la absorción de nutrientes. La fracción inorgánica del suelo comprende minerales como arcilla, limo y arena, que afectan la textura, capacidad de retención de agua y proporcionan nutrientes esenciales como calcio, potasio y fósforo a medida que los materiales orgánicos se descomponen gradualmente.

### **2.14.4. Suelo del lugar**

Según Tucupa (2012), investigaciones han demostrado que el uso de un sustrato de textura liviana es crucial para facilitar el enraizamiento exitoso de las estacas. Este sustrato está compuesto principalmente por tres elementos esenciales. En primer lugar,

se incluye un 40% de tierra local o tierra negra, rica en minerales y nutrientes necesarios para el crecimiento vegetal. En segundo lugar, se agrega un 30% de arena, que proporciona una estructura porosa y facilita un drenaje eficiente para evitar el encharcamiento del suelo y prevenir la pudrición de las raíces. Por último, se integra un 30% de tierra vegetal, derivada de la descomposición natural de la hojarasca y otros restos vegetales, enriqueciendo el sustrato con compost y nutrientes esenciales. Este proceso no solo mejora la estructura física del sustrato, sino que también optimiza su capacidad para retener la humedad, creando un ambiente propicio para el desarrollo radicular.

#### **2.14.5. Arena**

Según Darquea (2015), la arena se compone de partículas con diámetros entre 0.2 y 2 mm, caracterizada por su baja retención de humedad que requiere riegos frecuentes pero ligeros. Aunque tiene una excelente capacidad de aireación debido a sus partículas gruesas y sueltas, permitiendo que el aire circule libremente, ofrece pocos nutrientes para las plantas. Por ello, es necesario complementarla con fertilizantes u otros materiales orgánicos para un crecimiento óptimo. A pesar de estas limitaciones, la arena es valiosa en aplicaciones hortícolas y de jardinería por su capacidad de drenaje rápido y estructura porosa, ideal para plantas como cactus, suculentas y plantas de terrario..

Hartmann y Kester (1998) sostienen que la arena de cuarzo, compuesta principalmente por sílice, es el sustrato preferido para la propagación de plantas debido a su estructura granular y alta porosidad. Esta arena proporciona condiciones ideales para el enraizamiento vigoroso de esquejes y plántulas. Su peso contribuye a la estabilidad de las raíces en desarrollo, previniendo el vuelco de las plántulas, y su estructura granular facilita un drenaje rápido del agua excesiva, evitando problemas de encharcamiento que podrían dañar las plantas. Sin embargo, antes de usarla, es crucial desinfectar la arena mediante fumigación o tratamiento térmico para eliminar semillas de malezas y organismos patógenos que podrían afectar el crecimiento de las plantas. Aunque carece de nutrientes minerales y capacidad de ajuste químico, la arena se complementa con materiales orgánicos para proporcionar los nutrientes necesarios. Esta combinación asegura un medio de crecimiento equilibrado que promueve el desarrollo saludable de las raíces y la propagación exitosa de las plantas.

#### **2.14.6. Turba**

La turba se forma por la acumulación gradual de restos de vegetación acuática en pantanos y marismas, donde experimentan descomposición parcial debido a la falta de oxígeno. Este proceso conserva el material vegetal a lo largo del tiempo. La composición de la turba varía según la vegetación original, como musgos y juncos, influenciando sus propiedades físicas y químicas. (Hartmann y Kester, 1998).

La composición de la turba está influenciada por el estado de descomposición de los restos vegetales y el contenido mineral del entorno pantanoso. La turba fresca puede contener fragmentos reconocibles de plantas, mientras que la turba más madura es más descompuesta y rica en materia orgánica oscura. La acidez de la turba varía entre depósitos y puede ser afectada por ácidos húmicos y fúlvicos, así como por minerales y otros componentes del suelo circundante (Núñez, 2009),

Según Colque (2016), La turba es una sustancia orgánica densa de color marrón oscuro, rica en carbono y con una estructura esponjosa que conserva restos reconocibles de plantas. Sus propiedades físicas y químicas varían según su origen y formación. Se utiliza como fuente de energía en diversas industrias y también en la fabricación de fertilizantes orgánicos, gracias a su composición rica en materia orgánica y nutrientes esenciales, que enriquecen y mejoran los suelos agrícolas.

#### **2.14.7. Cascarilla de café**

La cascarilla de café se utiliza como sustrato en la agricultura debido a varias propiedades beneficiosas. Se descompone rápidamente gracias a su composición blanda y delgada, formando ácidos húmicos que benefician el sustrato. Es útil en compostaje, produciendo compost de alta calidad rico en nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio. Además, retiene la humedad, promueve el desarrollo de flora bacteriana beneficiosa para las plantas, y puede usarse en hidroponía o mezclas de sustratos para semilleros (Vega, 2012).

#### **2.14.8. Cascarilla de arroz**

Según Colque (2016), la cascarilla de arroz se destaca por su versatilidad y múltiples usos en diversas industrias. Se emplea ampliamente como material para camas en avícolas y pesebreras, así como en la industria floricultora. Además, se utiliza en la fabricación de

alimentos concentrados para animales y como componente en la producción de compostaje. Uno de sus atributos más destacados es su capacidad para mejorar la retención de humedad en los suelos y sustratos, lo que la convierte en un recurso valioso en la agricultura y la jardinería.

Se reconoce que la cascarilla de arroz es un componente que mejora notablemente las propiedades físicas y químicas del suelo, al promover la aireación, retener la humedad y aumentar la disponibilidad de nutrientes. Además, estimula la actividad microbiana, favorece el crecimiento de las raíces de las plantas y actúa como una valiosa fuente de sílice, fortaleciendo su resistencia contra insectos y microorganismos dañinos. A medida que se descompone, la cascarilla de arroz se convierte en una importante fuente de materia orgánica, gracias a su alto contenido de lignina. Cuando se utiliza en forma de ceniza, aporta fósforo y potasio, lo que puede contribuir a corregir la acidez del suelo (Ayaviri, 2010).

Se trata de un sustrato suelto y ligero, caracterizado por su inercia y baja retención de humedad, lo que garantiza un buen drenaje y una excelente aireación. Este ambiente favorece el desarrollo radicular de las plantas al controlar los excesos de humedad y permitir el filtrado óptimo de nutrientes al suelo. Además, promueve la actividad macro y microbiológica del suelo, estimulando así el crecimiento saludable del sistema radicular de las plantas. Gracias a su contenido de sílice, este sustrato fortalece la resistencia de las plantas contra plagas y enfermedades. Asimismo, su capacidad para corregir la acidez del suelo y proporcionar una fuente constante de humus lo convierte en un componente esencial para un ambiente óptimo de crecimiento, este material puede ocupar hasta un 33% del volumen de los ingredientes, con un 87% de materia orgánica y un 13% de cenizas (Apaza, 2004).

#### **2.14.9. Aserrín**

El aserrín, un residuo común de la industria maderera, varía en durabilidad y contenido de nitrógeno dependiendo de la especie de árbol del cual proviene. Independientemente de su origen, el aserrín mejora significativamente las condiciones físicas del sustrato donde se utiliza. Aunque su impacto en la acidez del suelo es mínimo, su aplicación puede requerir complementos adicionales de nitrógeno para mantener un crecimiento óptimo de las plantas, dependiendo de la especie y las necesidades específicas del cultivo (Colque, 2016).

Es recomendable evitar el uso de restos de madera de pino o madera roja en la agricultura, ya que pueden afectar negativamente el desarrollo de las raíces de las plantas. Para su utilización, se sugiere que el aserrín tenga entre uno y dos años de antigüedad, ya que durante este tiempo su descomposición en el suelo puede absorber el nitrógeno disponible, causando una deficiencia en el cultivo. Esta situación puede ser contrarrestada mediante la aplicación de un fertilizante mineral nitrogenado, que compensará temporalmente la inmovilización del nitrógeno por parte de los microorganismos que actúan sobre la materia orgánica seca (Apaza, 2004).

## **2.15. Labores culturales**

### **2.15.1. Riego**

Según Gómez (2010), el riego es crucial durante el enraizamiento de esquejes de pera en bolsas de polietileno. Es fundamental mantener una humedad óptima en el sustrato para favorecer la formación de callo y el desarrollo de raíces. Para evitar daños por animales o maquinaria, el riego por goteo o subterráneo con goteros o tuberías enterradas es recomendable. Estos métodos aseguran un suministro constante y eficiente de agua. Los sistemas de riego por aspersión o nebulización también son adecuados, ya que distribuyen uniformemente la humedad sobre los esquejes. Es crucial controlar el riego con precisión para evitar tanto el exceso como la falta de humedad, factores que podrían inhibir el enraizamiento de los esquejes.

### **2.15.2. Deshierbe**

Según Méndez y Cárdenas (2009), La semisombra durante el enraizamiento de esquejes es fundamental para proporcionar una cantidad moderada de luz solar filtrada o indirecta. Esta iluminación parcial permite que los esquejes realicen la fotosíntesis y otros procesos biológicos esenciales, mientras los protege de la exposición directa al sol intenso, que podría causar deshidratación o estrés. En condiciones de semisombra, los esquejes pueden desarrollarse de manera óptima. Este entorno equilibra la luz necesaria para su crecimiento con la protección contra los efectos negativos del sol. La luz filtrada asegura que los esquejes reciban suficiente energía para la fotosíntesis sin el riesgo de quemaduras o pérdida excesiva de agua.

Según Méndez y Cárdenas (2009), Además, la semisombra ayuda a mantener una temperatura más constante y adecuada, lo que es crucial para la formación de raíces. Las condiciones lumínicas adecuadas en la semisombra favorecen un desarrollo saludable y la formación efectiva de raíces, lo que resulta en plantas más fuertes y vigorosas, Por tanto, la semisombra no solo es beneficiosa, sino crucial para un enraizamiento exitoso, proporcionando el equilibrio perfecto entre luz y protección para un desarrollo óptimo del esqueje.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización

##### 3.1.1. Ubicación geografía

El estudio se desarrolló en el centro Experimental de Kallutaca, perteneciente a la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto. Esta estación está ubicada en la provincia Los Andes, municipio Laja, con coordenadas geográficas de  $16^{\circ}31'26''$  de latitud Sur y  $68^{\circ}18'30''$  de longitud Oeste, a una altitud de 3903 metros sobre el nivel del mar (Google Earth, 2022).

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

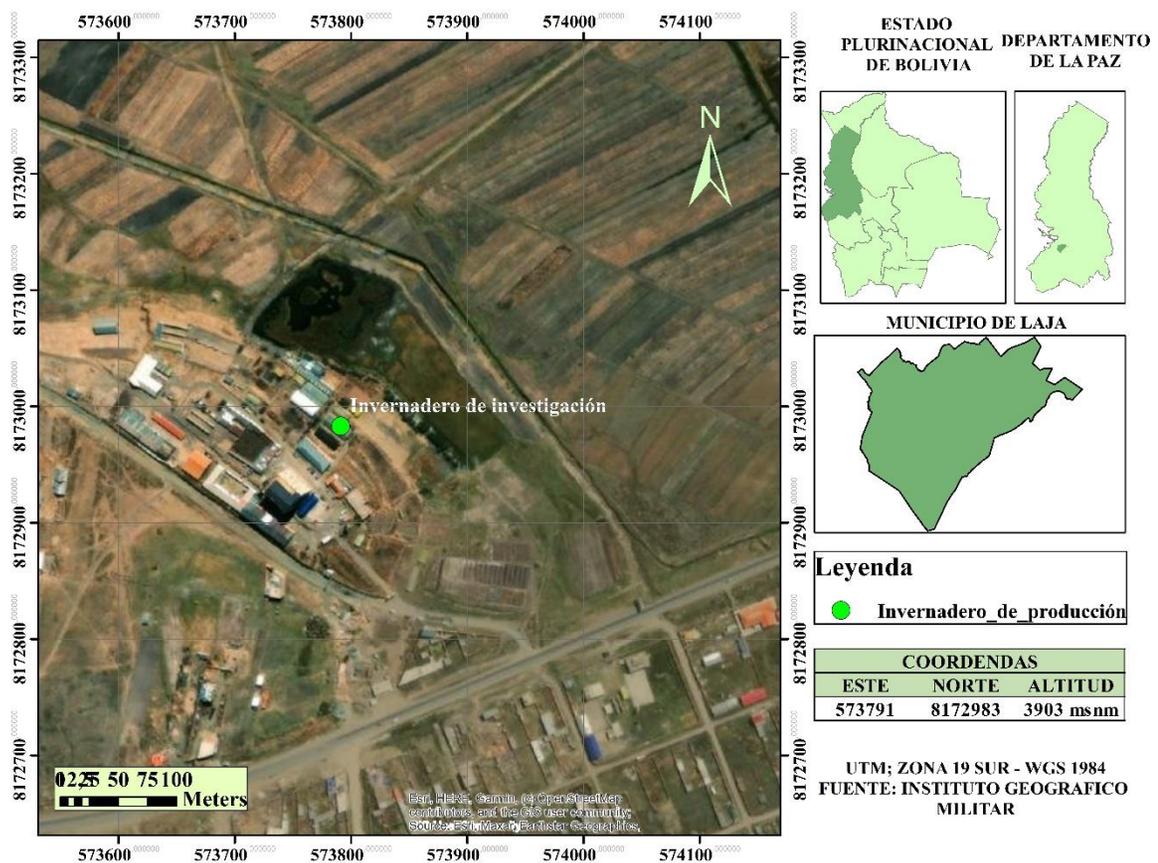


Figura 1. Ubicación geográfica del centro experimental de Kallutaca

## **3.2. Materiales**

Se contó con una diversidad de materiales, equipos, herramientas e insumos para llevar a cabo la investigación:

### **3.2.1. Materiales vegetativos**

El estudio se llevará a cabo utilizando 300 esquejes de pera, cada uno con una longitud de 15 a 20 cm, los cuales fueron adquiridos en el municipio de Sapahaqui, La Paz.

