

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y FORESTAL**



**“FITOHORMONA ENRAIZANTE ORGÁNICA Y QUÍMICA EN LA  
PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE ESQUEJES DE QUEÑUA  
(*Polylepis tonientella* Wedd) EN EL VÍVERO ALTO HUENQUE DE  
LA PROVINCIA DE CHUCUITO - REGIÓN PUNO”**

**Bach. Magaly Yana Ticona**

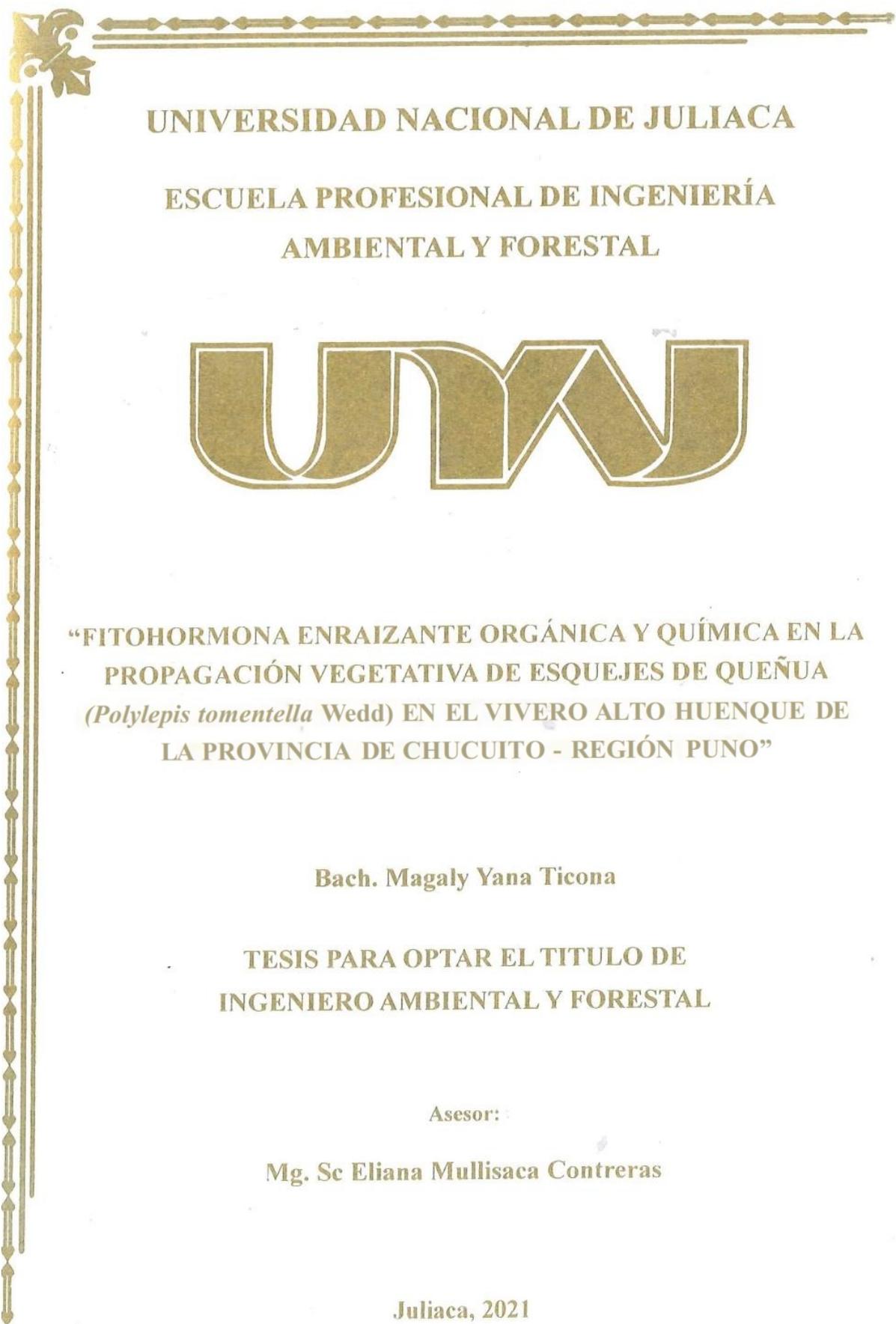
**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

**Asesor:**

**Mg. Sc Eliana Mullisaca Contreras**

**Juliaca, 2021**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y FORESTAL**



**“FITOHORMONA ENRAIZANTE ORGÁNICA Y QUÍMICA EN LA  
PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE ESQUEJES DE QUEÑUA  
(*Polylepis tomentella* Wedd) EN EL VIVERO ALTO HUENQUE DE  
LA PROVINCIA DE CHUCUITO - REGIÓN PUNO”**

**Bach. Magaly Yana Ticona**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

**Asesor:**

**Mg. Sc Eliana Mullisaca Contreras**

**Juliaca, 2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AMBIENTAL Y FORESTAL**



**“FITOHORMONA ENRAIZANTE ORGÁNICA Y QUÍMICA EN LA  
PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE ESQUEJES DE QUEÑUA  
(*Polylepis tomentella* Wedd) EN EL VIVERO ALTO HUENQUE DE  
LA PROVINCIA DE CHUCUITO – REGIÓN PUNO”**

Bach. Magaly Yana Ticona

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL

Asesor:

Mg.Sc Eliana Mullisaca Contreras

Juliaca, 2021

Yana, M. (2021) *Fitohormona enraizante orgánica y química en la propagación vegetativa de esquejes de queñua (Polylepis tomentella Wedd) en el vivero Alto Huenque de la provincia de Chucuito – Región Puno*, (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca

**AUTOR:** Magaly Yana Ticona

**TÍTULO:** Fitohormona enraizante orgánica y química en la propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis tomentella* Wedd) en el vivero Alto Huenque de la provincia de Chucuito – Región Puno

**PUBLICACIÓN:** Juliaca, 2021

**DESCRIPCIÓN:** Cantidad de páginas (120 pp)

**NOTA:** Tesis **Escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal** - —  
Universidad Nacional de Juliaca.

**CÓDIGO:** 01-000011-01/Y77

**NOTA:** Incluye bibliografía

**ASESOR:** Mg.Sc Eliana Mullisaca Contreras

**CO-ASESOR:** Mg.Sc Eddy Olinda Ludeña Cuba

**PALABRAS CLAVE:**

*Polylepis*, propagación, fitohormona, sección de la rama, rentabilidad

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AMBIENTAL Y FORESTAL

“FITOHORMONA ENRAIZANTE ORGÁNICA Y QUÍMICA EN LA  
PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE ESQUEJES DE QUEÑUA (*Polylepis  
Tomentella Wedd*) EN EL VIVERO ALTO HUENQUE DE LA PROVINCIA  
DE CHUCUITO - REGIÓN PUNO”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y  
FORESTAL

Presentado por:

Bach. Magaly Yana Ticona

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Dr. Wile Mamani Navarro  
**PRESIDENTE DE JURADO**



Dr. Alejandro Félix Taquire Arroyo  
**JURADO (secretario)**

  
**2° MIEMBRO**

M.Sc. Edgar Pelinco Ruelas  
**JURADO (vocal)**

  
**3° MIEMBRO**

Mg.Sc Eliana Mullisaca Contreras  
**ASESOR DE TESIS**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por brindarme vida y salud, por darme paciencia y constancia para lograr mis objetivos*

*A mi madre Luz, por su apoyo, motivación, perseverancia, abnegación y por darme su amor incondicional. A mi padre Julián por su contante sacrificio y lucha para cumplir con mis metas*

*A mis hermanas por brindarme todo su apoyo y motivación durante este proceso.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Juliaca, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal por recibirme en sus aulas y contribuir en mi formación profesional.

A los docentes de la Escuela Profesional por con todos sus conocimientos y experiencias compartidas durante mi formación profesional.

A la Mg.Sc Eliana Mullisaca Contreras, asesor de tesis, por su orientación, paciencia, revisión y apoyo intelectual constante.

A la Ing. Yoissy Sulay Pari Morales y Mg.Sc Eddy Olinda Ludeña Cuba co-asesor de tesis, por su apoyo y motivación durante el inicio y culminación de mi trabajo de investigación.

A los miembros del jurado de tesis, Dr. Wile Mamani Navarro, Dr. Alejandro Felix Taquire Arroyo y al M.Sc. Edgar Pelinco Ruelas por su paciencia, orientación y revisión de la presente tesis.

Por último, a mis amigos, compañeros, quienes me brindaron su apoyo en la realización de la tesis.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
SIGLAS Y ABREVIATURAS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xv
CAPÍTULO I.....	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.1. Planteamiento del problema .....	17
1.2. Problemas de investigación.....	18
1.3. Objetivos .....	19
1.4. Justificación.....	19
CAPITULO II .....	21
REVISIÓN DE LITERATURA.....	21
2.1. Antecedentes .....	21
2.2. Bases teóricas .....	25
2.2.1. Distribución geográfica del género <i>Polylepis</i> .....	25
2.2.2. Clasificación taxonomía del género <i>Polylepis tomentella</i> W.....	26
2.2.3. Características vegetativas del género <i>Polylepis tomentella</i> W. ....	26
2.2.4. Ecología de los bosques de <i>Polylepis</i> .....	27
2.2.5. Propagación del género <i>Polylepis tomentella</i> W.....	28
2.2.6. Bases fisiológicas de la propagación vegetativa .....	30
2.2.7. Fitohormonas enraizantes químicos .....	31
2.2.8. Fitohormonas enraizantes orgánicas .....	33
2.2.9. Factores bióticos para el enraizamiento de los esquejes .....	34
2.2.10. Factores abióticos para el enraizamiento de los esquejes.....	36
2.2.11. Estimación de la rentabilidad económica .....	37
CAPITULO III.....	38
MATERIALES Y METODOS .....	38
3.1. Ámbito de estudio .....	38

3.1.1.	Condiciones climáticas.....	38
3.2.	Población y muestra .....	38
3.2.1.	Población.....	38
3.2.2.	Tipo y diseño de investigación.....	38
3.2.3.	Tamaño de la muestra .....	39
3.2.4.	Componentes en estudio.....	39
3.3.	Materiales y equipos.....	40
3.3.1.	Insumos .....	40
3.3.2.	Materiales .....	40
3.3.3.	Equipos.....	40
3.4.	Metodología .....	41
3.4.1.	Comparación del efecto de la fitohormona enraizante orgánica y química en la propagación vegetativa por esquejes de queñua.....	41
3.4.2.	Determinación de la aptitud propagativa de tres secciones de la rama (basal, media y apical) de queñua.....	43
3.4.3.	Estimación de la rentabilidad económica con uso de la fitohormona orgánica y química	44
3.5.	Análisis estadístico.....	44
CAPITULO IV.....		47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		47
4.1.	Comparación del efecto de la fitohormona enraizante orgánica y química en la propagación vegetativa por esquejes de queñua.....	47
4.1.1.	Porcentaje de establecimiento .....	47
4.2.	Determinación de la aptitud propagativa de tres secciones de la rama (basal, media y apical) de queñua.....	57
4.2.1.	Número de raíces.....	57
4.2.2.	Longitud de raíz .....	63
4.2.3.	Número de brotes .....	71
4.2.4.	Longitud de brote .....	77
4.3.	Estimación de la rentabilidad económica con uso de la fitohormona orgánica y química.....	82
CAPÍTULO V .....		86
5.1.	Conclusiones .....	86
5.2.	Recomendaciones.....	87
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....		88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especies del género <i>Polylepis</i> y su categoría de amenaza. ....	25
Tabla 2: Descripción de los tratamientos en estudio. ....	40
Tabla 3: Esquema del análisis de varianza del modelo de diseño de bloques completamente al azar .....	46
Tabla 4: Análisis de varianza del porcentaje de establecimiento en la propagación vegetativa de queñua .....	47
Tabla 5: Prueba de comparación de medias de las fitohormonas enraizantes con respecto al porcentaje de establecimiento en esquejes de queñua .....	48
Tabla 6: Prueba de comparación de medias de las secciones de la rama con respecto al porcentaje de establecimiento.....	51
Tabla 7: Prueba de comparación de medias de los tratamientos con respecto al porcentaje de establecimiento en esquejes de queñua.....	53
Tabla 8: Análisis de varianza del número de raíz en la propagación vegetativa de queñua .....	57
Tabla 9 Prueba de comparación de medias de las fitohormonas enraizantes con respecto al número de raíces en esquejes de queñua .....	58
Tabla 10: Prueba de comparación de medias de las secciones de la rama con respecto al número de raíces.....	60
Tabla 11: Prueba de comparación de medias de los tratamientos con respecto al número de raíces en esquejes de queñua .....	62
Tabla 12: Análisis de varianza de la longitud de raíz en la propagación vegetativa de queñua.....	64
Tabla 13: Prueba de comparación de medias de las fitohormonas enraizantes con respecto a la longitud de raíz en esquejes de queñua.....	64
Tabla 14: Prueba de comparación de medias de las secciones de la rama con respecto a la longitud de raíz. ....	67
Tabla 15: Prueba de comparación de medias de los tratamientos con respecto a la longitud de raíz en esquejes de queñua.....	69
Tabla 16: Análisis de varianza del número de brotes en la propagación vegetativa de queñua.....	71

Tabla 17: Prueba de comparación de medias de las fitohormonas enraizantes con respecto al número de brotes en esquejes de queñua .....	72
Tabla 18: Prueba de comparación de medias de las secciones de la rama respecto al número de brotes. ....	74
Tabla 19: Prueba de comparación de medias de los tratamientos con respecto al número de brotes en esquejes de queñua .....	76
Tabla 20: Análisis de varianza del número de raíz en la propagación vegetativa de queñua .....	77
Tabla 21: Prueba de comparación de medias de las fitohormonas enraizantes con respecto a la longitud de brote en esquejes de queñua.....	78
Tabla 22: Prueba de comparación de medias de las secciones de la rama con respecto a la longitud de brote.....	79
Tabla 23: Prueba de comparación de medias de los tratamientos con respecto a la longitud de brote en esquejes de queñua.....	81
Tabla 24: Análisis de costos generales .....	84
Tabla 25: Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Porcentaje de establecimiento obtenido con la aplicación de las fitohormonas enraizantes. ....	49
Figura 2: Porcentaje de establecimiento obtenido con diferentes secciones de la rama. ....	52
Figura 3: Porcentaje de establecimiento en la propagacion vegetativa de esquejes de queñua.....	54
Figura 4: Número de raíz obtenido con la aplicación de las fitohormonas enraizantes. ....	59
Figura 5: Porcentaje de establecimiento obtenido con diferentes secciones de la rama. ....	61
Figura 6: Número de raíces en la propagacion vegetativa de esquejes de queñua. ....	63
Figura 7: Longitud de raíz obtenido con la aplicación de las fitohormonas enraizantes. ....	66
Figura 8: Longitud de raíz obtenido con diferentes secciones de la rama.....	68
Figura 9: Longitud de raíz en la propagación vegetativa de esquejes de queñua.....	70
Figura 10: Número de brotes obtenidos con la aplicación de las fitohormonas enraizantes. ....	73
Figura 11: Número de brotes obtenidos con diferentes secciones de la rama. ....	75
Figura 12: Número de brotes en la propagacion vegetativa de esquejes de queñua. ....	77
Figura 13: Longitud de brote obtenido con la aplicación de las fitohormonas enraizantes ....	79
Figura 14: Longitud de brote obtenido con diferentes secciones de la rama. ....	80
Figura 15: Longitud de brote en la propagacion vegetativa de esquejes de queñua ....	81

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación del ámbito de estudio.....	101
Anexo 2: Datos de temperatura, humedad y precipitación e el vivero del mes enero a marzo del 2020. ....	102
Anexo 3: Ficha técnica del enraizador químico (rapid root). ....	104
Anexo 4: Componentes del enraizador orgánico (extracto de sauce) obtenidos de la cromatografía en papel .....	105
Anexo 5: Croquis del experimento .....	106
Anexo 6: Datos obtenidos de las variables en evaluación.....	107
Anexo 7: Datos obtenidos de la variable número de raíces.....	108
Anexo 8: Datos obtenidos de la variable longitud de raíces .....	109
Anexo 9: Datos obtenidos de la variable número de brotes .....	110
Anexo 10: Datos obtenidos de la variable longitud de brotes .....	111
Anexo 11: Panel fotográfico.....	112
Anexo 12: Resultados de la caracterización de suelo agrícola.....	115
Anexo 13: Taxonomía, morfología y distribución del género <i>Polylepis tomentella</i> Wedd .....	116
Anexo 14: Autorización de investigación .....	117

## SIGLAS Y ABREVIATURAS

AIB	: Acido indolbutírico
AIA	: Acido indolacético
ANA	: Acido naftalenacético
AS	: Altamente significativo
CR	: En peligro crítico
DBCA	: Diseño de bloques completamente al azar
E	: Endémico
ES	: En peligro
EX	: Extinto
IUNC	: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
NS	: No significativo
NT	: Casi amenazada
SENAMHI	: Servicio nacional de meteorología e hidrología.
S	: Significativo
T	: Tratamiento
UTM	: Sistema de coordenada geográficas
VU	: Vulnerable
ZEE	: Zonificación ecológica y económica

## RESUMEN

Los bosques de *Polylepis* cumplen funciones indispensables en la ecología de los andes, pues componen los ecosistemas más vulnerables debido a la presión antrópica, por ello, la presente investigación tiene por objetivo evaluar el efecto de la fitohormona enraizante orgánica y química en la propagación vegetativa por esquejes de queñua (*Polylepis tomentella* W). La metodología implica la recolección de esquejes de queñua, seguido de la aplicación de las fitohormonas enraizantes orgánicos y químicos para su posterior comparación con el tratamiento testigo, a través del estadístico de bloques completamente al azar (DBCA). Los resultados muestran que la aplicación de la fitohormona enraizante químico presenta mayores porcentajes de establecimiento (76.19%), número de raíces (12 raíces), longitud de raíz (18.53 cm), número de brotes (9 brotes) y longitud de brote (3 cm), frente al tratamiento con fitohormona enraizante orgánico y el tratamiento testigo; con respecto a la rama dividida en tres secciones (basal, media y apical), la sección basal asociado a la fitohormona enraizante químico mostraron mayor aptitud propagativa logrando obtener mayor porcentaje de: establecimiento (73.22%), número y longitud de raíces (13 raíces y 18.21 cm), número y longitud de brotes (9.08 y 2.92 cm), respectivamente. En cuanto a la rentabilidad, el tratamiento T7 (AIB rapid root + sección basal) y T3 (AIB rapid root + sección medio) presentan el 90% y 17%, respectivamente. En conclusión, la propagación vegetativa por esquejes de queñua fue posible utilizando la fitohormona enraizante químico contenidas en el producto comercial AIB rapid root, ello asociado a la sección basal de la rama.