### **3.2.2. Material químico**

- Formol al 40%
- Spiderman etiqueta Azul

### **3.2.3. Material orgánico**

- Arena fina
- Aserrín
- Cascarilla de café
- Cascarilla de arroz
- Turba
- Tierra del lugar

### **3.2.4. Material del 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

- Regadera

### **3.2.5. Material de gabinete**

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

## **3.3. Método**

### **3.3.1. Desarrollo del ensayo**

El trabajo de investigación se dio inicio el 9 de junio con una duración de 4 meses, concluyéndose el 7 de septiembre de la gestión 2022, fue realizado en el centro experimental de Kallutaca en el invernadero de fruticultura que pertenece a la carrera de Ingeniería Agronómica.

#### **3.3.1.1. Medición del área de estudio**

La presente investigación se llevó a cabo en el centro Experimental de Kallutaca, específicamente en el área dedicada a la fruticultura. El espacio destinado a este fin tiene dimensiones de 15 x 6 m. Con una altura construida de ladrillo de 0.12 metros y un techo cubierto con agrofilm de 250 micrones, alcanzando una altura máxima de 4 metros. La estructura de la carpa sigue un modelo de tipo dos aguas.

La medición del área de investigación se realizó utilizando una wincha, determinando que el área utilizada en el módulo de fruticultura abarcaba 6.5 m<sup>2</sup>.

#### **3.3.1.2. Preparación del área y nivelación del terreno**

Como paso inicial, se llevó a cabo una exhaustiva limpieza del área de estudio, que incluyó la eliminación de piedras y cualquier otro obstáculo que pudiera interferir con el desarrollo de la investigación. Posteriormente, se procedió a nivelar cuidadosamente el terreno, asegurando así que el área de estudio estuviera uniforme y lista para llevar a cabo las mediciones y experimento planificado. Este proceso garantizó condiciones óptimas para la recolección de datos precisos y la realización efectiva de las actividades de investigación.

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

Se obtuvieron la cascarilla de arroz y la cascarilla de café de la sede desconcentrada de Caranavi, mientras que la turba y el aserrín se adquirieron en el aserradero de la Ex tranca de Río seco. Esta cuidadosa selección de materiales orgánicos proporcionó una variedad de sustratos adecuados para el enraizamiento y crecimiento de los esquejes.

### **3.3.1.4. Preparación y desinfección del sustrato**

De acuerdo con Fossati y Olivera (1996), se llevó a cabo la desinfección de los diferentes sustratos utilizando una solución de formol al 40%, con una cantidad de 1/2 diluido en dos baldes de 20 litros de agua cada uno. Esta solución se aplicó sobre los sustratos mediante el uso de una regadera, mientras se tomaban las medidas de protección correspondientes, como el uso de botas y guantes. Posteriormente, se cubrieron los sustratos con plástico durante tres días para promover la transpiración. Finalmente, se permitió que los sustratos se ventilaran durante cuatro días, hasta que el olor a formol desapareció por completo.

### **3.3.1.5. Preparación del sustrato**

La preparación de los sustratos para las unidades experimentales (platabandas) implicó la aplicación de una mezcla compuesta por turba, cascarilla de café, aserrín y cascarilla de arroz. Esta mezcla se preparó utilizando un 40% de cada componente por masa para enriquecer el sustrato con nutrientes, junto con un 10% de arena por masa para mejorar su estructura. Esta combinación tenía como objetivo mejorar la retención de agua, aumentar el tamaño de los poros, favorecer una mejor aireación y promover la capacidad de intercambio catiónico del sustrato.

### **3.3.1.6. Características de los envases utilizados**

Se utilizaron bolsas de polietileno negro de 20 cm de longitud y 10 cm de diámetro para envasar los sustratos. En total, se distribuyeron 25 bolsas por cada tipo de sustrato, lo que resultó en un total de 300 envases para el diseño experimental. Estas bolsas proporcionan un ambiente controlado y protegido para el desarrollo de las plantas, ayudando a mantener la humedad y temperatura adecuadas, y facilitando el manejo y transporte de los esquejes durante el proceso de enraizamiento.

### **3.3.1.7. Recolección de esquejes**

Se recolectaron 300 esquejes de pera (*Pyrus communis*) con longitudes de 15 a 20 cm, provenientes del municipio de Sapahaqui, ubicado en el departamento de La Paz.

Los esquejes fueron obtenidos de las ramas laterales de las plantas de pera, seleccionando aquellas con yemas capaces de desarrollar raíces. Se cortaron los esquejes a una longitud de 20 cm, justo debajo del nudo, con un corte angular de aproximadamente 45° para aumentar el área de contacto con el sustrato.

Posteriormente, los esquejes fueron trasladados a centro Experimental de Kallutaca, donde se sumergieron en agua durante 5 días a una profundidad de 5 cm. Este proceso de remojo tuvo como objetivo promover la formación de callos en los esquejes, ya que a partir de estos callos se desarrollan las raíces adventicias.

### **3.3.1.8. Trasplante**

El trasplante de los esquejes se llevó a cabo en bolsas de polietileno negro, empleando un método preciso y atento. Se utilizó una vareta de madera especialmente confeccionada para esta tarea, permitiendo una inserción suave de los esquejes en las bolsas. Esta precaución se tomó con el objetivo de evitar cualquier daño en la base de los esquejes durante el contacto con el sustrato. Este enfoque meticuloso fue esencial para garantizar un trasplante exitoso y el desarrollo saludable de los esquejes en su nuevo entorno de crecimiento.

### **3.3.1.9. Labores culturales**

Se llevaron a cabo una serie de labores culturales específicas para el cuidado y el desarrollo adecuado de los esquejes de pera. Estas actividades abarcaron una variedad de acciones cuidadosamente planificadas y ejecutadas para fomentar el crecimiento saludable de las plantas. Entre estas labores se incluyeron:

#### **a) Riego**

Se implementó el riego manual mediante el uso de una regadera, aplicándolo día por medio una vez que los esquejes estuvieron colocados en las macetas. Este método se

seleccionó con el fin de proporcionar la cantidad precisa de humedad requerida para el enraizamiento efectivo y el crecimiento saludable de los esquejes.

**b) Deshierbe**

Cada semana, se eliminaron manualmente las plantas no deseadas de las macetas donde se encontraban los esquejes enraizando. Esta tarea se llevó a cabo para erradicar las malezas y mejorar la ventilación del sustrato, contribuyendo así al crecimiento saludable de los esquejes.

**c) Semisombra**

Desde el principio del crecimiento de los brotes de los esquejes, se cubrieron con una malla semisombra al 50%. Esto se hizo para protegerlos de las altas temperaturas y la luz solar directa dentro de la carpa de ladrillo. La malla permitió filtrar la luz, proporcionando un ambiente más adecuado para el desarrollo inicial de los brotes, evitando así daños por estrés térmico y luminoso.

**d) Control fitosanitario**

Durante nuestra investigación, notamos la presencia de pequeñas larvas transparentes en el desarrollo de los esquejes de pera, especialmente alrededor de las raíces. Estas larvas causaron la pudrición de las raíces emergentes de los callos. Para abordar esta situación, aplicamos el insecticida Spiderman, reconocible por su etiqueta de color azul.

La aparición de estas larvas podría haber sido el resultado de condiciones ambientales desfavorables durante el proceso de producción, como el cambio de agro film. Además, la actividad constante del personal en el área de investigación podría haber contribuido a la propagación de estos insectos.

**3.3.2. Toma de datos**

Se llevó a cabo una recopilación de datos para registrar las temperaturas máximas y mínimas, así como la humedad relativa, con el objetivo de seguir de cerca el desarrollo de los esquejes de pera en invernadero. Además, una vez completados los cuatro meses de evaluación de los platines, se evaluaron otras variables como el porcentaje de

prendimiento, el número de raíces secundarias, el diámetro del tallo prendido, la longitud de la raíz, entre otras.

### 3.3.3. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Bloques Completamente al Azar (DBCA), donde se consideró cuatro tratamientos y tres repeticiones, dando un total de doce unidades experimentales debido a su recomendación bajo este tipo de experimentos, una prueba de medias de Duncan a un nivel de significancia del 5% (Ochoa, 2016).

#### 3.3.3.1. Modelo lineal

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

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

Dónde:

- $Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera de la variable de respuesta
- $\mu$  = Media general del experimento.
- $\alpha_i$  = Efecto de la i-ésima sustratos
- $\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloques
- $\varepsilon_{ijk}$  = 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 pera se indican en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Proporciones de la mezcla del sustrato**

Tratamientos	Tierra Del Lugar	Arena	Sustrato
T1	50%	10%	Cascarilla de arroz 40%
T2	50%	10%	Cascarilla de café 40%
T3	50%	10%	Aserrín 40%
T4	50%	10%	Turba 40%

### 3.3.5. Croquis de experimento

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

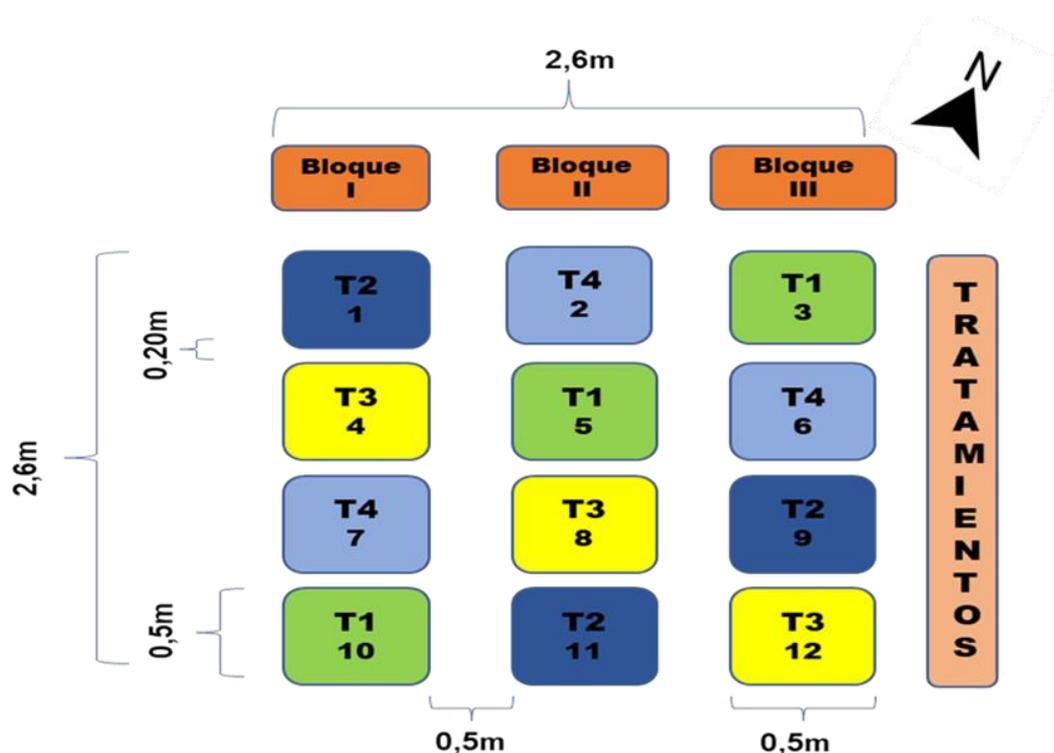


Figura 2. Croquis del experimento

### 3.3.6. Variables de respuesta

La recolección de datos de las variables se realizó durante las primeras apariciones de los brotes en las yemas. Posteriormente, estos datos fueron organizados en tablas y sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar su significancia. Este proceso permitirá obtener una comprensión más profunda y respaldada estadísticamente de las relaciones y tendencias presentes en las variables observadas.

#### 3.3.6.1. Porcentaje de prendimiento

El porcentaje de prendimiento se evaluó mediante la utilización de 300 esquejes de pera (*Pyrus communis*). Estos esquejes se distribuyeron en grupos de veinticinco para cada tratamiento, los cuales fueron sometidos a escarificación química. Se realizó una distribución uniforme de los esquejes y se mantuvieron adecuadamente humedecidos con

una frecuencia específica. Durante un período de 30 días, se registró minuciosamente la cantidad de esquejes que mostraron signos de enraizamiento y prendimiento. Este proceso permitió evaluar la eficacia de los tratamientos en términos de la capacidad de los esquejes para desarrollar raíces y establecerse con éxito.