**Palabras clave:** *Polylepis*, propagación, fitohormona, sección de la rama, rentabilidad.

## ABSTRACT

Polylepis forests fulfill indispensable functions in the ecology of the Andes, as they are the most vulnerable ecosystems due to anthropic pressure. Therefore, the present research aims to evaluate the effect of organic and chemical rooting phytohormone on the vegetative propagation by cuttings of queñua (*Polylepis tomentella* W). The methodology involves the collection of queñua cuttings, followed by the application of the organic and chemical rooting phytohormones and their subsequent comparison with the control treatment, using the completely randomized blocks (DBCA) statistic. The results showed that the application of the chemical rooting phytohormone presented higher percentages of establishment (76.19%), number of roots (12 roots), root length (18.53 cm), number of shoots (9 shoots) and shoot length (3 cm), compared to the treatment with organic rooting phytohormone and the control treatment; with respect to the branch divided into three sections (basal, middle and apical), the basal section associated with the chemical rooting phytohormone showed greater propagative aptitude achieving higher percentages of: establishment (73.22%), number and length of roots (13 roots and 18.21 cm), number and length of shoots (9.08 and 2.92 cm), respectively. In terms of profitability, treatment T7 (AIB rapid root + basal section) and T3 (AIB rapid root + middle section) presented 90% and 17%, respectively. In conclusion, vegetative propagation by queñua cuttings was possible using the chemical rooting phytohormone contained in the commercial product AIB rapid root, associated with the basal section of the branch

**Keywords:** Polylepis, propagation, phytohormone, branch section, profitability.

## INTRODUCCIÓN

En los andes centrales predominan zonas agrícolas, zonas arbustivas y pastizales, los bosques naturales son muy escasos y están comúnmente limitados a laderas rocosas y quebradas, los relictos de bosques están dominados por el género *Polylepis* (Kessler, 2006). Los bosques de *Polylepis* representan uno de los ecosistemas andinos que alberga gran variedad de especies endémicas, vitales para la protección y conservación de la biodiversidad local y regional (Valencia et al., 2018), además de actuar como sumidero de dióxido de carbono atmosférico, intervienen también en la formación del suelo y en la regulación del ciclo hídrico (Cuyckens y Renison, 2018); sin embargo, la mayoría de las especies del género *Polylepis* son cada vez más vulnerables, en especial la especie *P. tomentella* W, categorizada en peligro (EN) a razón de la creciente presión antrópica (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2017).

Durante milenios las actividades humanas han destruido grandes extensiones de cobertura vegetal de estos bosques, restringiéndolos a hábitats especiales y modificando su composición faunística y florística (Segovia et al., 2018); por si fuera poco, los efectos del cambio climático también interfieren en su distribución, desarrollo y reproducción, causando la pérdida y degradación de estos bosques (Segura et al., 2019). Las bajas tasas germinativas que presentan varias especies del género *Polylepis*, como *P. neglecta* 10%, *P. tomentella* 3.1%, *P. papensis* 8%, 2% *P. incarum*, *P. hieronymi*, 20% y 0% *P. besseri* también son otra limitante para su conservación (Vega et al., 2018).

En este sentido, es necesario el desarrollo de iniciativas que promuevan la producción, forestación, reforestación y conservación del género *Polylepis*, en caso específico de *P. tomentella*, con la finalidad de incrementar la densidad de la cobertura vegetal para mantener la viabilidad ecosistémica de esta región. Resultando la propagación vegetativa por esquejes una alternativa viable de multiplicación y conservación de plantas endémicas, esta técnica permitirá obtener esquejes vivos a partir de la planta madre con alto potencial genético, a fin de lograr incrementar la producción de plantones de calidad en un corto periodo de tiempo y sobre todo con costos reducidos (Kettenhuber, Sousa, & Sutili, 2019).

La técnica de la propagación vegetativa ya está bien establecida para algunas especies forestales como el *Eucaliptus*, porque presentan protocolos de propagación, por ende un dominio en la producción de plantones de alta calidad y bajo costo (Castro, Alves, De Assis, & Wendling, 2016). No obstante, la mayoría de las especies forestales, del género *Polylepis* de la especie *P. tomentella* no cuenta con dichos protocolos, debido a la carencia de estudios, falta de información y resultados respecto a la propagación vegetativa y la aplicación de fitohormonas enraizantes. En este contexto, estimando la importancia de la especie *Polylepis tomentella*, el presente estudio tiene por objetivo evaluar el efecto de las fitohormonas enraizantes orgánica y química en la propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis tomentella* W.) bajo condiciones de vivero con la finalidad de optar la mejor alternativa de producción de calidad de la especie y bajo costo en un menor periodo de tiempo, además de incrementar y conservar la densidad de la cobertura vegetal para mantener la viabilidad ecosistémica de la región andina.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial la fragmentación y pérdida de bosques nativos es una de las principales amenazas para los ecosistemas del mundo (Otavo & Echeverría, 2017). Históricamente, los bosques del género *Polylepis* y específicamente de la especie *P. tomentella* han estado amenazados por la tala indiscriminada para la producción de carbón vegetal, así como la quema para la habilitación de campos agrícolas; como resultado de siglos de la intervención humana, se ha alterado su estructura, extensión y composición (Vega et al., 2018), viéndose afectadas las tasas de germinación y de regeneración natural. Por ello, la especie *P. tomentella* W. fue categorizada en peligro por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2017).

La propagación vegetativa por esquejes representa una técnica prometedora para la mayoría de especies forestales, ya que, es uno de los métodos más eficientes en términos de rapidez, uniformidad y rentabilidad en su producción (Castro et al., 2016). No obstante, un paso clave para la propagación vegetativa es la formación de raíces adventicias, las pérdidas se producen por la mala calidad del sistema radicular y por un enraizamiento pobre o lento (Ibrahim, Mohamed, & Khalid, 2015).

Asimismo, el potencial de enraizamiento de los esquejes de diferentes especies vegetales varían considerablemente, algunos enraízan con facilidad, otras con dificultad y otras no enraízan (Justamante, Ibáñez, Villanova, & Pérez-Pérez, 2017). Entre las especies de difícil enraizamiento están las especie del genero *Polylepis*, ya que Renison y Cingolani, (1998) y Huarhua (2017) lograron un 41% y 48% de enraizamiento en las especie *P. australis* y *P. incana*, respectivamente, ello sin la aplicación de fitohormonas enraizantes; en ese sentido, es necesario utilizar fitohormonas de tipo auxina para estimular en mayor medida la iniciación de raíces adventicia en la planta.

La aplicación de ácido índol butírico (AIB) como fitohormona enraizante al sistema radicular estimula la formación y producción de raíces adventicias promoviendo un mejor establecimiento a la especie (Shiue et al., 2019; Solis et al., 2019; Torres et al., 2019). No obstante, se encontró poca o ninguna información sobre la respuesta de la especie *Polylepis tomentella* a la aplicación de las fitohormonas enraizantes orgánicas o químicas. Asimismo, varios trabajos de investigación (Donfagsiteli et al., 2013; Santos et al., 2016; Castro et al., 2016) evaluaron el efecto de los esquejes tomados de distintas secciones de la rama (basal, media y apical), observándose diferencias en el enraizamiento con variabilidad según la especie. Por lo tanto, debido al difícil enraizamiento en la propagación vegetativa de la especie *Polylepis* y siendo necesario mejorar del enraizamiento adventicio de las raíces a partir de esquejes, la presente investigación evaluó el efecto de las fitohormonas enraizantes (orgánica y química), así como la sección de la rama en la propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis tomentella* W.).

## **1.2. Problemas de investigación**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿Cuál es el efecto de las fitohormonas enraizantes en la propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis tomentella* W.) en el vivero Alto Huenque de la Provincia Chucuito - Region Puno?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Qué fitohormona enraizante tendrá mayor efecto en la propagación vegetativa de esquejes de queñua?
- ¿Qué sección de la rama (basal, media y apical) de queñua tendrá mayor aptitud propagativa?
- ¿Existe rentabilidad económica con el uso de la fitohormona enraizante en la propagación vegetativa por esquejes de queñua?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Evaluar el efecto de las fitohormonas enraizantes orgánica y química en la propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis tomentella* W.) en el vivero Alto Huenque de la Provincia Chucuito - Región Puno.

#### **1.3.2. Objetivo específico**

- Comparar el efecto de la fitohormona enraizante orgánica y química en la propagación vegetativa por esquejes de queñua.
- Determinar la aptitud propagativa de tres secciones de la rama (basal, media y apical) de queñua con la aplicación de la fitohormona enraizantes.
- Estimar la rentabilidad económica de la propagación vegetativa por esqueje de queñua con uso de las fitohormonas enraizantes.

### **1.4. Justificación**

La propagación vegetativa por esquejes, es un alternativa para la multiplicación de plantas autóctonas con potencial uso en la recuperación de bosques y zonas degradadas, especialmente en caso de especies de bajo poder germinativo (Kettenhuber et al., 2019). La principal ventaja de la propagación vegetativa o asexual es la conservación genética de germoplasma, es decir obtener copias genéticamente idénticas al individuo original, y aumentar la ganancia genética en periodos de tiempo muy cortos y con costos reducidos (Soudre et al., 2011); por tal razón, este método puede ser utilizado para llevar a cabo programas de reforestación y restauración de poblaciones disminuidas (C. K. Vega et al., 2018).

Para tener mayor éxito en este método es importante considerar la utilización de sustancias exógenas como las fitohormonas enraizantes orgánicos o químicos que favorezca la iniciación y desarrollo de las raíces a fin de lograr el incremento de la producción y calidad de las especies forestales (Leakey et al., 1990; Mesen, 1993; Hartmann y Kester, 1998; Basauri, 2017; Solis et al., 2019). Asimismo, es importante generar información de aspecto económico sobre los procesos productivos, ya que actualmente se carece de antecedentes concernientes al análisis económico de la producción de plantas en viveros forestales, esto ocasiona

desconocimiento en el nivel de rentabilidad, sin embargo, su conocimiento sobre el método en estudio ofrecerá mayores elementos de juicio para programar y mejorar la productividad (Alvidrez, Espinoza, & Prieto, 2011).

En ese contexto, el presente estudio tiene como principal propósito generar información referido a la reproducción vegetativa por esquejes del género *Polylepis tomentella* W., definiendo un patrón o protocolo de manejo en los viveros de la zona de estudio, asimismo mejorar el dominio en la producción de plántones de alta calidad en periodos cortos y a bajo costo, además contribuirá a la forestación y reforestación de los bosques de *Polylepis* en la zona de estudio, a fin de conservar esta especie nativa, además de hacerle frente al cambio climático, también brindara mayores ingresos económicos a los productores de plantas y a la vez un beneficio en la calidad de vida de las poblaciones locales.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Kim et al. (2021), evaluaron el efecto de tres concentraciones de ácido indol butírico (IBA) y ácido acético usando esquejes de *Veronica dahurica* Steven y *V. pusanensis*. Los resultados demuestran que el efecto del tratamiento con ácido indol butírico (AIB) mostraron mayor calidad de las raíces; además, el número de raíces adventicias mejoró significativamente en 1.5 y 0.5 mg/L de AIB (59.00 y 46.85, respectivamente); también la longitud de la raíz de *V.dahurica* tratados con 1,5 mg/L de IBA (15,20 cm) y el porcentaje de formación de callos de *V. pusanensis* tratado con 1,0 mg/L de IBA (2,22%) mejoraron significativamente.

Darby et al. (2021), determinaron la aptitud propagativa de dos especies de alto valor, *L. polygalifolium* y *L. scoparium* con esquejes enraizados con o sin la aplicación de ácido indol-3-butírico (AIB). Los resultados señalan que AIB no afectó significativamente los porcentajes de enraizamiento, obteniendo porcentajes de 92% y 88% para esquejes de *L. polygalifolium* clones y *L. scoparium*, respectivamente, sin la aplicación del ácido indol-3-butírico (AIB). No obstante, con la aplicación del AIB se obtuvo 65% y 76%. Los autores descubrieron que *L. polygalifolium* y *L. scoparium* son muy susceptibles de propagación vegetativa.

Chauhan et al. (2020), estudiaron la propagación vegetativa de la especie *Trillium govanianum* Wall utilizando esquejes de tres secciones (basal, media y distal). Comprobaron que las secciones apicales tenían mayor capacidad de desarrollar raíces y brotes, a comparación de las secciones media y distal, asimismo indican que sólo la sección apical del esqueje mostraba una buena eficiencia de supervivencia (90,4%) y la longitud máxima de la raíz (4,4 cm). La parte media y distal de los esquejes no respondió; se pudrió o no mostró ningún crecimiento.

Azad et al. (2018), compararon la capacidad de enraizamiento y brotación de los esquejes de *Sterculia foetida* con hojas y sin hojas bajo la influencia de cinco tratamientos (0, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8%). El experimento mostró mayor porcentaje de enraizamiento con la aplicación de ácido indolbutírico a 0.8% en comparación al tratamiento testigo, logrando un porcentaje de enraizamiento de 86.2 % en los esquejes con hojas y 82.6% en esquejes sin hojas. Los resultados también indican que el éxito de la brotación depende en los esquejes con hojas y sin hojas (84.1% y 75.6%, respectivamente).

Elhaak et al. (2015), desarrollaron propagación de esquejes de romero (*Rosmarinus officinalis*) aplicando el ácido indolbutírico (AIB) en concentraciones de 0 a 100 ppm como medio de remojo de los esquejes de romero durante una, tres y seis horas. Los resultados indican que la capacidad de enraizamiento fue mayor en cinco veces al valor de control, ello se logró remojando los esquejes durante tres horas a 60 mg/L de AIB, mientras que la longitud de las raíces y el área foliar aumentaron ligeramente (4%) a 40 mg/L AIB.

Santos et al. (2016), evaluaron el efecto de diferentes tipos de estacas (apical, media y basal) y sustratos en la propagación vegetativa de *Lippia gracilis* Schauer, después de 40 días de evaluación, los resultados señalan que se obtuvo mayor porcentaje de enraizamiento (32.83%), mayor longitud de raíz (26.03 cm) y número de brotes (12.85 brotes) con estacas de tipo basal.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Basauri et al. (2019), propagaron miniestacas de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart) utilizando aditivos, sustratos e invernaderos; para ello utilizó material apical de 5 cm de longitud, 4 mm de diámetro y 20 – 30 cm<sup>2</sup> de área foliar. Los resultados, después de 20 días, señalan que se obtuvo entre 93.3% y 100% de sobrevivencia, 100% de enraizamiento y 100% brotes en las miniestacas instaladas en invernaderos de policarbonato y malla raschel asociados a los aditivos enraizantes rapid root y sanix con los sustratos arena fina y jiffy.

Castro et al. (2016), determinaron el enraizamiento de estacas juveniles de *Bertholletia excelsa* con el objetivo de evaluar el enraizamiento de las estacas asociadas a la aplicación de ácido indolbutírico (AIB), utilizando tres dosis de AIB (0, 1000 y 3000 mg/L) como hormonas de crecimiento; tres tipos de estacas (apical, media y basal); y dos tiempos de inmersión (1s y 60 s). Los resultados muestran que las estacas medias y basales sumergidas 1 segundo a 1000 mgL-1 de AIB tuvieron mayores porcentajes de enraizamiento (58.3% y 41.7%, respectivamente) y mayores las longitudes de raíces, siendo este el tratamiento indicado para la propagación vegetativa de la especie.