Para el cálculo del porcentaje de prendimiento se utilizó la siguiente fórmula (Zapana, 2013).

$$\%P = \frac{\text{Número Esquejes Vivos}}{\text{Número Esquejes Totales}} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:

%P = Porcentaje de Prendimiento

NEV = Número de Esquejes Vivos

NET = Número de Esquejes Totales

### **3.3.6.2. Número de raíces secundarias**

La medición del número de raíces secundarias se realizó al finalizar el experimento, seleccionando aleatoriamente 5 esquejes para esta tarea. Para llevar a cabo la medición, se procedió a retirar el sustrato que rodeaba las raíces mediante un lavado con agua corriente. Una vez liberadas del sustrato, las raíces fueron contadas manualmente y registradas en la planilla correspondiente. Este proceso meticuloso garantizó la obtención de datos precisos sobre la cantidad de raíces secundarias desarrolladas por los esquejes, lo que contribuyó significativamente a una evaluación detallada del éxito del proceso de enraizamiento.

### **3.3.6.3. Diámetro de tallo prendido**

El diámetro del tallo prendido se determinó utilizando un calibrador vernier. Para llevar a cabo esta medición, se seleccionaron aleatoriamente 5 esquejes por cada tratamiento. Este enfoque metodológico garantizó la obtención de datos precisos sobre el desarrollo y grosor de los tallos en cada tratamiento de esquejes, lo que contribuyó significativamente a la evaluación específica del éxito en la formación y consolidación de los tallos enraizados.

#### **3.3.6.4. Longitud de raíz**

La longitud de la raíz se determinó extrayendo 5 muestras al azar por cada tratamiento. Luego, se procedió a lavar las raíces con agua para eliminar el sustrato que las rodeaba. Posteriormente, utilizando una regla, se midió la longitud de las raíces que quedaron libres de sustrato. Todos estos valores fueron registrados minuciosamente en una planilla. Este proceso meticuloso garantizó la obtención de datos precisos sobre la longitud de las raíces en cada muestra, lo que contribuyó significativamente a una evaluación detallada del desarrollo radicular en los distintos tratamientos.

#### **3.3.6.5. Número de brotes**

La cantidad de brotes se determinó semanalmente para cada tratamiento de esquejes. Esta cuantificación se realizó mediante una inspección visual, contabilizando el número de brotes presentes en cada esqueje. Este enfoque sistemático garantizó la obtención de datos representativos del desarrollo de los brotes en cada tratamiento a lo largo del tiempo. Además, al llevar a cabo esta evaluación de manera regular, se logró un seguimiento preciso de la evolución de los esquejes y se obtuvo una comprensión más profunda del rendimiento en términos de emisión de brotes en las plantas.

#### **3.3.6.6. Número de hojas**

Una vez que las hojas emergieron, se procedió a medir esta variable en brotes seleccionados al azar dentro de cada tratamiento. Se llevó a cabo la cuantificación del número de hojas en cada brote, y estos datos fueron meticulosamente registrados en una planilla para su posterior análisis. Este enfoque garantizó una recopilación precisa de información sobre el desarrollo foliar en los distintos tratamientos. Además, al llevar a cabo la medición de las hojas una vez que emergieron, se capturó con precisión la etapa del crecimiento en la que se encontraban las plantas, lo que proporcionó datos valiosos para una evaluación detallada de esta fase del desarrollo de las plantas.

#### **3.3.6.7. Porcentaje de sobrevivencia**

Tras completar el período de prendimiento y permitir dos semanas de aclimatación, se procedió a evaluar la supervivencia mediante la observación de la mortalidad. Para calcular el porcentaje de sobrevivencia, se aplicará la siguiente ecuación.

$$\% \text{ de sobrevivencia} = \frac{\text{Número de Plantines Vivos}}{\text{Número de Plantines Prendidos}} * 100 \quad (2)$$

Esta metodología permitió obtener una evaluación precisa del éxito de la sobrevivencia de las plantas después del proceso de prendimiento y aclimatación. Al observar la mortalidad después de un período de adaptación, se pudo tener en cuenta la capacidad de las plantas para establecerse en su nuevo entorno y sobrevivir a las condiciones ambientales adversas.

#### **3.3.6.8. Análisis estadísticos**

Los datos se procesaron utilizando el software R (versión 2019), el cual facilitó no solo el cálculo de estadísticas descriptivas sino también la creación de gráficos relevantes. Este método riguroso aseguró un análisis detallado de los datos, aplicando técnicas estadísticas como ANOVA, Media, Moda y Desviación Estándar para elucidar las tendencias y variabilidades observadas. Dicha metodología exhaustiva incrementó la validez y solidez de las conclusiones del estudio, permitiendo una interpretación minuciosa y exacta de los resultados.

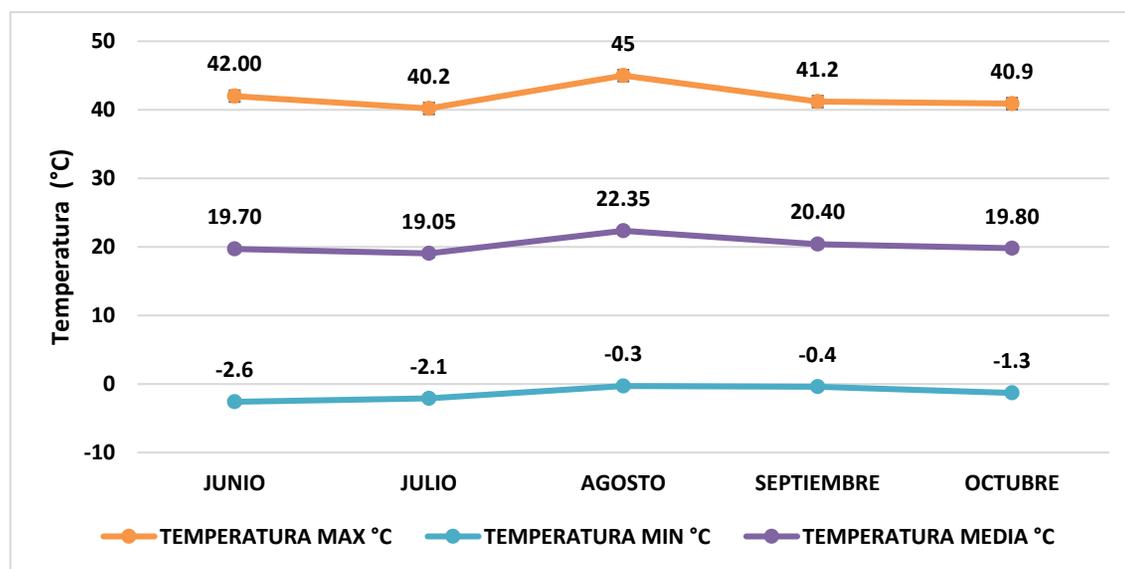
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A pesar de que el trabajo se realizó durante el pleno invierno y tuvo una duración de cuatro meses, los resultados en el desarrollo de esquejes de pera son notables al comparar diferentes tipos de sustratos.

### 4.1. Comportamiento climatológico

Para garantizar un entorno óptimo para el desarrollo de los esquejes de pera, se llevó a cabo un seguimiento riguroso de la temperatura y la humedad dentro de la carpa de investigación. Este monitoreo se realizó diariamente utilizando un termómetro digital de máximas y mínimas, lo que permitió registrar con precisión cualquier variación en la temperatura ambiente. Además, se midió la humedad relativa del aire para evaluar cómo afectaba el ambiente y al desarrollo de los esquejes. Este enfoque proporcionó datos cruciales sobre las condiciones ambientales, lo que ayudó a comprender mejor el comportamiento de los esquejes de pera y a tomar medidas para garantizar su adecuado desarrollo.

#### 4.1.1. Temperatura



**Figura 3. Comportamiento de la temperatura**

La Figura 3, muestra las fluctuaciones de las temperaturas máximas, mínimas y medias, a lo largo del tiempo de la investigación. En el cual se puede apreciar que la temperatura

máxima alcanzado en la etapa del estudio ocurrió en el mes de agosto con 45 °C, por otra parte, la temperatura mínima registrada fue -2,6 °C que corresponde al mes de junio, el promedio de temperatura durante el tiempo de la investigación fue 20,26 °C. Estos datos ofrecen una visión clara de las condiciones ambientales a lo largo del estudio, importante para comprender su efecto en el desarrollo de los esquejes.

Chaves y Gutiérrez (2017), señalan que la temperatura influye en la síntesis de pigmentos, metabolitos secundarios, especies reactivas de oxígeno (ROS) y enzimas antioxidantes. Asimismo, desempeña un papel clave en la activación de proteínas de estrés y en la modificación de los procesos de fotosíntesis y la distribución de los asimilados en las plantas. InfoAgro (2022), indica que el cultivo de la pera tolera temperaturas bajo cero hasta -18 °C, en su etapa de fructificación tolera temperaturas extremas de -40 °C.

#### 4.1.2. Humedad relativa

La Figura 4, muestra los valores de la humedad relativa que sucedió en los meses de junio a octubre, tiempo que tomo la investigación, en el cual se puede apreciar el valor mínimo de humedad relativa de 39,88 % correspondiente al mes de junio, posteriormente a ese mes los valores fueron incrementando hasta llegar a un valor de 77,43 % ocurrido en el mes de octubre.

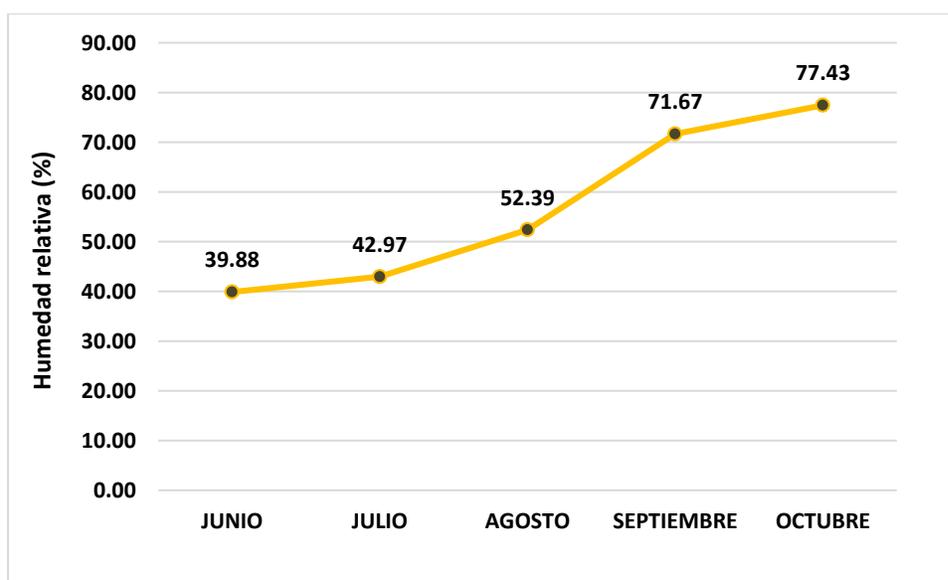


Figura 4. Comportamiento de la humedad relativa

La humedad relativa del ambiente debe ser superior a 70% para no fomentar las enfermedades fúngicas y bacterias, pero a veces es necesario mayor a 90% en camas de enraizamiento para estaquillas (Pina, 2008). La humedad ambiental adecuada para el cultivo de (*Pyrus communis*), se encuentra generalmente en el rango del 60-70%. Este nivel de humedad es ideal para prevenir enfermedades fúngicas y asegurar un entorno favorable para el crecimiento del árbol y la maduración de los frutos (Ahmet & Zaki, 2023)..

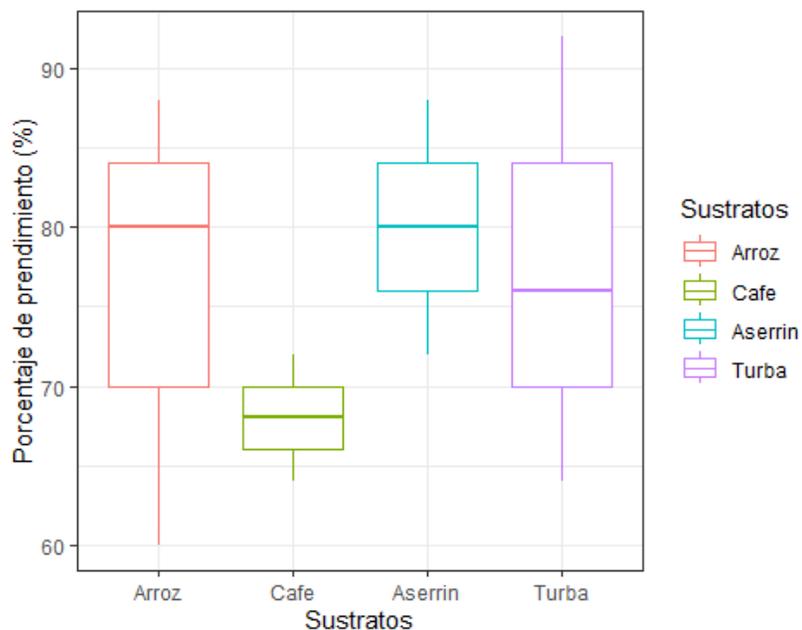
#### 4.2. Porcentaje de prendimiento

Los estadísticos descriptivos del porcentaje de prendimiento (Cuadro 2), nos muestran que los esquejes que tuvieron como T2 (sustrato de café ) presentaron menor promedio de porcentaje de prendimiento (68 %), teniendo un valor mínimo de 64 %, y un máximo de 72 %), seguido del T1 (sustrato de arroz) 76 %, con un mínimo de 60 % y un máximo de 88%, T4 (turba) 77,3 %, con un mínimo de 64%, y un máximo de 92 % y el promedio más alto lo presento el T3 (sustrato con aserrín) 80 %, con un máximo de 72 %, y un máximo de 88 %.