Huarhua (2017), aplicó dos enraizadores naturales y tres tipos de sustratos en la propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis incana*), el objetivo planteado fue estudiar los efectos de dos enraizadores naturales (agua de coco, extracto de sauce) y tres tipos de sustrato (turba + arena + humus, turba + arena, turba + humus), obteniendo mayores efectos en el prendimiento haciendo uso del enraizador agua de coco (85.67%) y el sustrato turba + humus (73.78%).

Ramirez (2019), determinó el efecto del ácido indolbutírico en esquejes de bambú (*Guadua angustifolia* kunth), evaluando tipos de esquejes (basal, medio y apical) y dosis de ácido indolbutírico (0 mg/L, 1 mg/L y 2 mg/L). Los resultados indican mejores resultados de propagación con la aplicación de 2 mg/L de AIB, ya que se obtuvo mayor porcentaje de sobrevivencia (75.56%), además señala que los esquejes de tipo basal obtuvieron mayor porcentaje de sobrevivencia (66.67%) en el desarrollo de la propagación en condiciones de invernadero

Tejeda (2019), utilizó microesquejes de variedades de arándanos (*Bluecrop*, *Legacy*, *Star*, *Biloxi*) y diferentes concentraciones del ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de segmentos nodales de arándanos (*Vaccinium corimbozum* L.). Obtuvo como resultado que el AIB en la variedad Biloxi tiene efectos significativos en la dosis de 200 mg/L de AIB en el porcentaje de enraizamiento (80%) y longitud de raíz (1.77 mm).

Solis et al. (2019), evaluaron métodos de enraizamiento de esquejes de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en microtúneles, primero utilizaron esquejes de 8 cm de longitud y ácido indolbutírico (AIB) a 2000 mg/L, además de dos tipos de sustratos (arena y jiffy) y dos frecuencias de riego (una vez al día y tres veces al día); en el segundo experimento usaron esquejes de 8 cm, y probaron tres niveles de área foliar (25,50 y 75 cm<sup>2</sup>) y cinco concentraciones de AIB (0, 1000, 2000, 4000 y 6000 mg/L). Los resultados muestran que el uso de 2000 ppm de AIB, pellets de jiffy, un riego nebulizado por día, esquejes de 8 cm de longitud con 75 cm<sup>2</sup> de área foliar indujeron altos porcentajes de enraizamiento (93.3 %) y la mejor formación de raíces en el proceso de la propagación vegetativa de sachá inchi.

Zavaleta, (2019), evaluó el efecto de la aplicación del ácido indolbutírico (AIB), medios de enraizamiento, sección de la estaquilla y área foliar en la propagación vegetativa de *Dipteryx odorata*. En el experimento 1, las estacas fueron tratadas a diferentes concentraciones de AIB (0, 1000, 3000, 5000 y 7000 mg/L) y tres medios de enraizamiento (arena fina, arena media y arena gruesa). En el experimento 2, las estacas se clasificaron según la sección de la rama (basal, media y apical) y recorte de área foliar (1000, 2000 y 3000 mm<sup>2</sup>). Los resultados afirman que, en experimento 1, la aplicación de AIB con 3000 mg/L en arena fina obtuvo mejores resultados. Respecto al experimento 2, señalan que la interacción de la sección de la estaquilla apical y área foliar de 3000 mm<sup>2</sup> obtuvieron mejores resultados en la propagación vegetativa de *Dipteryx odorata*.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Aquino (2020), determinó el efecto de la aplicación de cuatro fitohormonas naturales (extracto de *Rhizobium*, extracto de sauge, infusión de canela y extracto de álamo) y un sintético (Phyllium MaxR) en el enraizamiento de dos especies de cantuta (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*), obteniendo mayores porcentajes de prendimiento (66.67%), con la aplicación del extracto de *Rhizobium* asociado a la especie *Cantua tomentosa*, así como de un mayor número de hojas (37.89 hojas), engrosamiento de rebrote (0.40 cm) y mayor altura de rebrote (18.84 cm) frente al tratamiento testigo.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Distribución geográfica del género *Polylepis*

El género *Polylepis* se encuentra distribuido a lo largo de los andes centrales desde el norte de Venezuela, hasta el norte de Chile y Argentina, donde presencian aproximadamente 28 especies, registrándose 19 especies del género *Polylepis* para el Perú (Segovia et al., 2018). Sin embargo, estos bosques contienen una variedad de especies endémicas y en peligro de extinción según la lista de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2017), como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1  
*Especies del género Polylepis y su categoría de amenaza.*

Especie	Distribución	Categoría
<i>P. australis</i>	Central y nor-oeste de Argentina	E
<i>P. besseri</i>	Sur Perú a Bolivia	VU
<i>P. canoi</i>	Ayacucho, Cusco y Junín, Perú	E
<i>P. crista-galli</i>	Sur de Bolivia a norte de Argentina	VU
<i>P. flavipila</i>	Andina occidental del centro del Perú	E
<i>P. hieronymi</i>	Sur de Bolivia hasta el norte de Argentina	VU
<i>P. incana</i>	Ecuador hasta el sur de Perú	VU
<i>P. incarum</i>	Sur Peruano a Bolivia	VU
<i>P. lanata</i>	Sur Peruano a Bolivia	-
<i>P. lanuginosa</i>	Ecuador	VU
<i>P. microphylla</i>	Ecuador y aislado en Perú	VU
<i>P. multijuga</i>	Norte del Perú	VU
<i>P. neglecta</i>	Central y sur de Bolivia	VU
<i>P. pacensis</i>	Bolivia occidental	E
<i>P. pauta</i>	Ecuador y aislado en Perú y Bolivia	VU
<i>P. pepeii</i>	Perú central hasta el noreste de Bolivia	VU
<i>P. quadrijuga</i>	Cordilleras orientales de Colombia	E
<i>P. racemosa</i>	Perú a Bolivia, y aislado en Ecuador	VU
<i>P. reticulata</i>	Ecuador y en el norte y centro del Perú	VU
<i>P. rugulosa</i>	Suroeste de Perú a extremo norte de Chile	VU

**Fuente:** IUNC, 2017

Tabla 1:  
Especies del género *Polylepis* y categoría de amenaza (continuación).

<i>P. sericea</i>	Venezuela a Bolivia	
<i>P. subsericans</i>	Centro y sur de Perú	VU
<i>P. subtusalbida</i>	Sur de Perú y Bolivia central	E
<i>P. tarapacana</i>	Frontera de Argentina, Bolivia, Chile, y Perú	NT
<i>P. tomentella nan.</i>	Bolivia a Argentina, y aislado en Perú central	ES
<i>P. triacontandra</i>	Sur de Perú a Bolivia	-
<i>P. weberbaueri</i>	Ecuador hasta el sur de Perú	VU

**Fuente:** IUNC, 2017

(E) Endémico, (NT) Casi amenazada, (VU) Vulnerable, (ES) en peligro, (CR) en peligro crítico, (EX) extinto.

### 2.2.2. Clasificación taxonomía del género *Polylepis tomentella* W.

El género *Polylepis* incluye 28 especies, dentro de ello la especie *P. tomentella* Weddell, pertenecientes a la familia Rosaceae, como se muestra en la siguiente clasificación (Mendoza & Cano, 2011)

Reino	: Plantae
Subreino	: Tracheobionta
División	: Magnoliophyta
Subclase	: Rosidae
Orden	: Rosales
Familia	: Rosaceae
Tribu	: Sanguisorbeae
Subtribu	: Sanguisorbinae
Género	: <i>Polylepis</i>
Especie	: <i>tomentella</i> Weddell

### 2.2.3. Características vegetativas del género *Polylepis tomentella* W.

**a. Tallo:** Árboles 1-4 m de altura, el fuste normalmente es torcido con uno o varias ramas largas, el árbol tiene la corteza de color rojizo a marrón-amarillento brillante que se desprende en forma continua en capas delgadas translúcidas, ver anexo 13 (Mendoza, 2012), probablemente con la finalidad de brindar protección contra el frío y el fuego (Cuyckens & Renison, 2018).

- b. Hojas:** Las hojas de la especie *P. tomentella* están congestionadas en los extremos de las ramas, compuestas imparipinadas con folios de 1 par (ocasionalmente 2), folios ovalados de 0,83-3.9 cm de ancho y 1-9-2.4 cm, cara abaxial con tricomas glandulares largos, blancos y unicelulares, color verde apagado o amarillento, ápice obtuso, base desigual y superficie inferior densamente pilosa, margen aserrado, envés panoso blanco (Mendoza, 2012).
- c. Inflorescencia:** Inflorescencia erecta (con 1 o 2 flores) o colgante (con 1-8 flores), de 0.1 a 5.1 cm de largo; brácteas florales lanceoladas, denticuladas de 2mm de longitud (Simpson, 1979).
- d. Fruto:** Los frutos son arquenios indehiscentes, monospermos de color castaño claro, el fruto es una drupa de cuatro aristas con cortos agujones, el fruto de la especie *Polylepis tomentella* mide aproximadamente 0.2- 0.78 cm ancho por 0.3-0.9 cm de largo (Vega et al., 2018).
- e. Semillas:** Semillas más o menos fusiformes, con testa delgada o subcoreacea, mide en promedio  $3.5 \pm 4.8$  mm de largo y  $1.8 \pm 2.9$  mm de ancho (Vega et al., 2018)

#### 2.2.4. Ecología de los bosques de *Polylepis*

La variabilidad morfológica que presenta el género *Polylepis* es un indicativo de la gran amplitud ecológica, siendo diversos los hábitats donde se extienden estos bosques, desde regiones húmedas hasta regiones secas, proporcionando servicios ambientales y socioeconómicos (Morales, Aragón, & Silvia, 2015).

Los suelos del género *Polylepis* se caracterizan por ser superficiales no salinos, pH ácido, textura franco – arenosos, con niveles altos de materia orgánica y una limitada disponibilidad de nutrientes (Cuyckens & Renison, 2018). La vegetación acompañante en los bosques de *Polylepis* de las zonas altas y secas está comprendida por una gran cantidad de especies arbóreas y arbustivas, entre ellas especies de *Miconia*, *Brachyotum*, *Solanum*, *Saracha*, *Myrica pubescens*, *Sebastiania brasiliensis*, *Schinus spp*; además de especies leñosas mencionadas anteriormente, los bosques de *Polylepis* albergan plantas herbáceas como *Festuca*, *Calamagrostis*, *Stipa*, *Muhlenbergia*, *Eupatorium*, *Bacharis* y *Agrostis*, *Sisyrinchium*, *Polystichum*, *Asplenium*, *Calceolaria*, *Gentianella*, *Bartsia*, *Lepidium*, *Oxalis*, *Berberis* (Kessler, 2006; Morales, 2015).

### 2.2.5. Propagación del género *Polylepis tomentella* W.

El género *Polylepis* tiene dos métodos de reproducción: reproducción sexual, proveniente de semillas, y la reproducción asexual, mediante de partes vegetativas de la planta, como tallos, hojas o raíces se ponen en contacto con el suelo y echan raíces (Trevizan & Aguilar, 2019).

La especie *Polylepis tomentella* posee altos porcentajes de semillas vacías llegando al 84%, el cual genera una baja capacidad germinativa. Resultados de investigación demostraron porcentajes de germinación de 3.1% (Vega et al., 2018); por consiguiente, el éxito de la propagación sexual dependerá principalmente de la semillas viables existentes y de condiciones ambientales adecuadas. No obstante, Vega et al.(2007) indica que la propagación vegetativa del especie *P. tomentella* obtuvo individuos más vigorosos, con importante tasa de establecimiento y desarrollo radicular.

**a. Propagación sexual:** La propagación sexual se refiere a la propagación por medio de semilla, en esta técnica implica la recombinación genética de los progenitores, logrando la probabilidad de una variación entre las nuevas plántulas, sin embargo, la propagación por semillas no garantiza la preservación de los caracteres genéticos seleccionados (Hartmann & Kester, 1998; Basauri, 2017). El éxito de la propagación sexual depende en gran medida de las características fisiológicas y bioquímicas de la semilla, sin embargo, existen algunos factores externos que no siempre favorecen esta situación, como el suelo, el clima, la competencia y la depredación (Castro et al., 2016). La respuesta de las semillas al medio ambiente y las sustancias almacenadas (carbohidratos, lípidos, proteínas) que contiene la semilla es esencial para el establecimiento exitoso de las plántulas hasta que puedan utilizar la luz y convertirse en plantas autótrofas (Osuna, Osuna, & Fierro, 2016).

La serranía presenta gran dificultad para la ubicación de semillas viables en los frutos debido a la dicogamia y polinización anemófila del género *Polylepis* (Vega et al., 2018), es decir presenta, durante la reproducción no se presenta la sincronía entre la liberación del polen y la recepción del estigma, impidiendo que la progenie desarrolle las mismas características de la planta madre,

ocasionando un descendencia heterogénea por ende una pérdida gradual de los materiales promisorios (Cachique, Rodriguez, Ruiz, Vallejos, & Solis, 2011), ello explica la fragmentación de estos bosques, en efecto poblaciones de *Polylepis* reducidos. Por su parte, Vega et al. (2018) en sus investigaciones de biología reproductiva de especies de *Polylepis*, afirma el bajo porcentaje germinativo de sus semillas, para *Polylepis neglecta* registró 10%; *Polylepis papensis* un 8%, *Polylepis incarum* un 2%, asimismo, *Polylepis incana* un 2-15%, *Polylepis tomentella* 3.1% de germinación.

**b. Propagación vegetativa:** La propagación vegetativa es una técnica de reproducción de diversas especies empleando diversas partes vegetativas (tallo, raíces, ramas, hojas) de la planta progenie, los cuales, en contacto con el suelo emiten raíces y brotes a la parte aérea hasta obtener una nueva planta (Rodas, 1988). Ello se debe a que en este proceso no participan células reproductivas y no hay unión de gametos masculinos ni femeninos, por ende no existe reducción cromosómica o meiosis, ocurriendo solo la mitosis, es decir la constitución genética y cualidades heredadas son idénticas al progenitor (Basauri, 2017). En la sierra se practican tres métodos de propagación vegetativa: por esquejes, rizomas, brinzales o acodos, a causa de la carencia de semillas viables, siendo estos métodos de reproducción más comunes y uniformes ahorrándose el periodo de crecimiento juvenil de la especie (Trevizan & Aguilar, 2019). Para Rojas, García, & Alarcón (2004) la propagación por esquejes radica en cortar ramas o brotes, hojas o raíces de la planta madre para posteriormente ubicarlas en una cama enraizadora, además de realizar manejos químicos, mecánicos y cuidados ambientales a fin de conseguir una nuevo biotipo (Samarakoon, Funnell, Woolley, & Morgan, 2015).

La propagación vegetativa a través de esquejes juega un rol importante en programas de plantaciones forestales comerciales como un medio de multiplicación a gran escala, además que permite mantener el genotipo intacto, permitiendo plantaciones con calidad uniforme (Ruiz et al., 2005). Para la propagación vegetativa se ha demostrado que el uso de material juvenil es más eficiente en numerosos estudios (Leakey et al., 1990; Mesen, 1998; Solis et al.,

2019). Asimismo, para considerar un sistema apropiado de propagación se debe obtener un porcentaje de enraizamiento por encima del 70% (Leakey et al., 1990; Basauri et al., 2019). Son varias las razones y utilidades que el método de la propagación vegetativa brinda. Entre estas se encuentra una reproducción uniforme y masiva, conservando las características heredadas del progenitor, es decir la pureza genética, logrando con la conservación y continuidad del progenitor (Quispe, 2013).

La reproducción vegetativa es uno de los métodos de producción y conservación más importantes de la especie arbórea silvestre, nativa y amenazada (Azad et al., 2018). Según Hartmann y Kester (1998) y Kettenhuber et al. (2019) señalan que en la mayoría de las especies leñosas, el método de la propagación vegetativa por estacas es uno de los métodos más eficientes en términos de rapidez, manejo y costo. Respecto al material vegetativo, se debe tener en cuenta otros factores que influyen en gran medida el enraizamiento de los esquejes, entre ellas está la posición del esqueje en la rama (Ibrahim et al., 2015), ya que por, cada posición varía en la cantidad de reservas, distinción de tejidos celulares y grado de lignificación, a su vez Hartmann & Kester (1998) afirma que las condiciones fisiológicas de la planta madre y las condiciones ambientales mejoran los resultados en la propagación vegetativa. Por su parte, Leakey y Mohammed (1985) y Rocha et al. (2019), indican que el enraizamiento de las estacas o esquejes puede mejorar de diversas maneras, entre ellas está la aplicación de auxinas, reguladores de crecimiento y cofactores de enraizamiento; también se puede físicamente regular la longitud de estaca, área foliar, tipo de corte en la base y finalmente se puede manipular las condiciones ambientales de enraizamiento tales como el contenido de la humedad, luz, temperatura y sustrato.

#### **2.2.6. Bases fisiológicas de la propagación vegetativa**

El proceso de formación de raíces adventicias en un esqueje comprende una serie de procesos fisiológicos y anatómicos realizada por acciones combinadas entre las auxinas y los cofactores fenólicos de enraizamiento que se promueven en las hojas y las yemas (Basauri, 2017), siendo los cofactores internos gran influencia en la rizogénesis respecto a la iniciación de las raíces adventicias (Hartmann y Kester, 1998). El proceso de la emisión de raíces o la rizogénesis consiste en el transporte

de auxinas y los cofactores fenólicos, por parte de las yemas y las hojas respectivamente, hacia la parte inferior del esqueje. La auxina y los cofactores fenólicos, este denominado así por la estructura de fenoles que presenta, con la ayuda de una enzima llamada polifeniloxidasas forman un complejo llamado complejo fenol-auxina el cual obliga a células cercanas a los vasos conductores a formar grupos de células llamados primordios radicales los cuales se dividen constantemente formando así las raíces adventicias y finalmente emitiéndolas al exterior (Hartmann & Kester, 1998; Cerdá, 2013).

Para explicar fisiológicamente la emisión de raíces se hace referencia a la teoría de la rizocalina de Bouillene, en la que señala que un compuesto fenólico no específico (dihidroxifenol) opera como cofactor de enraizamiento (Justamante et al., 2017). La iniciación de primordios de raíz en las estacas requieren de carbohidratos y energía, pues asumiendo que las sustancias lipídicas no se encuentran en alta concentración en los tallos (Samarakoon et al., 2015), además de que la degradación de carbohidratos se constituye probablemente la única fuente de energía en los esquejes para iniciar el proceso de la rizogénesis, señalándose al almidón, en caso que esté presente, como principal fuente de energía para la génesis y desarrollo de las raíces adventicias (Veierskov, 1988), y si existe diferencias en el enraizado de las estacas se deben al contenido endógeno de los fitohormonas, y ello es posible reducir mediante la aplicación exógena de fitohormonas (Ruiz, 2009).

#### **2.2.7. Fitohormonas enraizantes químicos**

La propagación vegetativa también está influenciado por numerosas sustancias de síntesis natural, nombrada como fitohormonas, y otras hormonas sintéticas denominadas regulares de crecimiento (Hartmann & Kester, 1998).

Los reguladores de crecimiento son compuestos orgánicos distintos a los nutrientes en pequeñas cantidades que pueden estimular, inhibir o cambiar cualquier proceso fisiológico de la plantas, siendo la auxina la sustancia más importante para promover la formación de raíces adventicias e incrementar su capacidad de enraizado (Basauri, 2017).

La aplicación de reguladores del crecimiento es uno de los métodos más comunes para inducir la formación de raíces adventicias; sin embargo, la aplicación de estos reguladores de crecimiento debe tener un equilibrio entre promotores e inhibidores (auxina, giberelinas, citoquininas/ácido abscísico). La manera más común para equilibrar esta situación es la aplicación exógena de los reguladores de crecimiento sintético, como el ácido indolbutírico (AIB), ácido indolacético (AIA), y el ácido naftalenacético (ANA) que pueden elevar la concentración y contenido de la fitohormona denominada auxina en el tejido y generando mayor porcentaje de establecimiento, además de la calidad en cortos periodos de tiempo y a una mayor uniformidad posible en el enrizamiento Wendiling *et al.*, 2000 citado por Paredes (2011). La auxina es una hormona vegetal involucrada en una amplia variedad de mecanismos biológicos, como procesos celulares básicos, formación de órganos, elongación celular y el crecimiento diferencial (McSteen, Scheres, & Yunde, 2013), así como el transporte de carbohidratos y cofactores foliares hacia la base del esqueje, donde se promueve el iniciación y desarrollo de las raíces adventicias (Haissig, 1974). La síntesis de auxina se lleva a cabo principalmente en los meristemas apicales de órganos aéreos, como yemas para incubar, hojas jóvenes, pedúnculo en crecimiento, flores e inflorescencias (Jordán y Casaretto, 2006).

Las auxinas se aplican de muchas formas, pero el método más común suele ser la impregnación del talco en la base del esqueje (Mesen, 1998), el propósito de tratar los esquejes con hormonas de crecimiento es aumentar la tasa de enraizamiento, además de reducir el tiempo de enraizamiento a fin de aumentar y mejorar la calidad de las raíces formadas (Hartmann & Kester, 1998). La propagación vegetativa y la aplicación de reguladores de crecimiento, en especial la auxina sintética ácido indolbutírico (AIB) es una técnica prometedora para la mayoría de especies, dado que la auxina AIB es una sustancia fotoestable, no tóxica, de acción localizada y es menos sensible a la degradación biológica (Castro et al., 2016). El ácido indol butírico es un producto de síntesis del tipo auxina con excelente acción rizogénica, Gárate (2010) citado por Basauri (2017) a través de varias investigaciones se considera que solo las auxinas promueven la formación adventicia de las raíces en los esquejes (Leakey et al., 1990; Mesen, 1993; Soudre et al., 2011; Jannat et al., 2017).

El ácido indol butírico (AIB) posee ventajas por eso la mayoría de las especies forestales enraízan bien en un amplio rango de concentraciones 0.02% a 0.3% de AIB, aunque algunos pueden requerir dosis mayores o menores (Mesen, 1998; Soudre et al., 2011; Cornejo, 2018; Ramirez, 2019; Zavaleta, 2019). Rapid Root es un producto comercial a base de ácido indol 3 butírico, producto regulador responsable de inducir el rápido crecimiento radicular de estacas y esquejes en diversas especies de plantas. Según la empresa CONAGRA titular de registro, fabricante Moreinc. Gardena C.A., el producto está compuesto por ácido indol 3 butírico a 3,0 g/Kg e ingredientes inertes a 997,0 g/Kg. La mayoría de las especies forestales presentan mejor resultados de enraizamiento con dosis de AIB, requiriendo algunas especies mayor o menos dosis (Basauri, 2017; Márquez, 2017; Ruiz, 2016)

#### **2.2.8. Fitohormonas enraizantes orgánicas**

El uso de fitorreguladores para la formación de raíces adventicias en la propagación vegetativa ha demostrado tener buenos resultados, sin embargo, el empleo de estas sustancias sintéticas químicamente, incrementan los costos de producción, además se ha demostrado que no todos estos compuestos promueven un enraizamiento adventicio (Hartmann y Kester, 1998). Por su parte, (Fadl y Hartmann, 1967), señala que las plantas de fácil enraizamiento de forma natural endógenamente presentan en diferentes concentraciones fitohormonas auxínicas y compuestos fenólicos que actúan como cofactores del enraizamiento adventicio, estimulando la formación de raíces. El ácido indolbutírico AIB, también se puede aislar a partir de hojas y semillas del genero *Salix* (Hopkins & Huner, 2009).

En ese contexto, Medina (2016), indica que la *Salix chilensis*, es una especie de fácil enraizamiento, relacionando esta característica con la presencia de una concentración elevada de auxinas endógenas y fenoles. El mismo autor, afirma que el extracto de *Salix chilensis* promueve el enraizamiento de esquejes de *Vigna radiata*, ya que determino la presencia de auxinas y fenoles en una concentración de 0.34 mg/g de peso seco y 5.51 mg ácido gálico/g de peso seco. Varias investigaciones consideran que las hormonas enraizantes orgánicas de tipo auxínica promueven mejor el enraizamiento de esquejes, dentro de ellos está el extracto de sauce.

El sauce (*Salix sp.*) tiene propiedades inherentes, satisfactorias como enraizador, el extracto se puede obtener a través del machacado de sus hojas y tallos o infusión de hojas y tallos. Los estudios realizados concluyen que con su uso se logra una mayor aptitud propagativa de los esquejes (Challco, 2011; Condori, 2006; Huarhua, 2017; Pizarro, 2017; Quispe, 2013, Medina, 2016).

#### **2.2.9. Factores bióticos para el enraizamiento de los esquejes**

**a. Época de recolección:** Las plantas en la primavera se encuentran en la fase de crecimiento activo y con gran producción hormonal y asimilación de nutrientes (Hartmann y Kester, 1998). La época más recomendada para la recolección de esquejes son entre los meses de diciembre a febrero (temporada de lluvias), es entonces cuando las raíces preformadas son más visibles en los entrenudos (Pretell et al., 1985).

**b. Selección de árboles progenitores:** Es uno de los factores importantes para la propagación vegetativa. El éxito de la rizogénesis depende de factores propios de la estaca y que la influencia del árbol madre juegan un rol importante (Santelices & Garcia, 2003). La selección del árbol madre debe ser sobresaliente, el cual se manifieste fenotípicamente superior al resto de los individuos de la especie, ser dominante y encontrarse en rosales coetáneas de densidad uniforme (Morales, 2016). Además, en la propagación vegetativa el biotipo u origen del material vegetativo debe encontrarse libres de enfermedades y plagas, además de manifestar un crecimiento vegetativo activo y una alta capacidad de regeneración (Coimbra, Alves, De Asis, & Wendling, 2016).

La edad de la planta madre también influye en el enraizamiento, porque las esquejes recolectadas de árboles con aspecto de juvenilidad posee mayor capacidad en la formación de raíces, ya que es posible que con el pasar de los tiempos lleguen a acumularse inhibidores de enraizamiento como los fenoles, o bien disminuyan otros tipo de sustancias que favorecen en la iniciación de raíces (Ruiz, 2009). La nutrición de la planta madre puede ejercer mayor efecto en la formación y desarrollo de raíces, este efecto puede estar asociado con ciertas relaciones carbohidratos/nitrógeno (Hartmann & Kester, 1998).

**c. Secciones de la rama seleccionada:** Los esquejes deben seleccionarse de ramas leñosos juveniles, asimismo presentar protuberancias o raíces preformadas, en experimentos de enraizamiento de esquejes, los resultados afirman una marcada superioridad de enraizamiento de las ramas basales que las ramas apicales, ellos puede atribuirse a la razón de la existencia de mayor concentración de sustancias endógenas promotoras de enraizamiento (Hartmann & Kester, 1998). La capacidad de enraizamiento depende de la posición del esqueje a razón de la distribución desigual de fitohormonas y reservas de nutrientes en la planta madre (Santelices & Garcia, 2003). Durante la obtención del material vegetativo, los cortes deben ser limpios y sin desgarrones de preferencia con sierra de podar para reducir el mínimo el daño a los arboles “semilleros” (Chater, Merhaut, Preece, & Blythe, 2017).

El mayor número de raíces emitidas y la alta capacidad de reiniciación del crecimiento de la parte aérea son influenciados debido a la cantidad de reservas presentes en el esqueje donde existe una relación positiva del contenido de carbohidratos con la capacidad de enraizado, además es común la existencia de un gradiente en la concentración de carbohidratos desde el ápice hasta la base de los tallos (Ruiz y Mesén, 2010), dado que las estacas más gruesas y provenientes de la porción basal de las ramas tienden a acumular un mayor cantidad de carbohidratos de reserva y eventualmente bajo la aplicación de sustancias promotoras del enraizamiento presentan mayor probabilidad de inducir y emitir raíces adventicias (Hartmann & Kester, 1998).

**d. Longitud y diámetro del esqueje:** Leakey y Mohammed (1985) aduce que uno de los factores en el influencia en la longitud de raíces es la elongación del material vegetativo, pues a medida que incrementa la elongación del material vegetativo incrementa la longitud y numero de raíces en la estaca, además del porcentaje de enraizamiento, ello debido a la existencia de una mayor capacidad de almacenaje de productos fotosintéticos y de un equilibrio en el contenido hídrico y de la auxina AIB de las estacas. La longitud del esqueje recomendable es de 5 hasta 15 cm. de largo y de 1.5 hasta 2.0 cm. de diámetro aproximadamente (Ayma, 2015).

### 2.2.10. Factores abióticos para el enraizamiento de los esquejes

- a. **Temperatura:** Las altas temperaturas tienden a incitar el desarrollo de las brotes antes del desarrollo de las raíces adventicias, en consecuencia aumenta la pérdida de líquido mediante las hojas debido al aumento de la transpiración, provocando el necrosamiento (Hartmann & Kester, 1998; Fachinello et al., 2005). Para esquejes en enraizamiento, la mayor de las especies son satisfactorias a temperaturas de aproximadamente de 21 a 27 °C durante el día y 15°C por la noche, sin embargo, algunas especies emiten las raíces en mayor cantidad a temperaturas más bajas (Hartmann & Kester, 1998).
- b. **Luminosidad:** En el proceso de enraizado de esquejes, los productos de la fotosíntesis son significativos para la iniciación, elaboración de carbohidratos, crecimiento de las raíces y sustento de los esquejes (Arancibia, 2017). El efecto de la luz en los esquejes se atañe a la intensidad, tiempo de insolación y la calidad de la luz, cuyas necesidades son variables según especie (Xavier, 2002; citado por Ruiz, 2009).
- c. **Humedad:** Para lograr un buen enraizamiento de esquejes es preciso evitar la evapotranspiración y mantener el ambiente húmedo para mantener la turgencia de las células del tejido de los esquejes (Morales, 2016); la presencia de hojas en los esquejes se deben al energético estímulo para la iniciación de raíces adventicias, ya que la pérdida de agua por las hojas significaría reducción del contenido de líquido en los esquejes hasta ocasionar la muerte antes de la formación de las raíces adventicias (Quispe, 2013). Una de las principales causas de muerte de las estacas antes de la formación de raíces es la pérdida de agua, ya que, en el proceso de la división celular, es imprescindible que las células del tejido del esqueje deben mostrar turgencia (Norberto, 1999; citado por ( Ruiz, 2009).
- d. **Sustrato:** El medio de enraizamiento, es uno de los factores importantes, para obtener buenos resultados es necesario que el medio debe ser suficientemente firme, denso, poroso, libre de malezas y patógenos (Richards *et al*, 1964; citado por Paredes, 2011). Para el desarrollo de los esquejes el sustrato debe ser suelto, limpio y húmedo a fin de admitir el intercambio gaseoso y permitir la introducción de las raíces y el desarrollo del plantón (Román, 2014); así mismo, para prevenir la presencia de larvas de insectos y hongos en el medio

de enraizamiento las cuales posiblemente dañen a las plántulas se recomienda efectuar una previa limpieza del sustrato (Huarhua, 2017).

#### 2.2.11. Estimación de la rentabilidad económica

- a. **Ingreso o beneficio bruto:** El ingreso bruto indica el valor monetario conseguido al multiplicar los porcentajes de enraizamiento o establecimiento de los esquejes de la producción de plántulas por el precio de ese producto en el mercado local (Morín, 2017).
- b. **Costo de producción:** El costo de producción representa a la valorización que se realiza en la adquisición de materiales directos e indirectos para la producción de bienes y servicios (Jimenez, 2008).
- c. **Costos fijos:** Los costos fijos definen los costos que existen independientemente del volumen o tipo de producción en un periodo determinado, estos costos no tienden a variar a través de la aplicación de diversas alternativas como por ejemplos: la depreciación de equipos y edificaciones, el pago de alquiler y algunos impuestos utilizados durante la producción de bienes o servicios (Herrera, et al., 1994).
- d. **Costos variables:** Los costos variables son aquellos que cambian de proporción directa con los volúmenes de producción y ventas, están relacionados con la utilización de insumos o factores de producción que varían de una elección a otra, por ejemplo, los insumos que se utilizan como fertilizantes, hormonas de crecimiento o algún aditivo a la producción (Jimenez, 2008).
- e. **Beneficio neto:** El beneficio neto está referido a la compensación de todos los recursos monetarios que se manejaron y suministraron durante la producción de bienes o servicio (Mete, 2014).
- f. **Rentabilidad:** La rentabilidad es una medida relativa del beneficio neto, es la comparación de las utilidades netas obtenidas en la empresa con las ventas, con la inversión realizada (Morillo, 2001). La rentabilidad tiene como finalidad manifestar con exactitud como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida (Arenas et al., 2013); así mismo, es referida a la medida de los activos de una empresa para generar valor con independencia de la cantidad invertida (Sánchez, 2002).

## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. **Ámbito de estudio**

El estudio de investigación fue realizado en las instalaciones del vivero forestal Alto Huenque, ubicado en el Centro Poblado Rosario de Sorapa, distrito de Juli, provincia Chucuito, región Puno. El área del experimento geográficamente se ubica a 429130.07 m Este y 8184758.23 m Sur (Coordenadas UTM, Datum WGS 84 y Zona 19S) a una altitud de 4304 m.s.n.m. (anexo 1).

##### 3.1.1. **Condiciones climáticas**

Las condiciones climáticas están dadas de acuerdo a la tabla 2, correspondiendo a los meses de ejecución del estudio. Los datos meteorológicos de temperatura, humedad y precipitación fueron obtenidos del registro de SENAMHI-Puno de los meses de enero a marzo del año 2020, se detalla en el anexo 2.

#### 3.2. **Población y muestra**

##### 3.2.1. **Población**

La población total está conformada por 648 esquejes de queñua (*Polylepis tomentella*), distribuidas en 36 unidades experimentales con 18 esquejes por unidad experimental, se realizó 4 repeticiones cada uno de ellas con 9 tratamientos.