**Cuadro 2. Estadísticas descriptivas del porcentaje de prendimiento**

<b>Sustrato</b>	<b>Mean</b>	<b>Sd</b>	<b>CV</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Asimetría</b>
<b>Arroz</b>	76	14,4	19	60	88	-0,47
<b>Café</b>	68	4	5,88	64	72	0
<b>Aserrín</b>	80	8	10	72	88	0
<b>Turba</b>	77,3	14	18,2	64	92	0,173

En el cuadro 2, se observa que los tratamientos con arroz y turba presentan la mayor variación de datos, con un coeficiente de variación (CV) del 19 % y 18,2 %, respectivamente. Por otro lado, los tratamientos que utilizaron sustrato de café muestran la menor variabilidad de datos, con un coeficiente de variación del 5,88 %. Esto indica que los resultados obtenidos con el sustrato de café son más consistentes y menos dispersos en comparación con los otros sustratos



**Figura 5. Porcentaje de prendimiento**

En la Figura 5, nos indica T1 (cascarilla de arroz) tiene una desviación estándar de 14.42 y en cuartil tenemos Q1=70, Q2=80 y Q3=84, tenemos un asimétrica negativa, T3 (aserrín) tiene una desviación estándar de 8 y en cuartil tenemos Q1=76, Q2=80 Y Q3=84 y un simétrica, T4 (turba) tenemos un desviación estándar de 14 y en el cuartil tenemos Q1=70, Q2=76 y Q3=84 con un asimétrica positiva, T2 (sustrato de café) tiene una desviación estándar de 4, con un cuartil Q1=66, Q2=68 y Q3=70 es simétrica, también estos sustratos de cascarilla de arroz, aserrín y turba son similares por que los datos están incluidos 50% a los datos centrales y el café es diferente que otros.

En el Cuadro 3, se muestra el análisis de varianza donde no existe diferencias significativas entre tipos de sustratos utilizados en relación del porcentaje de prendimiento, tampoco existen diferentes significativos entre bloques.

**Cuadro 3. Análisis de varianza de porcentaje de prendimiento**

FV	GL	SC	SM	F	Pr(>F)
<b>Bloque</b>	2	36,17	18,083	4,429	0,0659 N.S.
<b>Sustrato</b>	3	15	5	1,224	0,3795 N.S.
<b>Error</b>	6	24,5	4,083		
<b>Promedio</b>	78,33%				
<b>CV %</b>	10,73%				

N.S.= No significativo

Además, se obtuvo un promedio de prendimiento del 78,33%, con un coeficiente de variación de 10,73%, 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).

Se ha observado un porcentaje de prendimiento significativamente mayor utilizando el sustrato de aserrín, alcanzando un promedio del 80%, el cual es el más alto registrado. Este resultado se puede atribuir a la alta cantidad de materia orgánica presente en el aserrín, que es del 96%, en comparación con los otros sustratos evaluados en el laboratorio (ver Anexo 7, 8, 9 y 10).

A su vez Mamani (2020), en su tesis de grado “Sustratos y enraizadores para estacas de tres variedades de pera” reportó promedios de porcentaje de prendimiento que fluctúan de 15,83 % a 41,67 %, los datos reportados como resultados de nuestra investigación mostró una amplia superioridad con un promedio de 78,33% de prendición. Esta diferencia de los datos con el autor mencionado asumimos que nuestra investigación fue más controlada, a esto también sumamos que solo se aplicó un factor de estudio, ya que el autor desarrollo tres factores de estudio y una de ellas es la variedad de esquejes de pera.

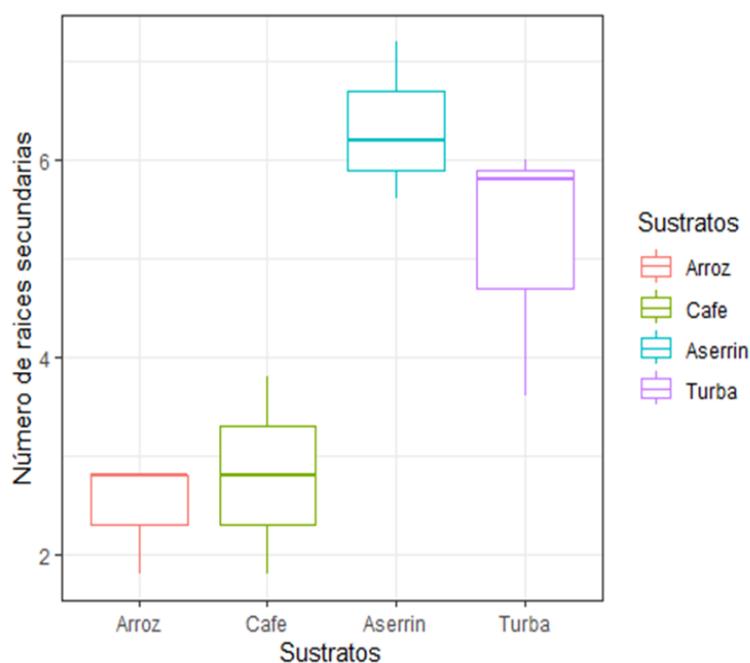
#### 4.3. Número de raíces secundarias

Los estadísticos descriptivos del número de raíces secundarios (Cuadro 4), nos muestran que los esquejes que tuvieron como el T1(cascarilla de arroz) presentaron menor promedio de porcentaje de numero de raíces secundarios (2,47 %), teniendo un valor mínimo de 1,8 %, y un máximo de 2,8 %), seguido en T4 (cascarilla de café) 2,8 %, con un mínimo de 1,8 % y un máximo de 3,8%, T4 (turba) 5,13%, con un mínimo de 3,6 %, y un máximo de 6 % y el promedio más alto lo presento el T3 (aserrín) 6,33 %, con un mínimo de 5,6 %, y un máximo de 7,2 %.

**Cuadro 4. Estadísticas descriptivas de números de raíces secundarios**

Sustrato	Mean	Sd	CV	Min	Max	Asimetría
<b>Arroz</b>	2,47	0,577	23,4	1,8	2,8	-1,73
<b>Café</b>	2,8	1	35,7	1,8	3,8	0
<b>Aserrín</b>	6,33	0,808	12,8	5,6	7,2	0,722
<b>Turba</b>	5,13	1,33	25,9	3,6	6	-1,69

En el Cuadro 4, se observa que los tratamientos con sustrato de café presentan la mayor variación de datos, con un coeficiente de variación (CV) del 35,7 %. Le siguen los tratamientos con turba, que tienen un CV del 25,9 %, y los tratamientos con arroz, con un CV del 23,4 %. Por otro lado, los tratamientos que utilizaron sustrato de aserrín muestran la menor variabilidad de datos, con un coeficiente de variación del 12,8 %. Esto indica que los resultados obtenidos con el sustrato de aserrín son más consistentes y menos dispersos en comparación con los otros sustratos%.



**Figura 6. Número de raíces secundario**

En la figura 6, nos indica el T1 (cascarilla de arroz) tiene una desviación estándar de 0.577 y en cuartil tenemos Q1=2.3, mediana=2.8 y Q3=2.8 tenemos un asimétrico negativo y tenemos mayor concentración de datos lado de superior y también tenemos mayor dispersión de dato de lado inferior, T2 (cascarilla de café) tiene una desviación estándar de 1, con un cuartil Q1=2.3, mediana=2.8 y Q3=3.3. Y es simétrica, T3 (aserrín) tiene una desviación estándar de 0.808 y en cuartil tenemos Q1=5.9, media=80 Y Q3=6.7 y es asimetría positiva, turba tenemos una desviación estándar de 1.33 y en el cuartil tenemos Q1=4.7, mediano=5.8 y Q3=5.9 con un asimétrica positiva, T4 (turba) tiene una desviación estándar de 1.33, con un cuartil Q1=4, mediano=5.8 y Q3=5.9. Y es asimétrica negativo, la turba tiene mayor dispersión de datos que aserrín y el café y el arroz tienen menor dispersión de datos.

**Cuadro 5. Análisis de varianza de número de raíces secundarios**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>SM</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Bloque</b>	2	3,41	1,7	2,49	0,16 N.S.
<b>Sustrato</b>	3	31,16	10,39	15,15	0,0033 **
<b>Error</b>	6	4,11	0,69		
<b>Promedio</b>	4,18				
<b>CV %</b>	19,79				

(\*\*) = Altamente significativo 0,01%; N.S. = No significativo

El análisis de varianza (Cuadro 5), para la variable de número de raíces secundarias reportan que existen altamente significativas en el sustrato por cual es pertinente realizar la prueba de medias, para determinar cuál de los sustratos influye en un menor o mayor grado en esta variable, es decir el número de raíces secundarias fue similar entre los tres sustratos. Así mismo se tuvo un coeficiente de variación de 19,79 %, siendo este menor al 30 %, por lo que podemos señalar que nuestros datos son confiables.

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).

**Cuadro 6. Medias de numero de raíces secundario**

	<b>Sustrato</b>	<b>Media</b>
T3	Aserrín	6.33 a
T4	Turba	5.13 a
T2	Café	2.80 b
T1	Arroz	2.46 b

En el análisis de comparación de medias para la variable de número de raíces secundarias, se llevó a cabo la prueba de Duncan (cuadro 6), donde se observaron dos grupos significativamente diferentes. El sustrato T3 (Aserrín) obtuvo un promedio de 6.33 de raíces secundarios, mientras que el sustrato T4 (Turba) obtuvo un promedio de 5.13 de raíces secundarios, lo que indica que ambos sustratos favorecieron un mayor número de raíces secundarias. Por otro lado, el sustrato T3 (Café) obtuvo un promedio de 2.80 de raíces secundarios y el sustrato T1 (Arroz) obtuvo un promedio de 2.46 de raíces secundarios, Lo que sugiere que estos sustratos no favorecieron un alto número de raíces secundarias en comparación con los otros sustratos, los resultados de la prueba de

Duncan evidencian diferencias significativas en el número de raíces secundarias entre los diferentes sustratos utilizado.

#### 4.4. Diámetro del tallo prendido

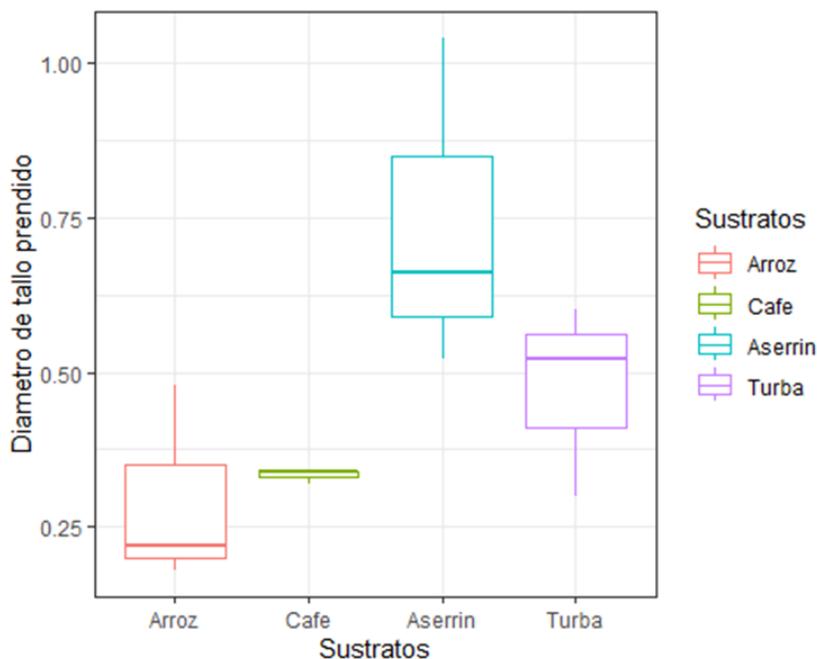
Los estadísticos descriptivos del porcentaje del diámetro del tallo prendido (cuadro 7), nos muestran que los esquejes que tuvieron como T1(cascarilla de arroz) menor promedio de porcentaje del diámetro del tallo prendido con (0,293% teniendo un valor mínimo 0,18% con un valor máximo de 0,48), seguido el T2 (cascarilla de café) 0,333% teniendo una valor mínimo 0,32%, con un valor máximo de 0,34, T4 (turba) 0,473%, con un mínimo de 0,3%, y un máximo de 0,6% y el promedio más alto presenta el T3 (aserrín) 0,74%, con un mínimo 0,52%, y un máximo de 1,04%.