##### 3.2.2. **Tipo y diseño de investigación**

La presente investigación es de tipo experimental, porque está dirigido a responder el efecto de las fitohormonas enraizantes orgánicas y químicas en la propagación vegetativa de queñua (*Polylepis tomentella* W.) bajo condiciones controladas en vivero.

El diseño de la investigación corresponde a bloques completamente al azar (DBCA), con arreglo factorial de 2 factores (AxB), con tres niveles para el factor fitohormona enraizante (A) y tres niveles para el factor sección de la rama (B); con cuatro repeticiones y 9 tratamientos. La comparación de medias se realizó a través de la prueba de Duncan a un nivel de significancia de 0.05 de probabilidad.

### 3.2.3. Tamaño de la muestra

El tamaño de las muestras para la evaluación de las variables en estudio se aplicó la fórmula de tamaño de muestra. Según el cálculo realizado, el tamaño de muestra a considerarse fue de 14 plántones por tratamiento.

$$n = \frac{Z^2 \times N \times P \times q}{e^2 \times (N-1) + (Z^2 \times P \times q)} \quad (1)$$

n= tamaño de muestra a evaluar

Z= nivel de confianza (95%=1.96)

N= total de población (18 plántones por cada tratamiento)

P= proporción esperada (5%=0.05)

q= 1-P (1-0.05=0.95)

e= error de estimación (5%=0.05)

### 3.2.4. Componentes en estudio

Los factores y subniveles que se estudiaron en la presente investigación son:

#### - Factor A: fitohormonas enraizantes

(FST)<sub>0</sub> : Sin fitohormona enraizante (testigo).

(FOS)<sub>1</sub>: Con fitohormona enraizante orgánico (extracto de sauce)

(FQR)<sub>2</sub>: Con fitohormona enraizante químico AIB (rapid root)

#### - Factor B: Secciones de la rama

(SEB)<sub>0</sub>: Sección basal de la rama

(SEM)<sub>1</sub>: Sección media de la rama

(SEA)<sub>2</sub>: Sección apical de la rama

### 3.2.5. Tratamientos en estudio

Tabla 2

*Descripción de los tratamientos en estudio.*

Trat.	Código	Descripción
T <sub>1</sub>	(FST) <sub>0</sub> (SEB) <sub>0</sub>	(sin fitohormona enraizante) + (sección basal)
T <sub>2</sub>	(FST) <sub>0</sub> (SEM) <sub>1</sub>	(sin fitohormona enraizante) + (sección medio)
T <sub>3</sub>	(FST) <sub>0</sub> (SEA) <sub>2</sub>	(sin fitohormona enraizante) + (sección apical)
T <sub>4</sub>	(FOS) <sub>1</sub> (SEB) <sub>0</sub>	fitohormona enraizante orgánico (extracto de sauce) + (sección basal)
T <sub>5</sub>	(FOS) <sub>1</sub> (SEM) <sub>1</sub>	fitohormona enraizante orgánico (extracto de sauce) + (sección medio)
T <sub>6</sub>	(FOS) <sub>1</sub> (SEA) <sub>2</sub>	fitohormona enraizante orgánico (extracto de sauce) + (sección apical)
T <sub>7</sub>	(FQR) <sub>2</sub> (SEB) <sub>0</sub>	fitohormona enraizante químico AIB (Rapid root) + (sección basal)
T <sub>8</sub>	(FQR) <sub>2</sub> (SEM) <sub>1</sub>	fitohormona enraizante químico AIB (Rapid root) + (sección medio)
T <sub>9</sub>	(FQR) <sub>2</sub> (SEA) <sub>2</sub>	fitohormona enraizante químico AIB (Rapid root) + (sección apical)

### 3.3. Materiales y equipos

#### 3.3.1. Insumos

Los insumos utilizados para la ejecución del experimento en el vivero fueron extracto de sauce, rapid root (ácido indolbutírico) a 3g/Kg de CONAGRA, arena de río fina, suelo agrícola y cloro al 4% para la desinfección del sustrato.

#### 3.3.2. Materiales

Los materiales utilizados fueron tijera de podar, bolsas de polietileno, malla rachell 95%, flexómetro 10 m, regla milimetrada, manguera 30 cm, pala, zarandas, recipientes de 20 L, regadera, bandejas y libreta de campo.

#### 3.3.3. Equipos

Los equipos utilizados en la ejecución del experimento fueron cámara fotográfica Canon, balanza gramera (1000 g), Laptop Toshiba.

### **3.4. Metodología**

#### **3.4.1. Comparación del efecto de la fitohormona enraizante orgánica y química en la propagación vegetativa por esquejes de queñua**

Para comparar el efecto de las fitohormonas enraizantes en la propagación vegetativa de los esquejes se realizó el siguiente procedimiento.

- a. Preparación del sustrato y embolsado:** El sustrato estuvo conformado por suelo agrícola y arena de río; el suelo agrícola se obtuvo del mismo lugar de estudio, vivero forestal Alto Huenque; también se utilizó arena extraída del río. Posteriormente se realizó la desinfección de la arena con la aplicación de cloro al 4% de concentración en 20 litros de agua a fin de prevenir la presencia de larvas de insectos y hongos dañen las plántulas. Para proceder a la preparación del sustrato, el suelo agrícola fue tamizado, a fin de despejarlo de gravas gruesas, mezclándolo seguidamente con arena en proporción 3:1 respectivamente, en seguida se procedió a la homogenización completa (Cano, 2020). El embolsado del sustrato preparado se ejecutó de forma manual en las bolsas de polietileno, cuyas dimensiones fueron 12 x 17 cm. Por último, las bolsas fueron distribuidas de acuerdo al diseño de la investigación (anexo 5).
  
- b. Preparación de la cama en el vivero:** La cama del vivero cuenta con un área de 10 m<sup>2</sup> y las labores que se realizaron fueron el nivelado y relleno de la base con arena y grava de aproximadamente 5 cm para permitir el drenaje del exceso de agua durante el riego (INIA, 2014) . Paralelo a ello se implementó el tinglado a base de arcos de ciprés cubierta con malla raschel logrando una sombra de 80%.
  
- c. Recolección y selección de la muestra:** Para la obtención de esquejes se recolectaron ramas de queñua del distrito de Capazo, ubicado en la provincia de El Collao, donde se eligió esquejes o biotis a partir de árboles madre que manifiesten condiciones fenotípicas apropiadas, con alturas mayores a 2 m, además de estar libres de ataques o indicios de enfermedades o plagas (Cornejo, 2018). Las ramas se seleccionaron a primeras horas de la mañana, obteniéndose de diferentes partes del árbol, principalmente aquellas que emerjan de la rama principal (Hartman & Kester, 1996). Posteriormente, las ramas recolectadas

fueron transportadas en una caja térmica con agua hacia el vivero, con el fin de mantener el vigor y turgencia del material vegetal. En el vivero se procedió a cortar en forma oblicua en la base, conteniendo al menos dos yemas y dos pares de hojas a fin de evitar la transpiración excesiva (Castro et al., 2016). Los cortes se separaron en tres secciones: basal, media y apical de la rama utilizando una tijera de podar, permaneciendo listas para entrar en contacto con las fitohormona enraizadoras (Paredes, 2011).

**d. Preparación y aplicación de las fitohormonas enraizantes orgánicas y químicas:** La preparación del extracto de sauce se realizó siguiendo la metodología descrita por Huarhua (2017). La fitohormona enraizante orgánica (extracto de sauce), se preparó a base de tallos y hojas de sauce recolectadas del distrito de Moho, seguidamente se realizó el licuado a una relación de 2,5 kilos de sauce en 4 litros de agua, obteniendo una solución acuosa, una vez obtenida la solución se dejó reposar durante 24 horas para obtener una mayor concentración de las fitohormonas. Al día siguiente, se aplicó la solución obtenida (extracto de sauce) en las tres secciones (basal, media y apical) de la rama, los esquejes fueron sumergidos 5 cm del extremo basal a la solución preparada durante 24 horas (Aquino, 2020; Quispe, 2013; Huarhua, 2017).

En cuanto, a la fitohormona enraizante químico, se utilizó el producto comercial rapid root (3000 ppm de AIB) que tiene como componente activo el ácido indol-3-butírico. El método de aplicación de la fitohormona enraizante químico (AIB rapid root) consistió en la impregnación directa del polvo (aproximadamente 2 a 4 cm) a las secciones (basal, media y apical), seguidamente se procedió al trasplante de los esquejes al sustrato (Basauri, 2017; Canchan, 2017; Márquez, 2017; Paredes, 2011).

**e. Trasplante de los esquejes en el sustrato:** Antes del trasplante de los esquejes se realizó el riego ligero al sustrato embolsado, posteriormente se realizó hoyos en el centro del sustrato de aproximadamente 5 cm de profundidad de forma inclinada a fin de introducir los esqueje de queñua, debido a que los esquejes de muestran una curvatura en los tallos (Ayma, 2015). Cabe mencionar que los esquejes fueron distribuidos de acuerdo al diseño experimental.

**f. Evaluación de variables :** La evaluación del porcentaje de establecimiento se realizó por observación directa cada 30 días hasta llegar a los 90 días después del trasplante de los esquejes, donde se registró el número de plántones vivos, posteriormente se determinó el porcentaje de establecimiento, utilizando la fórmula de establecimiento (Huarhua, 2017).

$$\%P = \frac{NPV}{NPT} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

%P = Porcentaje de plántones vivos

NPV = Numero de plántones vivos

NPT = Numero de plántones totales

### **3.4.2. Determinación de la aptitud propagativa de tres secciones de la rama (basal, media y apical) de queñua.**

Para determinar la aptitud propagativa de los tres secciones de la rama de queñua se evaluó la variable número de raíces, longitud de raíz, numero de brotes y longitud de brote, teniendo en cuenta el tamaño de muestra (14 plántones por tratamiento).

**a. Número de raíces (unidad):** El número de raíces se evaluó a los 30, 60 y 90 días después del trasplante, la evaluación consistió en la selección de plántones por tratamiento y repetición, para lo cual se retiró de las bolsas cuidadosamente, el registro se realizó por conteo simple (Espejo, 2015).

**b. Longitud de raíz (cm):** La evaluación de la longitud de raíz a los 30, 60 y 90 días después del trasplante, el registro se efectuó con el uso de una regla desde la base del esqueje hasta el ápice de la raíz más larga (Catunta, 2015).

**c. Número de brotes (unidad):** El registro acerca del número de brotes aéreos emitidos por el esqueje se realizó cada 30 días hasta el término del experimento, a través del conteo simple, considerando como esqueje brotado el que presento al menos un brote aéreo de 3 mm de longitud (Ruiz, 2009).

**d. Longitud de brote (cm):** El registro respecto a la longitud de brote se evaluó a 30, 60 y 90 días después del trasplante, el registro se efectuó con la utilización de una regla milimetrada (Canchan, 2017).

### 3.4.3. Estimación de la rentabilidad económica con uso de la fitohormona orgánica y química

Para estimar la rentabilidad económica de viveros, según Alvidrez et al. (2011), primero se debe determinar el costo total de producción de plántulas de queñua se efectúa a través de la suma de los costos fijos y los costos variables, utilizando la siguiente fórmula:

$$CT = CVT + CFT \quad (3)$$

Donde:

CT: costo total

CVT: costo variable total

CFT: costo fijo total

El beneficio neto se obtuvo mediante la resta del ingreso bruto y los costos totales:

$$\text{Beneficio neto} = \text{ingreso bruto} - \text{costos totales} \quad (4)$$

Finalmente se estimó la rentabilidad mediante la relación beneficio neto y costos totales de producción (Paredes, 2011).

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{beneficio neto}}{\text{costo totales}} \times 100 \quad (5)$$

### 3.5. Análisis estadístico

El análisis estadístico de las variables en estudio fueron evaluado y procesados en el software Excel versión 2018 y seguidamente sometido a un análisis de varianza y prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) en el software InfoStat versión 2020.

Previo al análisis de varianza de los datos obtenidos de la variable porcentaje de establecimiento fueron transformados mediante arcoseno  $\sqrt{x/\%}$ , y las variables número de brotes y raíces mediante  $\sqrt{x + 0.5}$ , y para las variables longitud de raíz

y brote se realizó una transformación logarítmica con la formula  $\lg 10$ , todo ello para verificar si la presuposición de normalidad es atendida (Snedecor & Crocan, 1980; Zavaleta, 2019). Las medias de los tratamientos fueron comparados estadísticamente por la prueba de Duncan a 5% de significancia ( $P < 0.05$ ).

El modelo estadístico de los diseños de bloques completamente al azar se expresa a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \delta_k + \varepsilon_{ijk}$$

Con  $i = 1, 2$  y 3 tipo de fitohormona enraizante en el esqueje

$j = 1, 2$  y 3 secciones de la rama

$k = 1, 2, 3$  y 4 bloques

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Respuesta al tratamiento

$\mu$  = Efecto de la media general

$\alpha_i$  = Efecto del factor A

$\beta_j$  = Efecto del factor B

$(\alpha\beta)_{ik}$  = Efecto de la interacción del factor A\*B

$\delta_k$  = Efecto de los bloques (C)

$\gamma_{ij}$  = Efecto del error experimental

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental

Tabla 3

*Esquema del análisis de varianza del modelo de diseño de bloques completamente al azar*

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc
Bloques	j-1	SCB	CMB	
Fitohormona enraizante	i-1	SCTA	CMTri	CMA/CMR
Sección de la rama	k-1	SCTB	CMTrk	CMB/CMR
Interacción	(i-1)(k-1)	SC(AB)	CM(AB)	CM(AB)/CMR
Error	(j-1)(t-1)	SCTR	CMR	
Total	ij-1	SCTotal		

**Fuente:** Silva, 2015.

Donde:

- SCB : suma de cuadrados de los bloques
- SCTA : suma de cuadrados del factor A
- SCTB : suma de cuadrados del factor B
- SC (AB) : suma de cuadrados del factor Ax B
- CMB : cuadrado medio de los bloques
- CMTri : cuadrado medio del factor A
- CMTrk : cuadrado medio del factor B
- CM (AB) : cuadrado medio del factor Ax B

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Comparación del efecto de la fitohormona enraizante orgánica y química en la propagación vegetativa por esquejes de queñua.

##### 4.1.1. Porcentaje de establecimiento

En la tabla 4, se muestra los resultados del análisis de varianza de la variable porcentaje de establecimiento con un nivel de significancia del 95% para comparar el efecto de los factores fitohormona enraizante y sección de la rama sobre el porcentaje de establecimiento. El análisis del factor fitohormona enraizante señala el estadístico  $p = 0.0150$ , resultado menor a 0.05 indicándonos diferencias significativas entre los tratamientos, por ende se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, donde indica que existe diferencias significativas en el porcentaje de establecimiento debido a la aplicación de las fitohormonas enraizantes. Por otro lado, el factor sección de la rama resultó el estadístico  $p$  superior a 0.05, es decir, no se existe diferencia significativa entre los tratamientos siendo sus efectos homogéneos en el porcentaje de establecimiento; del mismo modo la interacción de los factores AxB no se halló diferencias significativas estadísticamente entre los tratamientos, es decir, el comportamiento de ambos factores fueron homogéneos.

Tabla 4

*Análisis de varianza del porcentaje de establecimiento en la propagación vegetativa de queñua.*

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p- valor	
Bloque	1.19	3	0.04	0.55	0.6526	NS
Fitohormona enraizante	7.25	2	3.62	5.03	0.0150	S
Sección de la rama	4.16	2	2.08	2.89	0.0751	NS
AxB	0.43	4	0.11	0.15	0.9620	NS
Error	17.29	24	0.72			
Total	30.31	35				
C.V. %	10.48					

El coeficiente de variación (CV) determinado para el porcentaje de establecimiento fue 10.48 %, resultado aceptable según la escala de calificación para experimentos en campo como lo señala Gordón & Camargo (2015), el cual considera que los coeficientes de variación inferiores a 10% indican datos con alta precisión experimental, por ende se acepta la validez de presente estudio.

Tabla 5

*Prueba de comparación de medias de las fitohormonas enraizantes con respecto al porcentaje de establecimiento en esquejes de queñua.*

Fitohormona enraizante	Media (%)	Significancia
(FQR) <sub>2</sub>	76.19	a
(FSO) <sub>1</sub>	62.50	b
(FST) <sub>0</sub>	58.93	b

En la tabla 5 y figura 1 según la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) se observa que el mayor porcentaje de establecimiento fue dado por la aplicación de la fitohormona enraizante químico (AIB rapid root) con 76% de establecimiento respecto al tratamiento testigo (58.93%) quien obtuvo el menor porcentaje. El alto porcentaje de establecimiento de los esquejes de queñua se atribuye principalmente al suministro de las hormonas enraizadoras de tipo auxina contenida en el producto enraizador rapid root, encargado de la estimulación de la actividad rizogénica en los esquejes de queñua, ya que, uno de los efectos de las auxinas es la división celular incrementado la capacidad de transporte de los azúcares, carbohidratos y cofactores foliares hacia base del esqueje, promoviendo así el inicio, emisión y desarrollo de las raíces (Leakey et al.,1990). Además el medio de enraizamiento influye positivamente, porque la pérdida de suministro de agua de los esquejes fue lenta evitando el estrés fisiológico y el marchitamiento (Soudre et al., 2011).

El bajo porcentaje de establecimiento posiblemente este asociado al bajo contenido de auxina endógena en la especie, sumado con la no aplicación de las fitohormonas enraizantes encargados de la emisión de raíces adventicias en los esquejes, también eventualmente se deba a la pérdida total de sus hojas originales, ya que un esqueje sin hojas no puede arraigar, pues aunque emita raíces, no puede desarrollarse (Basauri, 2017).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son similares a los reportado por Espejo (2015), quien obtuvo un porcentaje de establecimiento de 73.61% con la aplicación del enraizador rapid root respecto al tratamiento testigo (48.62%) en las esquejes de queñua (*Polylepis racemosa*). Asimismo, Basauri (2017) reporta un porcentaje de establecimiento de 99% en estacas de *Guazuma crinita* M. con la aplicación del aditivo rapid root (AIB en dosis de 3000 ppm) en invernaderos de malla raschel asociado con sustrato jiffy, en comparación al tratamiento testigo quien obtuvo un menor porcentaje de establecimiento (96%). Por su parte Azad et al., (2018) al usar una concentración de 0.8% de AIB informa 86.2 % de establecimiento en estacas de *Sterculia foetida* y sin la aplicación del aditivo AIB obtuvo un 33.1% de establecimiento.

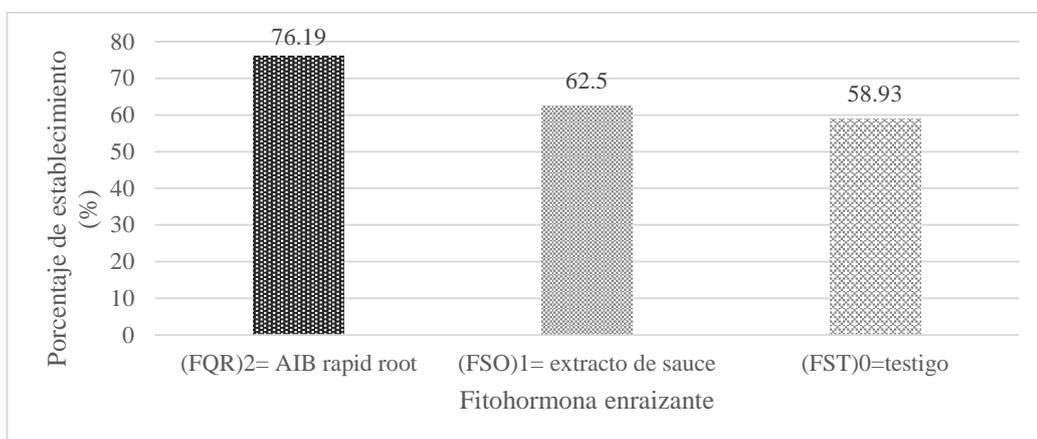


Figura 1: Porcentaje de establecimiento obtenido con la aplicación de las fitohormonas enraizantes.

Solis et al. (2019) refiere que el uso de AIB a 2000 ppm con pellets de jiffy y un riego nebulizado por día en esquejes juveniles indujeron altos porcentajes de establecimiento (93.3%) y la mejor formación de raíces en comparación al tratamiento testigo (46.7%) en el proceso de propagación vegetativa del sachu inchi (*Plukenetia volubilis*). Vallejos, Gonzales, & Arévalo (2014) en su estudio con estacas de tornillo (*C. catenaeformis*) afirma que los mejores rendimientos en porcentaje de establecimiento (94.8%) lo obtuvo con el uso del aditivo AIB a 3000 mg/L aplicados en combinación con 3 folios.

El efecto positivo con la aplicación de la fitohormona enraizante AIB también es informado por Castro et al., (2016) quienes al trabajar con estacas *Bertholletia excelsa* obtuvieron los mejores resultados de establecimiento (58.3%) con estacas sumergidas 1 segundo a 1000 mg/L de AIB respecto al testigo (0%). Asimismo, Cornejo (2018), señala que la aplicación de AIB a 3000 mg/L con sustrato de arena en taquillas de *Dipteryx odorata*, obtuvo los mayores porcentajes de establecimiento (96.3 %) en comparación al tratamiento 0 ppm AIB con sustrato perlita (81.5%).

Los trabajos realizados Azad et al. (2018); Latsaguel, Sáez, & Yáñez (2009); Zavaleta (2019); Solis et al. (2019); Elhaak et al. (2015); Basauri et al., (2019); Vallejos et al. (2014); Latsague et al. (2008); Inga & Paredes (2019) Vernier & Cardoso (2013); Muñoz & Molina (2016); y entre otros demuestran que la estimulación de la fitohormona enraizante química ácido indol-3-butírico (AIB), a diferentes concentraciones según la especie arbórea, es claramente superior respecto de tratamientos sin fitohormona, el hecho de que los esquejes hayan llegado a formar raíces adventicias es un indicador de que las condiciones en que estuvieron fueron las más adecuadas para el proceso de rizogénesis (Santelices & Garcia, 2003). Sin embargo, Paredes (2011) por su parte afirma un mayor porcentaje de sobrevivencia (55%) sin la aplicación de del enraizador rapid root en las estacas de sachá inchi (*Piukenetia volubilis* L.), en su estudio señala que el bajo porcentaje de sobrevivencia se debe posiblemente a la dosis comercial quien produjo cierto grado de toxicidad y posterior muerte en las estacas de sachá inchi.

Respecto al factor fitohormona enraizante orgánica (extracto de sauce), en el tabla 5 se muestra una baja influencia en el porcentaje de establecimiento en los esquejes de queñua, obteniendo un 62.50%. El bajo porcentaje de establecimiento de los esquejes de queñua con la aplicación del extracto de sauce posiblemente este atribuido a la baja concentración de fitohormonas enraizantes en el extracto de sauce, lo mismo indica De Oliveira et al. (2020), el extracto de sauce no influye significativamente en la sobrevivencia de las estacas debido baja concentración de fitohormonas en el extracto y la inadecuada condición fisiología de la planta.

Los resultados obtenidos en la presente son similares con los determinados por Aquino (2020) quien expresa un porcentaje de establecimiento de 66.67% con la aplicación de extracto de sauce en estacas de cantuta (*Cantua tomentosa*). Asimismo, Huarhua (2017) sostiene haber obtenido 70.67% de establecimiento en estacas de queñua (*Polylepis incana*) con la aplicación del extracto de sauce y sin la aplicación obtuvo un 41.33%. Por su parte, Quispe (2018) también encontró un bajo porcentaje de establecimiento con el uso del extracto de sauce en los esquejes de álamo (*Populus deltoides*).

A pesar de que la aplicación de la fitohormona enraizante orgánica (extracto de sauce) no influyó significativamente en el porcentaje de establecimiento en presente estudio, Medina (2016) afirma una gran capacidad rizogénica con el extracto acuoso de sauce (*Salix chilensis*); en su estudio demuestra la presencia de fenoles y auxinas en el extracto con una concentración de 0.34 mg/g de peso, promoviendo el enraizamiento de esquejes de *Vigna radiata*. De la misma manera De Oliverira et al. (2020) y Cremonez et al. (2013) ratifican la eficacia de la utilización de extractos de plantas como la tiririca, eucalipto, pino, sauce y entre otras especies como inhibidores naturales de crecimiento pero estimulantes para el desarrollo del sistema radicular de las plantas. Por su parte Castro et al. (2016) aduce que el bajo porcentaje de establecimiento se explica a que los esquejes reacciones de forma distinta a la acción hormonal; algunos requieren permanecer mayor o menor tiempo de inmersión en la solución promotora de crecimiento, otras enraízan esporádicamente y otras no enraízan, estas diferencias se les atribuye a las variaciones fisiológicas de las estacas.

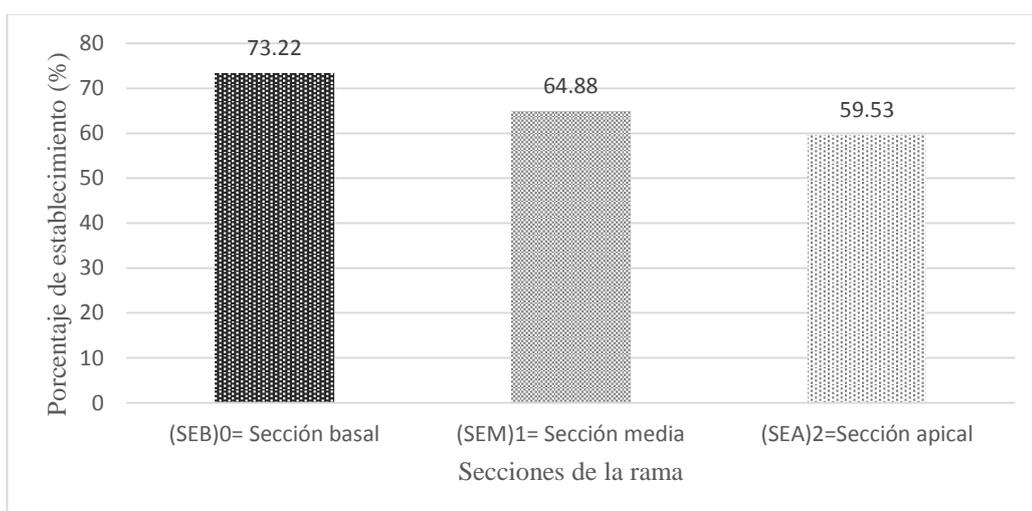
Tabla 6

*Prueba de comparación de medias de las secciones de la rama con respecto al porcentaje de establecimiento.*

Sección de la rama	Media (%)	Significancia
(SEB) <sub>0</sub>	73.22	a
(SEM) <sub>1</sub>	64.88	ab
(SEA) <sub>2</sub>	59.53	b

En cuanto al factor sección de la rama, según la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), tabla 6, numéricamente se observa que la sección basal de la rama influyó mayormente con 73.22% de establecimiento, seguido de la sección media con 64.88% y quien menor porcentaje de establecimiento presentó fueron los esquejes de la sección apical (59.53%), estos resultados coinciden con lo reportado por Catunta (2015), quien sostiene haber encontrado un mayor porcentaje de establecimiento con estacas de sección basal (86.67%), seguido de la sección media (73.33%) y finalmente el sección apical obtuvo el menor porcentaje de establecimiento (60%) en la propagación vegetativa de estacas de colle (*Buddleja coriacea* Remy). Respecto a ello Hartmann & Kester (1998) aducen que los esquejes más gruesos provenientes de la sección basal de las ramas tienden un mayor almacenamiento de sustancias indispensables carbohidratos, azúcares y lípidos de reserva para el desarrollo de las raíces adventicias en la propagación vegetativa, además el material vegetativo con el que se trabajó se caracterizan por su juvenildad y menor grosor, características óptimas para evitar una especie de intoxicación por el exceso de auxinas endógenas y exógenas en el esqueje.

Por su parte, Ruiz & Mesén (2010) al trabajar con estacas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) obtuvieron un mayor porcentaje de establecimiento (78.7%) con las estacas de sección medio, seguido de la sección basal (77.8%) y el menor porcentaje lo obtuvo con estacas de sección apical (73.1%).



**Figura 2:** Porcentaje de establecimiento obtenido con diferentes secciones de la rama.

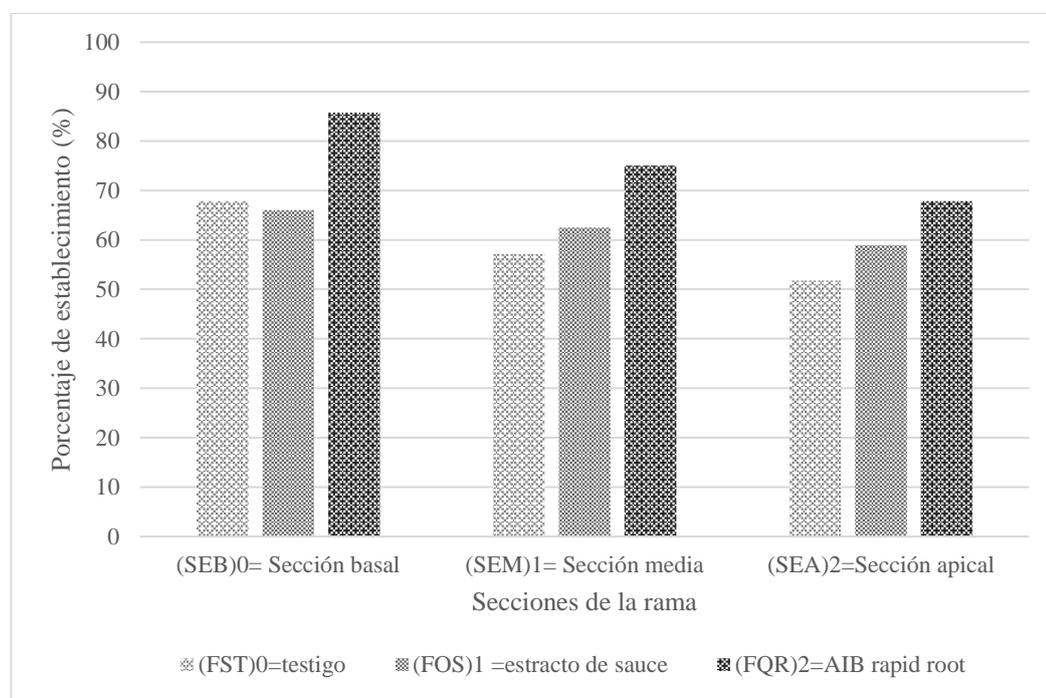
De igual manera, Soudre et al. (2011) sostiene que en las estacas tornillo *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) obtuvieron un mayor porcentaje de establecimiento en estacas de sección media (70%), seguido de la sección basal (62%) y quien obtuvo un menor porcentaje fueron las estacas de sección apical (48%). Castro et al. (2016) aduce que el uso de AIB con estacas de sección media de la rama estimuló mayormente el crecimiento de raíces en estacas de *Bertholletia excelsa* obteniendo 58.3% de establecimiento, seguido por las estacas de sección basal con 41.7% y las de sección apical con 25% de establecimiento.

Por el contrario, Ruiz et al. (2005) indica que las estacas apicales de *Gmelina arborea* Roxb. podrían estar asociadas a un mayor porcentaje de establecimiento las estacas tomadas de la parte apical de la rama, quienes obtuvieron más de 70% de establecimiento, mientras que las estacas tomadas de la parte basal de la rama obtuvieron 43.7%. Por su parte Rodas (1988), sostiene que el éxito del método propagación vegetativa depende en parte de la vitalidad del rizoma utilizado y de la época del año en que se siembre. Si los rizomas se toman de plantas jóvenes y saludables y se siembran simultáneamente con la iniciación de las lluvias, puede esperarse éxito, pero si los rizomas son tomados de viejas plantas y sembrados antes de las lluvias resultará un completo fracaso.

Tabla 7  
Prueba de comparación de medias de los tratamientos con respecto al porcentaje de establecimiento en esquejes de queñua.

N°	Tratamiento	Descripción de tratamientos	Porcentaje de establecimiento	
			Media (%)	Sig.
1	T7	(FQR) <sub>2</sub> (SEB) <sub>0</sub>	85.72	a
2	T8	(FQR) <sub>2</sub> (SEM) <sub>1</sub>	75.00	ab
3	T9	(FQR) <sub>2</sub> (SEA) <sub>2</sub>	67.86	abc
4	T1	(FST) <sub>0</sub> (SEB) <sub>0</sub>	67.86	abc
5	T4	(FOS) <sub>1</sub> (SEB) <sub>0</sub>	66.07	abc
6	T5	(FOS) <sub>1</sub> (SEM) <sub>1</sub>	62.50	abc
7	T6	(FOS) <sub>1</sub> (SEA) <sub>2</sub>	58.93	bc
8	T2	(FST) <sub>0</sub> (SEM) <sub>1</sub>	57.14	bc
9	T3	(FST) <sub>0</sub> (SEA) <sub>2</sub>	51.79	c

Por otra parte, la interacción de los factores estadísticamente no presento diferencias significativas entre los tratamientos sobre el porcentaje de establecimiento, pero si influyo positivamente. En la tabla 7 y figura 3 se observa la comparación de medias de los tratamientos con la prueba de Duncan, donde el tratamiento T7 (fitohormona enraizante químico (AIB rapid root) + esqueje de sección basal (SEB<sub>0</sub>)) obtuvo el mayor porcentaje de establecimiento con 85.72%, poniendo en evidencia que la fitohormona enraizante química asociado con el esqueje basal de la rama influyen en mayor medida en la propagación vegetativa, ello debido probablemente a las condiciones fisiológicas y anatómicas ideales de la rama que se complementó con la aplicación optima de la auxina AIB rapid root. Seguido de los tratamientos T9, T1, T4, T5 con 67.86%, 67.86%, 66.07% y 62.50% de establecimiento respectivamente, los tratamientos T6, T2 y el T3 (testigo) obtuvieron el porcentaje de establecimiento más bajo (51.79%) entre los tratamientos. El bajo porcentaje de establecimiento probablemente se deba a la toxicidad que causo la interacción del esqueje de la sección apical (donde se encuentra mayor concentración de ácido indolacético) y la aplicación de la auxina AIB, como lo señala (Ruiz, 2009).



*Figura 3:* Porcentaje de establecimiento en la propagacion vegetativa de esquejes de queñua.

Para Mesen (1998), en la propagación vegetativa es importante aplicar auxinas AIB a diversas concentraciones, debido a que estas auxinas poseen el efecto de inhibir el crecimiento de los rebrotes en las estacas durante las primeras semanas de propagar e induce el transporte de carbohidratos y azúcares hacia la base del esqueje a fin de promover el inicio y desarrollo de las primordios radicales además de evitar la competitividad con un brote en crecimiento, a su vez señala que si no aplican las auxinas exógenas, el rebrote podría empezar a desarrollarse antes que la iniciación de los primordios y se desarrollaría una zona de atracción de los sustancias de crecimiento hacia los brotes generando una competición con la base de la esqueje lo cual generaría una disminución en los porcentajes de establecimiento.

En síntesis todos los tratamientos la aplicación de la fitohormona enraizante química (AIB rapid root) en la propagación vegetativa de queñua, es mejor que aplicación de la fitohormona enraizante orgánica y el tratamiento testigo corroborando lo dicho por Cuquel & Mimani (1994); Fachinello et al. (2005) y Castrillón et al., (2008) quienes señalan que los tratamientos con auxina de tipo ácido indolbutírico en polvo aplicado a la base de las esquejes aumento la actividad rizogénica porque la aplicación vía polvo presenta mayor facilidad en la preparación, es más durable y eficiente por la capacidad de impregnación en la basa de la estaca.

Por su parte, Fachinello et al. (2005) manifiesta que la capacidad del enraizamiento de las especies leñosas varia con la especie y la interacción de factores como la manipulación del material vegetal, estado nutricional, periodo de recolección, largo, diámetro de la estaca, presencia de yemas y hojas, el tratamiento hormonal, la temperatura y humedad. Del mismo modo, Dos Santos et al. (2011), expresa que además del efecto del regulador de crecimiento, las características propias de cada especie afecta en el enraizamiento de las estacas, como observó en su estudio de 20 especies forestales, cuyos resultados destacan un enraizamiento diferenciado y que en la iniciación de las raíces influyen factores intrínsecos relacionados con la propia planta y extrínsecos vinculados con las condiciones ambientales (Hartmann & Kester, 1998).

En tal sentido, se debe tomar en cuenta el periodo de estudio, dado que, la temporada de recolección de esquejes influye altamente en la capacidad rizogénica de especie *Polylepis*, siendo la época de verano (diciembre-marzo) el periodo más recomendable para realizar propagación vegetativa, debido a una mayor rebrotación natural de raíces adventicias, también Kettenhuber et al. (2019) expresa que las mayores tasa de supervivencia y enraizamiento y desarrollo del sistema radicular y brotes fue al final del invierno/primavera siendo este periodo la fase de mayor crecimiento activo con gran producción de hormonas y asimilación de nutrientes. Según Leite & Martins (2007) existe diferencias entre la relación época del año, la etapa de la rama y la actividad fisiológica de las plantas, siendo el verano una de las épocas con mayor intensidad de refoliación vegetal, lo que explica la alta capacidad de enraizamiento en este periodo, con respecto al invierno.

Existen otros factores que afectan el establecimiento de los esquejes o estacas, entre ellas el sustrato, es otro de los factores importantes que afecta el enraizamiento, según Loach y Gay (1979) cada especie posee requerimientos específicos respecto al medio de enraizamiento, teniendo en cuenta principalmente la equilibrio en el aire y el agua. Para el enraizamiento de *Polylepis tomentella* W. se utilizó arena para una mejor aireación, dado que el aire tiene la función de aceptador de electrones en el proceso de respiración además de actuar en la bioquímica de la mitosis, el cual permite expansión celular por consiguiente el crecimiento de las raíces (Haissig, 1986) y suelo agrícola como sustrato para retener el agua y mantener la humedad además de satisfacer los requerimientos nutritivos de los esquejes, demostrando un buen comportamiento (anexo 12).

## 4.2. Determinación de la aptitud propagativa de tres secciones de la rama (basal, media y apical) de queñua.

### 4.2.1. Número de raíces

En la tabla 8, se observa los resultados del análisis de varianza de la variable número de raíces con un nivel de significancia del 95% de probabilidad para evaluar el efecto de la fitohormona enraizante y el sección de la rama de queñua sobre el número de raíces, en la evaluación la variable fitohormona enraizante obtuvo el estadístico  $p= 0.001$ , resultado menor a 0.05 indicando que estadísticamente presenta diferencias significativas entre los tratamientos. Por otro lado, el factor sección de la rama resulto  $p=0.0072$ , en efecto, si existe diferencias significativas entre los tratamientos, es decir, la sección de la rama influye en la iniciación y desarrollo de número de raíces en los esquejes de queñua; no obstante, la interacción de los factores AxB no se halló diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 8

*Análisis de varianza del número de raíz en la propagación vegetativa de queñua.*

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p- valor	
Bloque	0.12	3	0.04	0.57	0.6383	NS
Fitohormona enraizante	1.27	2	0.64	9.29	0.0010	AS
Sección de la rama	0.84	2	0.42	6.11	0.0072	AS
AxB	0.54	4	0.13	1.97	0.1311	NS
Error	1.94	24	0.07			
Total	4.21	35				
C.V. %	7.87					

El coeficiente de variación (CV) determinado para la variable número de raíces fue 7.87%, resultado aceptable según Gordón & Camargo (2015) quienes consideran que los coeficientes de variación inferiores a 10% indican datos con alta precisión experimental, por ende acepta la validez del presente estudio.

Tabla 9

*Prueba de comparación de medias de las fitohormonas enraizantes con respecto al número de raíces en esquejes de queñua.*

Fitohormona enraizante	Media (unidad)	Significancia
(FQR) <sub>0</sub>	12.08	a
(FOS) <sub>1</sub>	10.92	a
(FST) <sub>2</sub>	9.00	b

El efecto del factor fitohormona enraizante logró obtener diferencias significativas que nos permita seleccionar uno como mayor productor de raíces. En ese sentido, en la tabla 9, según la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), se aprecia que la fitohormona enraizante químico (AIB rapid root) obtuvo el mayor número promedio de raíces con 12.08 raíces frente al tratamiento testigo (9 raíces), el incremento en el número de raíces emitidas fue notorio gracias a la aplicación de la fitohormona enraizante química (AIB rapid root), esta diferencia tiene sustento en el hecho de que la condición fisiológica de la planta madre tiene gran influencia en el enraizamiento de esquejes gracias al contenido de carbohidratos y azúcares en los esquejes, como lo señalan (Haissig, 1974). También Veierskov (1988) indica que el estado fisiológico de la progenie interviene en el metabolismo de los carbohidratos como el nitrógeno en las estacas, pues una reducción de las concentraciones de estos carbohidratos por factores ambientales significaría una reducción en el desarrollo y número de raíces emitidas por las estacas. Los resultados obtenidos en el presente estudio coincide con lo informado por Basauri et al. (2019) quienes trabajando con miniestacas de *Guazuma crinita* M. obtuvieron el mayor número de raíces (12 raíces) con la aplicación vía polvo de la fitohormona AIB contenida en el producto rapid root, en comparación al tratamiento control, quien logro producir 7.9 raíces.

Por su parte, Cuquel & Mimani (1994) afirma que los tratamientos varían de acuerdo a la forma de usar los aditivos AIB, estos pueden ser líquidos o sólidos, siendo los aditivos en polvo el más utilizado, debido a su adherencia y mayor periodo de exposición en la base de la estaca. Latsague et al. (2009), también expresan que la aplicación del aditivo AIB en distintas concentraciones sobre las

estacas de *Berberidopsis corallina*, obtuvieron mejores resultados, semejantes al presente estudio, donde la aplicación de AIB a 500 mg/L obtuvo 12 raíces, mientras que el testigo consiguió 8 raíces en promedio; también Santelices y Garcia (2003) afirman que con la aplicación AIB a 0.75% de concentración obtuvieron 11 raíces emitidas por las estacas de *Nothofagus alessandri*, quienes a su vez señalan que a mayor concentración de la auxina lograría mejor la cantidad y longitud de raíces respecto al tratamiento control.

En la figura 4 se observa una mayor influencia sobre el número de raíces con la aplicación de AIB. De igual forma Castro et al. (2016) informa que las estacas sumergidas 1 segundo con 1000 mg/L de AIB aumentan significativamente el número de raíces (9 raíces) respecto al tratamiento control (0 raíces).

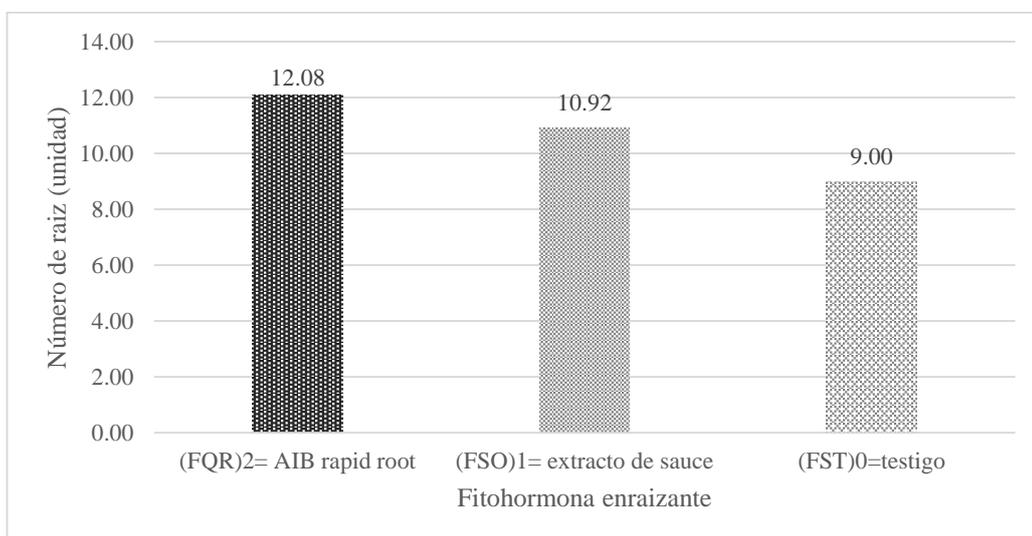


Figura 4: Número de raíz obtenido con la aplicación de las fitohormonas enraizantes.

Lo mismo asevera Cachique et al. (2011) en su estudio con estacas de sachu inchi (*Plukenetia volubis*) donde obtuvieron mayor efecto (11.17 raíces) con la dosis 0.2 % de ácido indolbutrico (AIB) como inductor hormonal respecto al tratamiento testigo (2.48 raíces), al igual que Ruiz (2009) quien expresa que en el caso de *Plukenetia volubis* se incrementó el número de raíces por estaca al aplicar de AIB a 0.2% , presentando la mayor cantidad de raíces emitidas (25.4 raíces) respecto a los valores observados sin la aplicación de AIB (3.45 raíces), resultado relaciona a la capacidad de reemplazar carbohidratos elaborado por el esqueje a través de la fotosíntesis hacia el área donde surgen las raíces, también señala que las condiciones fisiológicas de la planta madre influyo en el contenido de

carbohidratos de las estacas que posteriormente le permitieron desarrollar mayor número de raíces, como se presentó en el presente estudio. Al respecto, Muñoz & Molina (2016) sostienen que la aplicación de AIB ha permitido obtener respuestas satisfactorias (6.8 raíces) en relación al tratamiento control (5.6 raíces) en estacas de *Myrceugenia exsucca*. Esto también fue confirmado por Soudre et al. (2011) quien agrega que usar una dosis intermedia de AIB (4000 mg/L) es suficiente para obtener el máximo número de raíces (3.4 raíces) en estacilla de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke), en contraste con las estacas que no tuvieron la aplicación de AIB, quienes produjeron el menor número de raíces (0.96 raíces).

En cuanto a la fitohormona enraizante orgánica (extracto de sauce), en la tabla 9 y figura 4, se observa similar influencia con la fitohormona enraizante química en el número de raíces de los esquejes de queñua, alcanzando 10.92 raíces emitidas en promedio. Resultados similares presentó Huarhua (2017), a los 90 días de observación indica que la utilización de extracto de sauce tuvo un influencia simple en el número de raíces de los esquejes de queñua (*Polylepis incana*) logrando 3.33 raíces respecto al testigo 2.17 raíces. Asimismo Quispe (2018) al concluir su experimento en esquejes de álamo tratados con extracto de sauce logró desarrollar 7.6 raíces por esqueje. De Oliverira et al. (2020) señala que la baja influencia sobre el número de raíces puede estar relacionado a la fisiología de la planta con la baja concentración de fitohormonas, y es posible realizar nuevos experimentos bajo el uso de un extracto más acuoso para una mayor concentración.

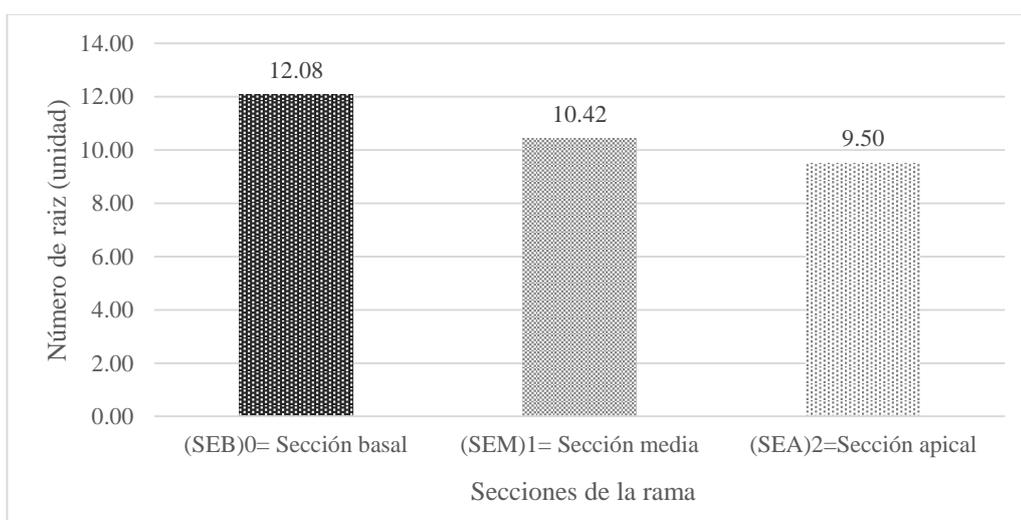
Tabla 10

*Prueba de comparación de medias de las secciones de la rama con respecto el número de raíces.*

Sección de la rama	Media (unidad)	Significancia
(SEB) <sub>0</sub>	12.08	a
(SEM) <sub>1</sub>	10.42	b
(SEA) <sub>2</sub>	9.50	b

En la tabla 10 se puede apreciar que esquejes de la sección basal de la rama obtuvieron los mejores resultados con 12.08 raíces en promedio, seguido de esquejes de la sección media con 10.42 raíces y finalmente quien emitió la menos cantidad de raíces fueron los esquejes apicales con 9.50 raíces en promedio. Frente a esto, Dias et al. (2012) sostiene que las estacas apicales reportan menores tasas de enraizamiento refiriendo a que en este tipo de esqueje se encuentra el meristemo, lugar de síntesis natural de auxina, por ende ya no necesita la aplicación exógena de reguladores sintéticos de crecimiento en la base, y si se le aplica auxina exógena causara un desequilibrio hormonal e inhibe la aparición de raíces.

Los resultados obtenido en el presente estudio son similares a los de Castro et al. (2016) quienes en su estudio afirman que las estacas de *Bertholletia excelsa* de tipo medio y basal sumergidas 1 segundo a 1000 mg/L de AIB mostraron un número mayor de raíces (9 y 5 raíces respectivamente) frente a las estacas apicales (0 raíces). Para Catunta (2015) las estacas de colle (*Buddleja coriacea* Remy) de tipo medio influyen mayormente en número de raíces (45.67 raíces), seguido del tipo apical (41.67 raíces) y quien obtuvo menor número de raíces fueron las estacas de tipo basal (29 raíces). De la misma forma, Ruiz (2009) indica que las estacas medias emitieron el mayor número de raíces (19 raíces) en comparación a estacas apicales (13 raíces), pues para el autor estas diferencias podrían estar vinculados con el grado de juvenilidad, lignificación del tejido, nivel endógeno de fitohormonas o el contenido de reservas como los carbohidratos.