**Cuadro 7. Estadísticas descriptivas del diámetro del tallo prendido**

<b>Sustrato</b>	<b>Mean</b>	<b>Sd</b>	<b>CV</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Asimetría</b>
<b>Arroz</b>	0,293	0,163	55,5	0,18	0,48	1,62
<b>Café</b>	0,333	0,0115	3,46	0,32	0,34	-1,73
<b>Aserrin</b>	0,74	0,269	36,4	0,52	1,04	1,22
<b>Turba</b>	0,473	0,155	32,8	0,3	0,6	-1,23

En el Cuadro 7, se observa que la mayor variación de datos lo tiene los tratamientos arroz (CV = 55,5%), aserrín (36,4%), y turba (32,8%), en tanto menor variabilidad de datos lo presenta el tratamiento de café (3,46%).

El aserrín lidera en rendimiento entre los sustratos analizados, con la media más alta y una variabilidad moderada que señala su efectividad consistente; la cascarilla de café, pese a una media inferior, destaca por su estabilidad dada la mínima variabilidad. La turba y la cascarilla de arroz, con medias y variabilidades intermedias, podrían proporcionar resultados fiables aunque no tan sobresalientes como el aserrín. La asimetría positiva en aserrín y cascarilla de arroz sugiere la posibilidad de resultados excepcionales, mientras que la asimetría negativa en turba y cascarilla de café indica una tendencia hacia valores inferiores a la media, lo cual podría requerir ajustes para mejorar la uniformidad de los resultados.



**Figura 7. Diámetro de tallo prendido**

En la Figura 7, nos indica el T1 (cascarilla de arroz) tiene una desviación estándar de 0.163 y en cuartil tenemos  $Q1=0.20$ , mediana= $0.22$  y  $Q3=0.35$  tenemos un asimétrica positiva, T2 (cascarilla de café), tiene una desviación estándar de 0.0115, con un cuartil  $Q1=0.33$ , mediana= $0.34$  y  $Q3=0.34$ . Y es asimétrica negativa, T3 (aserrín) tiene una desviación estándar de 0.269 y en cuartil tenemos  $Q1=0.59$ , media= $0.66$  Y  $Q3=0.85$  y es asimetría positiva, T4 (turba) tenemos un desviación estándar de 0.155 y en el cuartil tenemos  $Q1=0.41$ , mediano= $0.52$  y  $Q3=0.56$  con un asimétrica negativa, presentan dos sustratos arroz y aserrín son con asimetría positiva y tenemos mayor concentración de datos al lado inferior y lado de superior tenemos mayor dispersión de datos, turba y café tienen un asimetría negativa tenemos mayor concentración de datos lado de superior y también tenemos mayor dispersión de dato de lado inferior.

**Cuadro 8. Análisis de varianza de diámetro del tallo prendido**

FV	GL	SC	SM	F	Pr(>F)
<b>Bloque</b>	2	0,0042	0,0021	0,052	0,95 N.S.
<b>Sustrato</b>	3	0,3672	0,1224	3,032	0,115 N.S.
<b>Error</b>	6	0,2422	0,04037		
<b>Promedio (cm)</b>	0,46				
<b>CV %</b>	43,68				

N.S. = No significativo

En el Cuadro 8, en este caso, el valor F para el factor Bloque es de 0,95, lo que indica que no hay una diferencia significativa entre los bloques. El valor F para el factor Sustrato es de 3,032, pero su valor p es de 0,115, lo que indica que tampoco hay una diferencia significativa entre los sustratos. El coeficiente de variación (CV) es del 43,68%, lo que indica una alta variabilidad en los datos. El promedio del diámetro del tallo es de 0,46 mm.

Según Krzysztof *et al.* (2020), reportó valores promedios en la variable diámetro de tallo de 4,36 mm fue ligeramente mayor en las plántulas cultivadas a partir de semillas con 8,3% de contenido de humedad, lo cual nuestros valores se asemejan a los valores del autor mencionado.

#### 4.5. Longitud de raíz

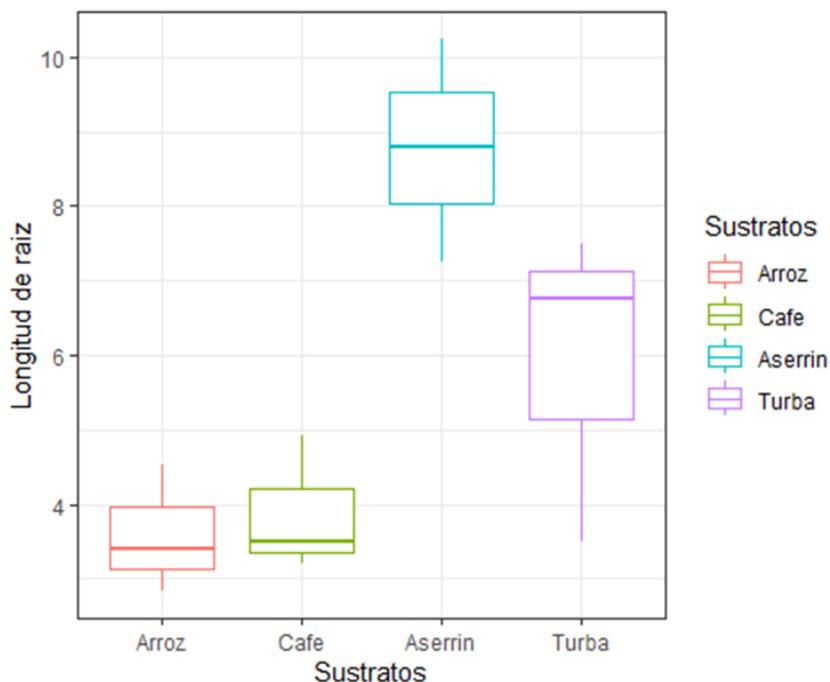
Los estadísticos descriptivos del porcentaje de longitud de raíz de (cuadro 9), nos muestran que los esquejes que tuvieron como T1(cascarilla de arroz) menor promedio de longitud de raíz con (3,59% teniendo un valor mínimo 2,84% con un valor máximo de 4,52), seguido el T2(sustrato de café) 3,87% teniendo una valor mínimo 3,2%, con un valor máximo de 4,92, T4 (turba) 5,92%, con un mínimo de 3,5%, y un máximo de 7,5%) y, el promedio más alto presenta el T3 (aserrín) 8,77%, con un mínimo 7,26%, y un máximo de 10,2%.

**Cuadro 9. Estadísticas descriptivas de longitud de raíz**

Sustrato	Mean	Sd	CV	Min	Max	Asimetría
Arroz	3,59	0,855	23,8	2,84	4,52	0,935
Café	3,87	0,919	23,7	3,2	4,92	1,53
Aserrín	8,77	1,49	17	7,26	10,2	-0,101
Turba	5,92	2,13	35,9	3,5	7,5	-1,5

En el cuadro 9, se presenta como un revelador vistazo a la variabilidad de datos entre los distintos tratamientos. En este análisis, resulta evidente que tres tratamientos, a saber, la turba, el arroz y el café, destacan por su notable variabilidad. Los coeficientes de variación (CV) correspondientes a estos tratamientos son del 35.9%, 23.8% y 23.7%, respectivamente. Esto nos indica que los datos asociados con estos tratamientos están sujetos a una variabilidad significativa, lo que implica una amplia dispersión alrededor de la media.

Por otro lado, se encuentra el tratamiento de aserrín, que se destaca por su excepcionalmente baja variabilidad, con un CV del 17%. Esta cifra señala que los datos en este grupo son más consistentes, con menos dispersión en comparación con los otros tratamientos.



**Figura 8. Longitud de raíz**

En la figura 8, nos indica el T1 (cascarilla de arroz) tiene una desviación estándar de 0.85 y en cuartil tenemos  $Q1=3.12$ , mediana=3.4 y  $Q3=3.96$  tenemos una asimétrica positiva, T2 (cascarilla de café) tiene una desviación estándar de 0.919, con un cuartil  $Q1=3.35$ , mediana=3.50 y  $Q3=4.21$ , Y es asimétrica positiva, T3 (aserrín) tiene una desviación estándar de 1.49 y en cuartil tenemos  $Q1=8.03$ , media=8.80 Y  $Q3=9.52$  y es asimétrica negativa, T4 (turba) tenemos una desviación estándar de 2.13 y en el cuartil tenemos  $Q1=5.13$ , mediano=6.76 y  $Q3=7.13$  con una asimétrica negativa, presentan dos sustratos arroz y café son con asimetría positiva y tenemos mayor concentración de datos al lado inferior y lado de superior tenemos mayor dispersión de datos, turba y café tienen una asimetría negativa tenemos mayor concentración de datos lado de superior y también tenemos mayor dispersión de dato de lado inferior.

**Cuadro 10. Análisis de variación de longitud de raíz**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>SM</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Bloque</b>	2	1,25	0,626	0,244	0,7911
<b>Sustrato</b>	3	51,45	17,149	6,681	0,0243 *
<b>Error</b>	6	15,4	3		
<b>Promedio (cm)</b>	5,5				
<b>CV %</b>	28,94				

(\*)= significativo 0,05%; N.S. = No Significativo

Según el análisis de varianza, sobre la longitud de raíz que se muestran en el (cuadro 10), se observa que no existen diferencias significativas entre los bloques, pero si existe diferencia significativa entre los sustratos.

El coeficiente de variación fue de 28,94% 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 realizado en forma adecuada (Ochoa, 2016).

La longitud promedio de las raíces es de 5,5 cm. Este dato es crucial, ya que indica que los diferentes sustratos tienen un impacto significativo en el crecimiento de las raíces. Una longitud promedio de 5,5 cm sugiere que, aunque todos los sustratos permitieron el desarrollo de las raíces, algunos pueden haber sido más efectivos que otros en promover un crecimiento más robusto y saludable. Este tipo de información es esencial para determinar cuáles sustratos proporcionan las condiciones óptimas para el enraizamiento y el desarrollo de las plantas, permitiendo así tomar decisiones informadas para futuros cultivos y experimento.

**Cuadro 11. Medias de longitud de raíz**

	<b>Sustrato</b>	<b>Media (cm)</b>
T3	Aserrín	8,8 A
T4	Turba	5,9 A B
T2	Café	3,9 B
T1	Arroz	3,6 B

La prueba de Duncan para la longitud de raíz (cuadro 11), muestra claramente el estudio, se compararon diferentes sustratos para ver si afectaban significativamente a la variable de longitud de raíz, T3 (Aserrín) muestra 8.8 cm resultó ser el sustrato con mayor efecto,

con una media significativamente más alta que el T2 (Cascarilla de café) con 3,9 cm y T1 (Cascarilla de arroz) con 3.6 cm, que no difieren entre sí. T4 (Turba) está en un punto intermedio y no muestra diferencias significativas ni con T3 (Aserrín) ni con los otros dos sustratos. Esto se determinó usando un rango crítico basado en el error estándar y los grados de libertad, y las letras (a, ab, b) indican grupos de sustratos con medias no significativamente diferentes.

Se podría observar que el aserrín parece ser el sustrato más favorable para el crecimiento de las raíces, posiblemente debido a su alta porosidad y contenido de materia orgánica, que pueden facilitar un mejor desarrollo radicular. La turba, aunque efectiva, podría tener limitaciones en comparación con el aserrín. Los sustratos de café y arroz, al tener las medias más bajas, podrían requerir la adición de otros materiales o nutrientes para mejorar su rendimiento. Estos resultados podrían ser útiles para los agricultores y jardineros al seleccionar sustratos para el cultivo de plantas, especialmente aquellos interesados en maximizar el crecimiento de las raíces.

Según Mamani (2020), en su investigación titulado “Sustratos y enraizadores líquidos para estacas de tres variedades de pera (*Pyrus communis*) bajo condiciones de fitotoldo en el centro agronómico K`ayra - Cusco “registro valores promedios de longitud de raíz que fluctúan entre 3,01 a 5,19 cm.

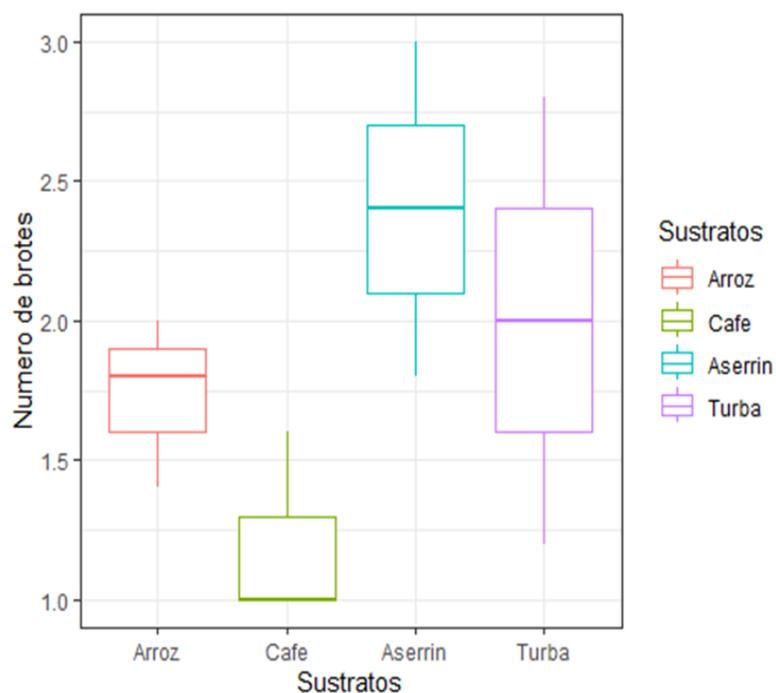
#### 4.6. Número de brotes

Los estadísticos descriptivos del número de brotes de (cuadro 10), nos muestran que los esquejes que tuvieron como sustrato T3 (aserrín) mayor promedio de numero de brotes con 2,4% teniendo un valor mínimo 1.8% con un valor máximo de 3, seguido del sustrato T4 (turba) con 2% teniendo una valor mínimo 1,2%, con un valor máximo 2,8%, T1 (cascarilla de arroz) con 1,73%, con un mínimo de 1,4%, y un máximo de 2% y, el promedio más bajo presenta el sustrato T2 (café) 1,2%, con un mínimo 1%, y un máximo de 1,6%.

**Cuadro 12. Estadísticos descriptivos de número de brote**

Sustrato	Mean	Sd	CV	Min	Max	Asimetría
Arroz	1,73	0,306	17,6	1,4	2	-9,35
Café	1,2	0,346	28,9	1	1,6	1,73
Aserrín	2,4	0,6	25	1,8	3	1,73
Turba	2	0,8	40	1,2	2,8	1,3

En el Cuadro 12, se presentan los coeficientes de variación (CV) será la variabilidad de los datos, el tratamiento de turba tiene el coeficiente de variación más alto, con un valor del 40%. Esto significa que los datos relacionados con el tratamiento de turba son los más variables o dispersos en comparación con los otros tratamientos, de café tiene un coeficiente de variación del 28,9%. Aunque no es tan alto como el de la turba, sigue siendo considerablemente alto en comparación con el tratamiento de arroz, aserrín tiene un coeficiente de variación de 25%, lo que indica una variabilidad moderada en los datos en comparación con los demás tratamientos, por otro lado, el tratamiento de arroz muestra el coeficiente de variación más bajo, con un valor del 17,6%. Esto sugiere que los datos relacionados con el tratamiento de arroz son los menos variables, lo que significa que son más consistentes y predecibles en comparación con los otros tratamientos.



**Figura 9. Número de brotes**

En la figura 9, nos indica el T1 (cascarilla de arroz) tiene una desviación estándar de 0.306 y en cuartil tenemos  $Q1=1.6$ , mediana= $1.8$  y  $Q3=1.9$  tenemos un asimétrica negativa, T2 (cascarilla de café) tiene una desviación estándar de 0.346, con un cuartil  $Q1=1$ , mediana= $1$  y  $Q3=1.3$  Y es asimétrica positivo, T3 (aserrín) tiene una desviación

estándar de 0.6 y en cuartil tenemos  $Q1=2.1$ ,  $media=2.4$  Y  $Q3=2.7$  y es asimetría negativa, T4 (turba) tenemos un desviación estándar de 0.8 y en el cuartil tenemos  $Q1=1.6$ ,  $mediano=2.0$  y  $Q3=2.4$  con un asimétrica positiva, presentan dos sustratos T1 (cascarilla de arroz) y T3 (aserrín) son con asimetría negativa y tenemos mayor concentración de datos al lado superior y lado inferior tenemos mayor dispersión de datos, T2 (cascarilla de café) y T4 (tuba) tienen un asimetría positiva tenemos mayor concentración de datos lado de inferior y también tenemos mayor dispersión de dato de lado superior.

**Cuadro 13. Análisis de varianza de número de brotes**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>SM</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Bloque</b>	2	1,607	0,8033	5,878	0,0386 *
<b>Sustrato</b>	3	2,28	0,76	5,561	0,0362 *
<b>Error</b>	6	0,82	0,1367		
<b>Promedio</b>	1,8				
<b>CV %</b>	20,16				

(\*) = Significativo

El análisis de varianza sobre el número de brotes que muestra en el Cuadro 13, establece con un valor F de 5,878 y un valor Pr (>F) de 0,0386, esto indica que hay diferencias estadísticamente significativas entre los bloques con un nivel de confianza del 95%, por tanto en diferentes tipos de sustrato aplicado, con un valor F de 5,561 y un valor Pr (>F) de 0,0362, también muestra diferencias significativas entre los sustratos al mismo nivel de confianza dando a conocer que los datos presentados son de confiables según (Ochoa, 2016).

**Cuadro 14. Medias de número de brotes**

	<b>sustrato</b>	<b>Media</b>	
T3	Aserrin	2.4	A
T4	Turba	2	A
T1	Arroz	1.7	A B
T2	Café	1.2	B

En el cuadro 14, T3 (Aserrín) muestra una 2.4 brotes y T4 (Turba) muestra un total 2 brotes relativamente similares. Esto significa que estos dos sustratos son similares en cambio el T1 (cascarilla de Arroz) es relativamente similar T4 cascarilla de café), ya que muestra los datos similares 1.7 y 1.2 de brotes.

El aserrín sobresale como el sustrato más favorable para el desarrollo de brotes, gracias a su estructura que promueve una óptima aireación y retención de humedad. La turba también es efectiva, pero en menor medida. La cascarilla de arroz y la cascarilla de café, con resultados más modestos, podrían necesitar ajustes para mejorar su eficacia. Estos descubrimientos son cruciales para seleccionar sustratos que potencien el crecimiento de esquejes de pera.

Según Coyo (2024), al utilizar diferentes tipos de sustratos en esquejes de ciruelo, se obtuvo un promedio de 3 brotes en el caso del aserrín. En comparación, los esquejes de pera en el mismo tipo de sustrato mostraron un promedio de 2.4 brotes.

#### 4.7. Numero de hojas

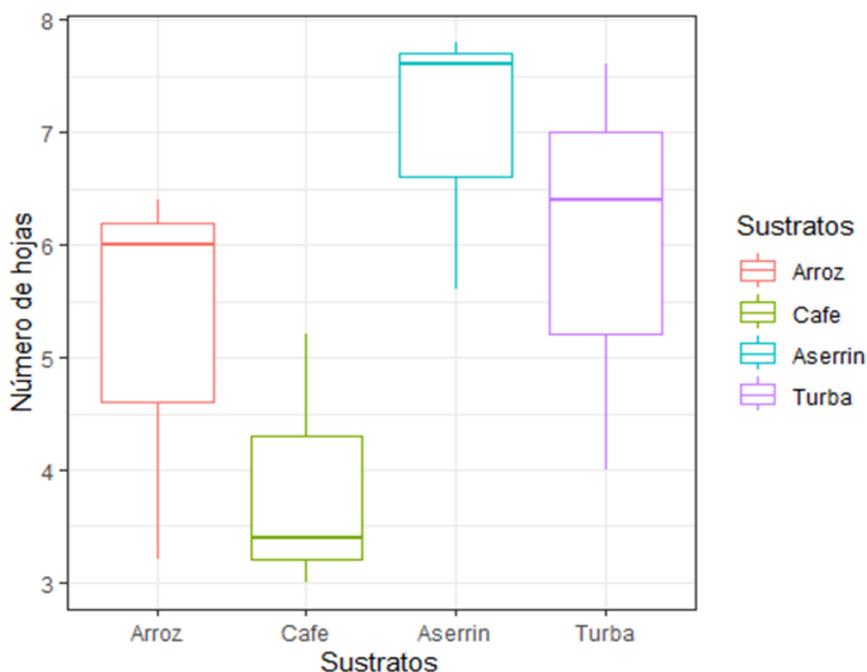
Los estadísticos descriptivos de número de hojas, que se encuentran en el Cuadro 15, revelan diferencias en el rendimiento de los esquejes según el sustrato utilizado. El T2 (cascarilla de café) muestra el menor promedio de numero de hojas, con un 3,87 %, y oscilando entre un valor mínimo del 3 % y un máximo del 6,4 %. Le sigue el T1 (cascarilla de arroz), con un promedio del 5,2 %, con valores mínimos de 3,2 % y máximos de 6,4 %, T4 (turba) alcanza un promedio del 6 %, con mínimos del 4 % y máximos del 7,6 %. Finalmente, T3 (aserrín) presenta el número de hojas promedio más alto, con un 7 %, oscilando entre un mínimo del 5,6 % y un máximo del 7,8 %.

**Cuadro 15. Estadísticas descriptivas de numero de hojas**

<b>Sustrato</b>	<b>Mean</b>	<b>Sd</b>	<b>CV</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Asimetría</b>
<b>Arroz</b>	5,2	1,74	33,5	3,2	6,4	-1,63
<b>Café</b>	3,87	1,17	30,3	3	5,2	1,51
<b>Aserrín</b>	7	1,22	17,4	5,6	7,8	-1,68
<b>Turba</b>	6	1,83	30,6	4	7,6	-0,935

En el Cuadro 15, se puede apreciar que los tratamientos con sustrato de arroz presentan la mayor variabilidad en los datos, con un coeficiente de variación (CV) del 33,5 %. Le siguen los tratamientos con turba, que tienen un CV del 30,6 %, y los tratamientos con café, con un CV del 30,3 %. Esto indica que los resultados obtenidos con estos sustratos son más dispersos y menos consistentes, Por otro lado, los tratamientos que utilizaron aserrín como sustrato muestran una menor variabilidad de datos, con un coeficiente de variación del 17,4 %. Esto sugiere que los resultados obtenidos con el sustrato de aserrín

son más consistentes y menos dispersos en comparación con los otros sustratos. La menor variabilidad en los datos de los tratamientos con aserrín indica una mayor uniformidad en el crecimiento y desarrollo de las plantas.



**Figura 10. Número de hojas**

En la Figura 10, nos indica el T1 (cascarilla de arroz) tiene una desviación estándar de 1.74 y en cuartil tenemos  $Q1=4.6$ , mediana=6 y  $Q3=6.2$  tenemos un asimétrica negativa, T3 (aserrín) tiene una desviación estándar de 1.22 y en cuartil tenemos  $Q1=6.6$ , media=7.6 Y  $Q3=7.7$  y es asimetría negativa, T4 (turba) tenemos un desviación estándar de 1.83 y en el cuartil tenemos  $Q1=5.2$ , mediano=6.4 y  $Q3=7$  con un asimétrica negativa, T2 (cascarilla de café) tiene una desviación estándar de 1.17, con un cuartil  $Q1=3.2$ , mediana=3.4 y  $Q3=4.3$  Y es asimétrica positivo, estos T1 ,T2 Y T4, tenemos mayor concentración de datos al lado superior y lado inferior tenemos mayor dispersión de datos, T3 (aserrín) tiene una desviación estándar de 0.6 y en cuartil tenemos  $Q1=2.1$ , media=2.4 Y  $Q3=2.7$  y es asimetría positiva, tenemos mayor concentración de datos lado de inferior y también tenemos mayor dispersión de dato de lado superior.

**Cuadro 16. Análisis de varianza de número de hojas**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>SM</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Bloque</b>	2	8,427	4,213	2,508	0,162 NS
<b>Sustrato</b>	3	15,77	5,257	3,129	0,109 NS
<b>Error</b>	6	10,08	1,68		
<b>Promedio</b>	5,5				
<b>CV %</b>	23,49				

N.S. = No significativo

En número de hojas (Cuadro 16), 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 pera, no fue influenciado por los diferentes sustratos

Con promedio 5.5 de numero de hojas, el coeficiente de variación es de 23.49% 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).

Mamani (2020), en su investigación de aplicación de sustratos y enraizadores líquidos para estacas de tres variedades de pera bajo condiciones de fitotoldo en Cusco, mostros promedios de numero de hojas que fluctúan de 1,80 hasta 4,33 hojas por plantin.