**Figura 5:** Porcentaje de establecimiento obtenido con diferentes secciones de la rama.

En la figura 5 se aprecia una mayor influencia de los esquejes de la sección basal en el número de raíces; a diferencia de Soudre et al. (2011) quienes demostraron que en caso de las estaquillas de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke) se puede producir el mayor número de raíces en estacas de tipo medio (4.55 raíces), seguidos de tipo apical (3.14 raíces) frente a los de tipo basal (3.14 raíces). No obstante Santelices & Garcia (2003) afirman que con las estacas de *Berberidopsis corallina* obtenidas de la sección apical obtuvo mejores resultados (7.3 raíces) que con la sección basal (3.5 raíces) y la sección media (1.5 raíces)

Tabla 11

*Prueba de comparación de medias de los tratamientos con respecto al número de raíces en esquejes de queñua.*

N°	Número de raíz (unidad)			
	Tratamiento	Descripcion de tratamientos	Media (unidad)	Sig.
1	T7	(FQR) <sub>2</sub> (SEB) <sub>0</sub>	15.25	a
2	T4	(FOS) <sub>1</sub> (SEB) <sub>0</sub>	11.75	b
3	T8	(FQR) <sub>2</sub> (SEM) <sub>1</sub>	11.25	b
4	T5	(FOS) <sub>1</sub> (SEM) <sub>1</sub>	10.75	bc
5	T6	(FOS) <sub>1</sub> (SEA) <sub>2</sub>	10.25	bc
6	T9	(FQR) <sub>2</sub> (SEA) <sub>2</sub>	9.75	bc
7	T2	(FST) <sub>0</sub> (SEM) <sub>1</sub>	9.25	bc
8	T1	(FST) <sub>0</sub> (SEB) <sub>0</sub>	9.25	bc
9	T3	(FST) <sub>0</sub> (SEA) <sub>2</sub>	8.80	c

En cuanto, el efecto de los tratamientos sobre el número de raíces, según la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) (tabla 11 y figura 6), indican que el número de raíces fue favorecido mayormente con la aplicación del tratamiento T7 (fitohormona enraizante químico + sección basal) obteniendo 15.25 raíces, seguido del tratamiento T4, T8, T2, T5, T1, T6 y T9 con 12.25, 11.25, 10,75, 10,75, 10,75, 10,75 y 9.75 respectivamente, quienes no presentaron diferencias significativas entre sí. No obstante, los tratamientos T9 y T3 (sin la aplicación de fitohormonas enraizantes + sección apical) mostraron los valores más bajo, ello atribuido posiblemente a la falta de liberación de auxina endógena y la no aplicación de la auxina exógena, siendo este requerido para la iniciación de raíces adventicias en

el esqueje (Hartmann & Kester, 1998), otros de los factores que explique el menor número de raíces se deba a los factores ambientales desfavorables. En síntesis, los resultados muestran que el número de raíces en los esquejes de queñua presentan una marcada influencia positiva con la aplicación de la fitohormona enraizante química (AIB rapid root) esto debido a sus efectos de la auxina AIB, los cuales son la división celular y el transporte de los carbohidratos y azúcares hacia la base de los esquejes de queñua, permitiendo una mayor emisión de raíces.

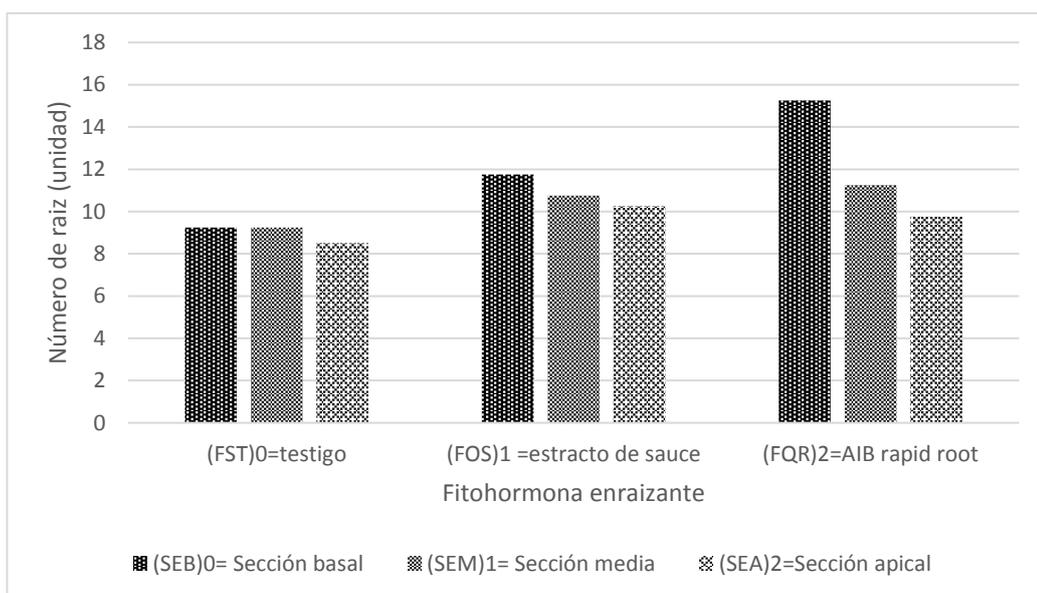


Figura 6: Número de raíces en la propagación vegetativa de esquejes de queñua.

#### 4.2.2. Longitud de raíz

En la tabla 12, se muestra los resultados del análisis de varianza de la variable longitud de raíz obtenido con la aplicación del factor fitohormona enraizante asociado con las secciones de la rama en la propagación vegetativa de queñua, después de 90 días de la instalación del experimento, en la evaluación se obtuvo el estadístico “p” menor a 0.05 señalando diferencias altamente significativas entre los tratamientos en ambos factores; en ese sentido, se deduce que la aplicación de las fitohormonas enraizantes asociado con diferentes secciones de la rama influyen significativamente en la longitud de raíz de los esquejes de queñua; sin embargo, en la interacción de ambos factores AxB no existe diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 12

*Análisis de varianza de la longitud de raíz en la propagación vegetativa de queñua*

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p- valor	
Bloque	0.31	3	0.10	0.56	0.6472	NS
Fitohormona enraizante	4.03	2	2.01	10.79	0.0005	AS
Sección de la rama	2.66	2	1.33	7.13	0.0037	AS
AxB	0.76	4	0.19	1.02	0.4188	NS
Error	4.48	24	0.19			
Total	12.34	35				
C.V. %	10.02					

El coeficiente de variación (CV) determinado para la variable longitud de raíz fue 10.02 %, resultado aceptable según Gordón & Camargo (2015) quienes consideran que los coeficientes de variación inferiores a 10% indican datos con alta precisión experimental, por ende acepta la validez del presente estudio.

Tabla 13

*Prueba de comparación de medias de las fitohormonas enraizantes con respecto a la longitud de raíz en esquejes de queñua.*

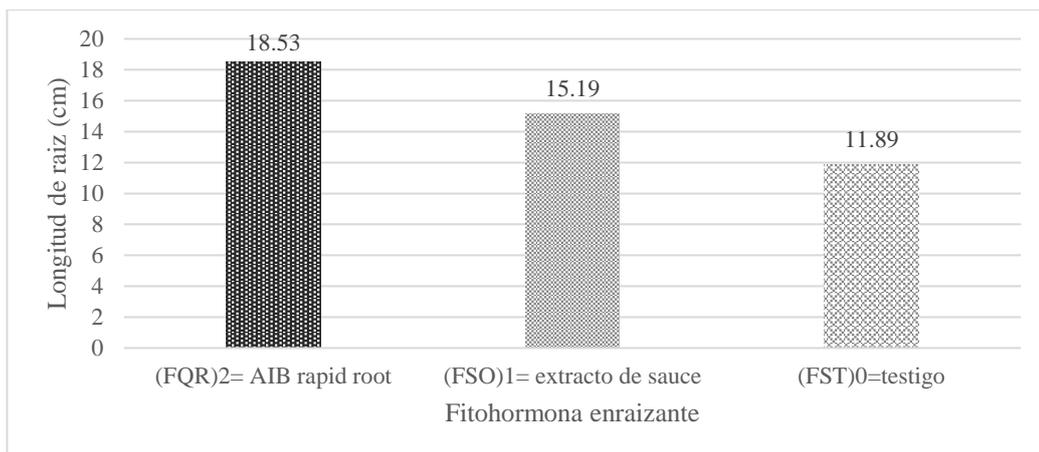
Fitohormona enraizante	Media (cm)	Significancia
(FQR) <sub>0</sub>	18.53	a
(FOS) <sub>1</sub>	15.19	b
(FST) <sub>2</sub>	11.89	c

En la tabla 13 se observa la comparación de medias de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), donde el mayor valor de longitud de raíz (18.53 cm) se da con la aplicación de la fitohormona enraizante químico (AIB rapid root) en comparación del tratamiento testigo (11.89 cm), Estos resultados nos indican que existió un adecuado equilibrio hormonal entre auxinas endógenas y exógenas lo cual permitió el inicio y desarrollo de las raíces emitidas por los esquejes de *Polylepsi tomentella*, Por su

parte, Dias et al. (2012) señala que el crecimiento acelerado de las raíces puede ser una función del estado nutricional de las plantas, lo que indica que los esquejes pueden proporcionar carbohidratos, hormonas y otras sustancias necesarias para extender las raíces. Cuanto mejor se alimenta la planta, más células produce el meristemo y más largo es el eje de crecimiento.

Leakey y Mohammed (1985) aduce que uno de los factores de influencia en la longitud de raíces es la elongación de la estaca, pues a medida que incrementa la elongación de la estaca, incrementa la longitud y número de raíces en la estaca, además del porcentaje de enraizamiento, ello debido a la existencia de una mayor capacidad de almacenaje de productos fotosintéticos y de un equilibrio en el contenido hídrico y de la auxina AIB de las estacas. Estos resultados son corroborados con Basauri et al. (2019), quienes en su estudio afirman que existen efectos significativos sobre la longitud de las raíces en las miniestacas de *Guazuma crinita* M., con la aplicación del aditivo AIB rapid rood generando la mayor longitud de raíz (30.3 cm), demostrando ser superior estadísticamente frente al tratamiento testigo (22.2 cm).

Por su parte, Ruiz (2009) indica que la dosis 0.20% de AIB causó mayor efecto en la longitud de raíz con 4.57 cm en promedio, superando al tratamiento sin la aplicación de AIB, la cual presentó menor longitud de raíz (2.99 cm) en las estacas de sachá inchi (*Piukenetia volubilis* L.). Castro et al. (2016) en su estudio afirma que acción de la hormona AIB a 3000 mg/L obtuvo la mayor longitud de raíz (7 cm), respecto al testigo (0 cm) en estas de *Bertholletia excelsa*, además Santelices & Garcia (2003) reporta similares resultados, presentando mayores longitudes de raíz (4.1 cm) con el uso de la auxina AIB a una concentración de 1% frente a una menor concentración de 0.25%, logrando obtener solo 1.3 cm de longitud en las estacas de *Nothofagus alessandrii* Espinosa, también sugiere que al aumentar la concentración de la auxina no solo se lograría mejorar el porcentaje de enraizamiento, sino que también la cantidad y longitud de las raíces inducidas en las estacas.



**Figura 7:** Longitud de raíz obtenido con la aplicación de las fitohormonas enraizantes.

En la figura 7 se muestra la influencia de las fitohormonas enraizantes en la longitud de raíz, siendo la FQR<sub>2</sub> quien mayor efecto mostró, al igual que Azad et al. (2018) quienes encontraron la raíz las más larga en los esquejes de *Swietenia macrophylla* al utilizar AIB, la mayor longitud fue de 14.22 cm y el menor fue de 1.56 cm en el tratamiento control; de manera similar Soudre et al. (2011) afirma que la aplicación de AIB influyó significativamente en la longitud de raíz promedio por estaquilla de tornillo en comparación a la dosis control, destacando las dosis hormonales de bajas a intermedias (1000 a 4000 mg/L), logrando registrar 2.20 cm de longitud a una dosis de 1000 mg/L en cincuenta días. Del mismo modo, Muñoz & Molina (2016) en su estudio consiguió los mayores resultados de longitud en raíz (28.5 cm) en estacas adultas con dosis a 3000 mg/L de AIB en comparación del tratamiento control (23.8 cm).

En cuanto a la acción de la fitohormona enraizante orgánica (extracto de sauce), en la tabla 13 se muestra un valor promedio de 15.19 cm de longitud de la raíz en los esquejes de queñua, resultados inferiores son reportados por Huarhua (2017) quien afirma una baja significancia en el número de raíces en los esquejes de queñua (*Polylepis incana*) bajo la aplicación del extracto de sauce logrando alcanzar solo 8.08 cm, respecto al tratamiento testigo (4.58 cm), dichos resultados probablemente sea a causa de una inadecuada preparación del extracto, pues esta se puede traducir una baja concentración de auxinas. Por su parte, Oliverira et al. (2020) menciona que la fitohormona enraizante orgánica (extracto de sauce) no

influye significativamente en la longitud de raíces por la fisiología de la planta y la baja concentración de fitohormonas, y es posible realizar nuevos experimentos con el uso de un extracto más acuoso para una mayor concentración. Por el contrario, Quispe (2018) manifiesta que el factor extracto de sauce posee una influencia significativa en la propagación vegetativa de álamo, ya que la aplicación del extracto favoreció el crecimiento de las raíces de los esquejes de álamo, el mismo autor refiere que obtuvo mayor efecto (10.6 cm) haciendo uso de molienda de hojas de sauce, que realizando la infusión de las hojas de sauce los cuales llegaron a medir un promedio de 8.6 cm de longitud.

Tabla 14

*Prueba de comparación de medias de las secciones de la rama con respecto a la longitud de raíz.*

Sección de la rama	Media (cm)	Significancia
(SEB) <sub>0</sub>	18.21	A
(SEM) <sub>1</sub>	14.81	Ab
(SEA) <sub>2</sub>	12.59	B

Respecto al factor sección de la rama, en la tabla 14 y figura 8, según la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), se observa que los esquejes de la sección basal logró mayor longitud de raíz con 18.21 cm, seguido de la sección media de la rama (14.81 cm) y quien tuvo un menor influencia fueron con los esquejes de sección apical (12.59 cm). Resultados similares obtuvo Catunta (2015) en su estudio con estacas de quilli (*Buddleja coriácea* Remy), donde señala una mayor longitud con estacas basales (24.23 cm), seguido de las estacas medias (18.20 cm) y finalmente la estacas apicales fueron quienes influyeron en menor longitud (11.00 cm). Igualmente, Ruiz (2009) refiere que en estaca de sachá inchi (*Piukenetia volubilis* L.) de sección basal alcanzaron la mayor longitud de raíz (4.24 cm), seguido del sección intermedio con 4.07 cm y finalmente la menor longitud lo presentó el esqueje de sección apical con 3.69 cm, en la opinión del mismo autor, refiere que esta diferencia se debe posiblemente a una mayor concentración de carbohidratos como suministro indispensable de energía para la producción de metabolitos como el almidón.

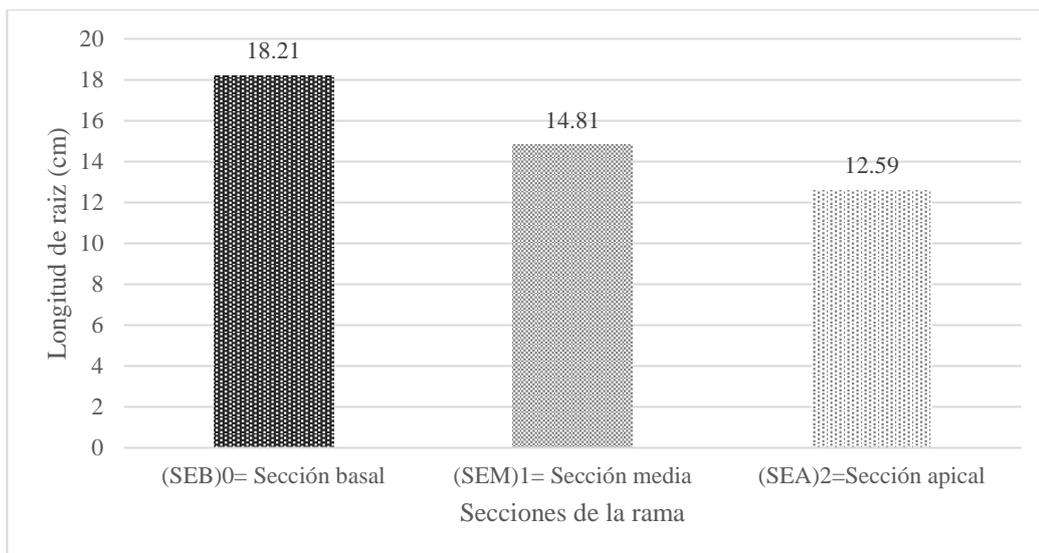


Figura 8: Longitud de raíz obtenido con diferentes secciones de la rama.

Por su parte, Soudre et al. (2011) al trabajar con diferentes tipos de estaquillas de tornillo, señalan que la estacas de tipo medio presentaron mayores longitudes de raíz (1.01 cm), seguida por las basales (0.88 cm) y finalmente por las estas apicales (0.66 cm), de modo que las estaquillas cercanas a la base (media y basal) favorecen el mayor alargamiento de la raíz. De la misma manera, Castro et al. (