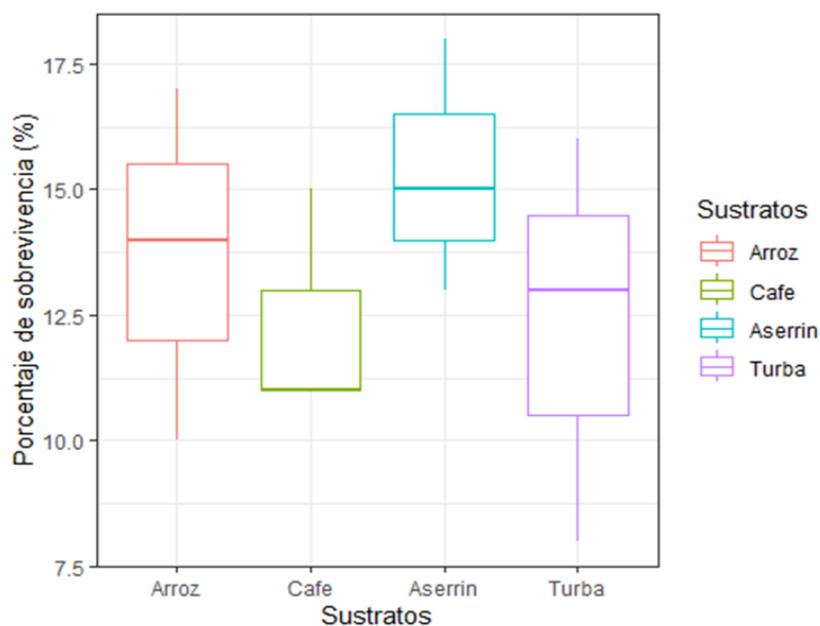
#### 4.8. Porcentaje de sobrevivencia

Los estadísticos descriptivos de porcentaje de sobrevivencia, que se encuentran en el Cuadro 17, revelan diferencias en el porcentaje de sobrevivencia según el sustrato utilizado. El sustrato de turba muestra el menor promedio de porcentaje de sobrevivencia, con un 12,3 %, y oscilando entre un valor mínimo del 8 % y un máximo del 16 %. Le sigue el sustrato de café, con un promedio del 12,3%, con valores mínimos de 11% y máximos de 15 %. Arroz alcanza un promedio del 13,7 %, con mínimos del 10 % y máximos del 17 %. Finalmente, el sustrato con aserrín presenta el porcentaje de sobrevivencia más alto, con un 15,3 %, oscilando entre un mínimo del 13% y un máximo del 18 %.

**Cuadro 17. Estadísticas descriptivas de porcentaje de sobrevivencia**

<b>Sustrato</b>	<b>Mean</b>	<b>Sd</b>	<b>CV</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Asimetría</b>
<b>Arroz</b>	13,7	3,51	18,5	10	17	-0,423
<b>Café</b>	12,3	2,31	13,6	11	15	1,73
<b>Aserrin</b>	15,3	2,52	12,6	13	18	0,586
<b>Turba</b>	12,3	4,04	20,9	8	16	-0,722

En el Cuadro 17, se puede apreciar que los tratamientos con turba (CV = 20,9 %), arroz (18,5 %) y café (13,6 %) muestran una mayor variabilidad en los datos, mientras que los tratamientos que utilizaron aserrín como sustrato presentan una menor variabilidad de datos, con un coeficiente de variación del 12,6 %.



**Figura 11. Porcentaje de prendimiento**

En la Figura 11, nos indica el T1 (cascarilla de arroz) tiene una desviación estándar de 3.51 y en cuartil tenemos Q1=12, mediana=14 y Q3=15.5 tenemos una asimétrica negativa, T4 (turba) tenemos una desviación estándar de 4.04 y en el cuartil tenemos Q1=10.5, mediana=13 y Q3=14.5 con una asimétrica negativa, estos dos tratamientos tenemos mayor concentración de datos al lado superior y al lado inferior tenemos mayor dispersión de datos, T3 (aserrín) tiene una desviación estándar de 2.52 y en cuartil tenemos Q1=14, mediana=15 y Q3=16.5 y es asimétrica positiva, T2 (cascarilla de café) tiene una desviación estándar de 2.31, con un cuartil Q1=11 mediana=11 y Q3=13 y es asimétrica positiva, tenemos mayor concentración de datos al lado inferior y también tenemos mayor dispersión de datos al lado superior.

**Cuadro 18. Estadísticas descriptivas de porcentaje de sobrevivencia**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>SM</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Bloque</b>	2	18.67	9.333	0.903	0.454 N.S.
<b>Sustrato</b>	3	18.25	6.083	0.589	0.644 N.S.
<b>Error</b>	6	62.00	10.333		
<b>promedio</b>	13,4				
<b>CV %</b>	23,95				

N.S. = No significativo

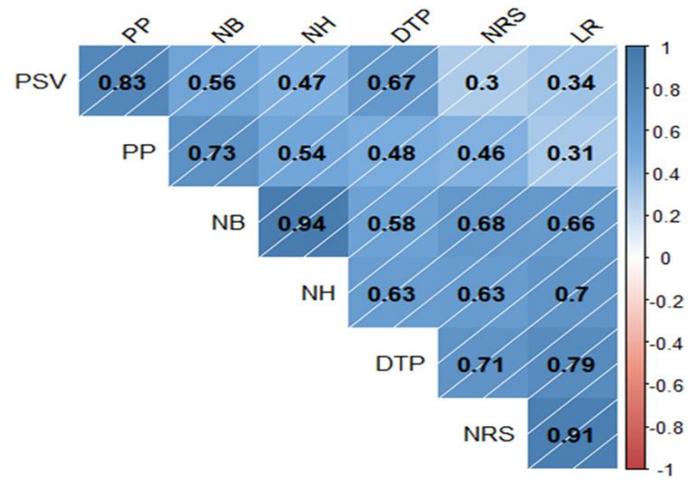
En el Cuadro 18, los valores F para bloques y sustratos no son significativos ( $p > 0.05$ ), lo que sugiere que no hay diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de supervivencia. El promedio de supervivencia es del 13.4%, con una moderada variabilidad (coeficiente de variación del 23.95%)

El análisis de varianza para la variable números de brotes por esqueje en el (Cuadro 18), muestra no significativos estadísticas para los bloques y sustratos, con un coeficiente de variación 23,95% que es  $< 30\%$ ; dando a conocer que los datos presentados son de confiables según (Ochoa, 2016).

Duarte (1994), en su investigación efecto de algunos tratamientos en la propagación de chirimoya mediante semillas, injertos y estacas indica que en su investigación tubo una mortalidad de estacas en un 75%.

#### **4.9. Análisis de correlación entre variables de respuestas**

Al observar de correlaciones (Figura 12), se puede apreciar que el número de brotes (NB) muestra correlaciones positivas con todas las demás variables de respuesta. Esto sugiere que el aumento de cualquiera de las variables evaluadas promoverá el desarrollo del número de brotes. La correlación es particularmente alta con el número de hojas ( $r = 0,94$ ), mientras que con el porcentaje de prendimiento ( $r = 0,73$ ), el número de raíces secundarias ( $r = 0,68$ ) y la longitud de la raíz ( $r = 0,66$ ), se observa una correlación positiva moderadamente alta. Por otro lado, la correlación con el porcentaje de sobrevivencia es de nivel medio ( $r = 0,56$ ).



**Figura 12. Análisis de correlación**

## 5. CONCLUSIONES

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

- La variable diámetro de tallo no mostro diferencias estadísticas por el efecto de la aplicación de diferentes sustratos, lo cual podemos indicar que los diferentes sustratos muestran el mismo efecto en el diámetro de tallo de esquejes de pera.
- Para la longitud de raíz se puede indicar que el sustrato con 40 % de aserrín reporto la mejor dimensión en promedio con 8,80 cm de longitud.
- La variable número de brotes mostro diferencias significativas por la aplicación de diferentes sustratos siendo el sustrato con 40% de aserrín quien mostro mejor comportamiento con una media de 2,4 brotes por planta.
- La variable número de hojas se comportaron estadísticamente similares de 7,8 a 5,2 de hojas , ya que el efecto de los diferentes sustratos no tiene efectos significativos para el numero de hojas en plantines de pera.
- La variable porcentaje de sobrevivencia no mostro diferencias significativas, ya que el tipo de sustrato no influye en esta variable, comportándose de manera similar en la producción de esquejes de pera.
- De acuerdo al comportamiento de las variables longitud de raíz, numero de brotes, número de raíces secundarios que el mejor sustrato en la investigación fue el T3 (50% suelo del lugar; 10% arena; 40% aserrín), ya que mostro mejores comportamientos en las variables mencionadas, seguida del tratamiento T4 (50% suelo del lugar; 10% arena; 40% turba), sustrato que mostro promedios que seguían al T3.
- Para las variables ligadas al enraizamiento el porcentaje de prendimiento no mostro diferencias significativas, indicando que estadísticamente el tipo de sustrato no muestra diferencias. Para la variable número de raíces secundarias los sustratos con 40% aserrín y 40% de turba mostraron mejores comportamientos con un promedio de 6,33 y 5,13 respectivamente.

## 6. RECOMENDACIONES

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

- Para obtener un mejor desarrollo de esquejes de pera usar el sustrato (50% suelo del lugar; 10% arena; 40% de aserrín) es el T3, ya que con esta combinación de material para el sustrato se obtuvo mejores esquejes obtenidos en invernadero en el centro experimental de Kallutaca en el altiplano paceño.
- Para lograr un desarrollo óptimo de los esquejes, se recomienda tener un cuidado en mantener una temperatura adecuada durante su crecimiento un dato recomendado es de 20 a 25°C, fluctuaciones extremas pueden afectar negativamente el desarrollo de los esquejes. Por otra parte, mantener un rango óptimo garantiza una tasa de sobrevivencia más alta y un crecimiento saludable.
- Para asegurar un desarrollo óptimo de los esquejes, es crucial mantener una humedad constante entre el 70% y el 80%. Las variaciones extremas pueden perjudicar su crecimiento.
- Se recomienda encarar investigaciones que contemplen la variabilidad de tamaños y grosor de las estacas, dado que esto garantiza una óptima reserva de nutrientes y savia, aspectos fundamentales que contribuyen significativamente durante el primer mes de arraigo de la estaca
- Desarrollar investigaciones similares con sustratos más diversificados, añadiendo otros materiales tales como grava, arena, humus de lombriz, así también diferentes niveles de aserrín, turba cascarilla de arroz y cascarilla de café para la producción de esquejes de pera.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Albany, N. R.; Vilchez, J. A.; Vilorio, Z. J.; Castro, C. y Gadea, J. J. A. t. 2004. Propagación asexual del guayabo mediante la técnica de acodo aéreo. *Place Published*, (1): 63-73 p.
- Ahmet, O., & Zaki, A. (2023). *\*\*Crecimiento, Rendimiento y Calidad de la Pera (Pyrus communis L.) cv. 'Santa Maria' en Plantación de Alta Densidad\*\**. Brasilia, Brasil: Brazilian Archives of Biology and Technology.
- Alvarez, M. 2011. Multiplicación de plantas. Editorial Albatros.
- Álvarez M. 2010 Método de Construcción Invernaderos Unifamiliares con Policarbonato, Universidad de Magallanes, Punta de Arenas, Chile.
- Apaza, E. 2004. Biofertilizantes orgánicos como insumo alternativo en sistema hidropónico 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.
- Ayaviri, J. 2010. Efecto de aplicación 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 Andrés. 102 p.
- Benegas, R. 2013. La constitución de la pared celular durante la madurez en planta de peras Bartlett, y sus modificaciones por la incidencia de luz: consecuencias sobre la eficacia de los tratamientos con 1-metilciclopropano. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Blanco, A. 2011. Introducción a las hormonas vegetales. *Place Published*, 7.
- Bruzzone, I. e. 2013. " Manzana y pera. *Place Published*, 19. Disponible en [https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/revista/ediciones/47/cadenas/r47\\_05\\_ManzanaPera.pdf](https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/revista/ediciones/47/cadenas/r47_05_ManzanaPera.pdf)
- Cabeza, M. 2018. Respuesta de la *Cinchona officinalis L.* al método de propagación asexual mediante estacas y esquejes.

- Calvo, G. 2016. El escaldado superficial en pera Beurré d'Anjou: etiología y desarrollo de sistemas de control. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires
- Chaves, N. y Gutiérrez, M. 2017. Respuestas al estrés por calor en los cultivos. I. Aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. Rev. SciELO. Vol. 28. N 1. Obtenido de: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212017000100020](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212017000100020)
- Colque, N. 2016. Efecto de tres tipos de sustratos en dos variedades de Liliium (*lilium sp.*) en la estación experimental de Cota Cota. Tesis Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 100 p.
- Coyo, F. 2024. 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. Universidad Pública de el Alto Area de ciencias Agrícolas, Pecuarias y Recursos Naturales Carrera de Ingeniería Agronómica, 33 p.
- Duarte O., Villagarcía; R. Franciosi 1994 Efecto de algunos tratamientos en la propagación de chirimoya por semilla estaca e injertos 18 41 48 p.
- Gamboa, B. 2008. Capítulo 9 Plantas Ornamentales a la propagación vegetal. Place Published, 210.
- García, M., Posligua, V., Mantuano, M., Basurto, R., Montes, Y. & Delgado, E. 2017. Recubrimiento comestible de quitosano, almidón de yuca y aceite esencial de canela para conservar pera (*Pyrus communis L. cv. "Bosc"*). Place Published, 42-53 p.
- García, W; Gúzman, B; Lino, V; Rojas, J; Hermoso, J; Guirado, E; Gonzáles, X; Hormaza, I. 2010. Manual de Manejo Integrado del Cultivo de Chirimoyo (en línea). s.l., s.e. 46-48 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.
- Goitia, A. 2000. Dasonomía y silvicultura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 104 p.

- Goitia, A. 2003. Manual de Dasonomia y Silvicultura. La Paz-Bolivia, Facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Andres. 94 p.
- Google Earth. 2022. visitado el 9 de julio.
- Guzman J. 2000. El cultivo del peral (*Pyrus communis*) y sus principales plagas y enfermedades. Monografía de licenciatura. Univeridad Autonoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, Mexico. 17 p.
- Hartmann y Kester, D. 1998. Propagación de plantas; principios y prácticas. . 6ta preimpresion ed. México, Compañía editorial Continental S. A. México. 785 p.
- Huanca, F. 2024. 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. Place Published, 33.
- 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.
- InfoAgro. (8 de Enero de 2022). *El cultivo de la pera*. Obtenido de:  
[https://infoagro.com/frutas/frutas\\_tradicionales/peras.htm](https://infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/peras.htm)
- Invermatica (2013) Importancia de los Invernaderos  
<https://invermatica.blogspot.com/p/importancia-de-los-invernaderos.html>. Visitado el 14 de julio de 2024
- .Krzysztof, M., Michalak, M. y Chmielarz, P. 2020. Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre la viabilidad de las semillas y el crecimiento de las plántulas de seis plantas leñosas de frutos silvestres europeos. Rev. Part of Springer Nature. N 58. Obtenido de: <https://annforsci.biomedcentral.com/articles/10.1007/s13595-020-00963-z>
- Khuno, M. 2005. Efecto de tres sustratos y tres tratamientos en la germinación y crecimiento inicial de la semilla de kiswara (*Buddleja coariacea Remy*), en la localidad de Choquenayra. Tesis Ing. Agr. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.
- Lalatta, F. 2018. Guía completa del cultivo de las peras. Parkstone International.

- Laura, N. 2013. Efecto de seis sustratos en el enraizamiento de esquejes de sauco (*Sambucus nigra*) en ambiente protegido Tesis de Grado UMSA La Paz Bolivia . :- 87p.
- Lucas, M. 2012. Efecto del estado de madurez sobre la eficacia de tratamientos con 1-metilciclopropeno (1-MCP) en pera (*Pyrus comunis cv Williams*). Place Published.
- 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.
- Mamani, Y..2020. Sustratos y enraizadores líquidos para estacas de tres variedades de pera (*Pyrus communis*) bajo condiciones de fitotoldo en el Centro Agronómico K'ayra–Cusco. Place Published.
- Mamani, R. 2019. Evaluar el desarrollo de plantines de durazno (*Prunus persica*) en vivero bajo diferentes sustratos y dosis de biol en la ciudad de El Alto. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. 69 p.
- Mamani, E. 2007. Evaluación de sustratos en el desarrollos de plantines de duraznero (*Prunus pérsica*) variedad criolla en vivero, Inquisivi – La Paz. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 75 p.
- Méndez, J. y Cárdenas, P. 2009. Implementación de buenas prácticas ambientales, agroforestales y productivas. Cobija, Pando – Bolivia.
- Montellano, D. 2019. Frecuencia de delección 22Q11. 2 y correlación fenotipo-genotipo en la insuficiencia velofaríngea en un grupo piloto de pacientes del Instituto Nacional de Pediatría. Place Published.
- Moeller, A. 2016. Propagación vegetativa de *Eucryphia cordifolia* (Ulmo), *Gevuina avellana* (Avellano) y *Embothrium coccineum* (Notro), mediante acodo aéreo. Chile. Universidad Austral de Chile.
- Muñoz, M. y Molina, R. 2016. Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y edad de las estacas en el enraizamiento de *Myrceugenia exsucca*. Place Published, (3): 637-641.

- 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.
- Ochoa, R. 2016. Diseños Experimentales. 2da edición ed. La Paz, Bolivia, Ochoa ediciones. 386 p.
- Osorio, U. 2023. Ecología Verde. Place Published. Disponible en <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-pera-4687.html>
- Perez, V.; Ortiz, P; Masaya, N; Tenazoa, P; Gerardo, J; Choy, S; Mario, M; Tomaylla, C; Pedro, P. 2019. Panduro, V. Indolbutírico en el enraizamiento de estaquillas de (*Annona muricata*) «guanábana» en cámara de subirrigación effect of different concentrations of indolbutyric acid in the rooting of cuttings of annona muricata «guanábana» in subirrigation chamber. Peru. 41 p.
- Perez, Y. 2021. Pera. Origen, Descripción, Variedades, Usos, Cuidados Y Más. Place Published. Disponible en <https://plantamania.net/pera/>, <https://plantamania.net/pera/>.
- Quispe, C. 2013. Propagación Vegetativa de Esquejes de Queñua (*Polylepis Besseri Hieron*) en Base a la Aplicación de Dos Enraizadores Naturales y Tres Tipos de Sustratos. Tesis de grado para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz; Bolivia.
- Reyes, J. 2015. Guía de técnicas, métodos y procedimientos de reproducción asexual o vegetativa de las plantas. s. l. :64 p.
- Rojas, S.;García, J.;Alarcón Rojas, M.;Escobar, C. J.;Cipagauta, M.;Solarte, H.;Osorio, V. E.;Barahona, R.;Trujillo, R. y Tróchez, M. J. 2004. Propagación asexual de plantas: conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas. Corporación colombiana de investigación agropecuaria-AGROSAVIA.
- Rodriguez, C.2020. La importación de pera en el desarrollo productivo de Bolivia.
- Salomé, G. 2016. Sustratos para producción de flores. Place Published, (5): 617-631.

- Santos, 2011. Diversidad genética de la colección de cultivares de peral del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM, Xunta de Galicia).
- Sánchez, C. 2013. Agronomía y ambiente de la pera (*Pyrus communis* L.) en la región central de Veracruz. Place Published, (50-51): 55-63.
- Sigoenza, R.; Alberto, M., Salvatierra, M. & Pedro, Á. 2013. Biblioteca De Agropecuarias. Place Published.
- Soto, O. 2010. Sombra artificial y aplicación de thidiazurón en el crecimiento y fisiología de la vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews). 45-46 p.
- Smith, J. 2020. cultivo de la pera Bartlett (*Pyrus communis* 'Bartlett'). Revista de Fruticultura. Place Published, 45-58 p.
- Torres, 2016. "Comportamiento de de acodos aéreos en bungavillas (*Bougainvillae glabra* Ch ) ante la aplicacion de auxinas ". s.l.:1-77 p.
- Torres, O. & Patiño, M. 2017. Sustrato como material de última generación. OmniaScience.
- 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.
- Urbina, V. 2002. La fructificación de los frutales. Paperkite Editorial.
- Valenciano, J. 2014. Complejidad en el comercio mundial de peras. Place Published, (1): 0-0.
- Vallejo, V. 2009. La propagación de las plantas y la conservación y difusión de las variedades frutales. Place Published.
- Vega, P. 2012. Enraizado de estacas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en seis tipos de sustrato con aplicación de ácido indolbutírico.
- Velazques, M. 2009. Propagacion Por Estacas Del Portainjerto De Manzano Robusta. Place Published.

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.

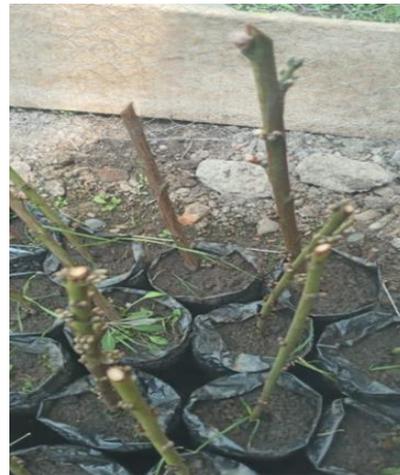
Zuleta. 2020. Estudio de viabilidad de fabricación y comercialización de productos saludables a base de frutas exóticas. Corporación Universitaria Minuto de Dios.

## **8. ANEXOS**

### Anexo 1. Preparación de sustratos y desinfección



### Anexo 2. Recolección de esquejes de la planta madre y trasplanto





**Anexo 3. Toma de datos de temperatura, evaluación de variables de esquejes de pera**





**Anexo 4. Control de humedad en el ambiente**



**Anexo 5. Evaluación de raíz y numero de raíz**





## Anexo 6. Laboratorio de suelo de Kallutaca

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S20/22

Página 1 de 1

### INFORME DE ENSAYO DE SUELOS S 20/22

Cliente:	U.P.E.A.
Solicitante:	Pedro Mamani Mamani
Dirección del cliente:	Av. Sucre "A" Villa Esperanza, El Alto
Procedencia de la muestra:	Kallutaca
	Provincia: Los Andes
	Departamento: La Paz
	<b>Cerca al Vivero Frutícola</b>
Punto de muestreo:	Tesisistas
Responsable del muestreo:	
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 22 de julio, 2022
Caracterización de la muestra:	Suelo - Lugar del Proyecto
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Bolsa
Código LCA:	20-1
Código original de muestra:	Suelo Kallutaca

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Limite de determinación	20-1 Suelo Kallutaca
pH acuoso	ISRIC 4		1 - 4	9,0
Conductividad eléctrica	ASPT 6	µS/cm	1,0	1666
Sodio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,00083	4,800
Potasio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,0053	12
Calcio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,016	22
Magnesio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,00083	6,8
Acidez intercambiable	ISRIC 11	cmolc/kg	0,050	< 0,050
Fósforo disponible (P)	ISRIC 14-3	P /mg*kg-1	1,5	19
Carbón orgánico	ISRIC 5	%	0,060	3,9
Materia orgánica	ISRIC 5	%	0,10	6,8
Nitrógeno total	ISRIC 6	%	0,0014	0,26
Carbonatos	ISRIC 13-61	Cualitativo	-	Presente
<b>Textura</b>				
Arena	DIN 18 123	%	2,5	23
Limo	DIN 18 123	%	1,1	40
Arcilla	DIN 18 123	%	1,1	37
Clase textural	DIN 18 123			Franco arcilloso

- International Soil Reference and Information Center (ISRIC)  
- Análisis de Suelos y Plantas tropicales (ASTP)  
\* 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, 2 de Agosto de 2022

Ing. Jaime Chincheros Paniagua  
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental

JCh/ta



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

## Anexo 7. Analices de sustrato de cafe

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: MO 27/22

Página 1 de 4

### 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:	<b>Del Vivero Fruticola</b>
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:	<b>Cascarilla de café</b>
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Sobre Manila
Código LCA:	27- 1
Código original:	Casc. Café

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Limite de determinación	Casc. Café 27- 1
Calcio total	Microwave Reaction System/EPA 215.1	mg/kg	8,0	3869
Fósforo total	Metodo calcinación/ASPT 91	mg/kg	0,40	1011
Magnesio total	Microwave Reaction System/EPA 243.1	mg/kg	8,0	1396
Materia organica	Calcinacion	%	5,0	95
Nitrógeno total	ASPT-88	%	0,0030	1,6
Potasio total	Microwave Reaction System/EPA 258.1	mg/kg	8,0	26359

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



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

## Anexo 8. Análisis de cascarilla de arroz

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: MO 27/22

Página 3 de 4

### 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:	Cascarilla de arroz
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Sobre Manila
Código LCA:	27- 3
Código original:	Case. Arroz

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Casc. Arroz 27- 3
Calcio total	Microwave Reaction System/EPA 215.1	mg/kg	8,0	3403
Fósforo total	Metodo calcinación/ASPT 91	mg/kg	0,40	512
Magnesio total	Microwave Reaction System/EPA 243.1	mg/kg	8,0	857
Materia organica	Calcinacion	%	5,0	88
Nitrógeno total	ASPT-88	%	0,0030	0,47
Potasio total	Microwave Reaction System/EPA 258.1	mg/kg	8,0	3476

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



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

## Anexo 9. Análisis de turba

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: MO 27/22

Página 4 de 4

### 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:	<b>Del Vivero Frutícola</b>
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:	<b>Turba</b>
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Sobre Manila
Código LCA:	27- 4
Código original:	<b>Turba</b>

### 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	Metodo calcinación/ASPT 91	mg/kg	0,40	790
Magnesio total	Microwave Reaction System/EPA 243.1	mg/kg	8,0	1468
Materia orgánica	Calcinación	%	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



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

## Anexo 10. Análisis de aserrín

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: MO 27/22

Página 2 de 4

### 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 Frutícola
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:	Aserrín
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Sobre Manila
Código LCA:	27- 2
Código original:	Aserrín

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Aserrín 27- 2
Calcio total	Microwave Reaction System/EPA 215.1	mg/kg	8,0	11354
Fósforo total	Metodo calcinación/ASPT 91	mg/kg	0,40	350
Magnesio total	Microwave Reaction System/EPA 243.1	mg/kg	8,0	1613
Materia orgánica	Calcinación	%	5,0	96
Nitrógeno total	ASPT-88	%	0,0030	0,20
Potasio total	Microwave Reaction System/EPA 258.1	mg/kg	8,0	7112

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



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia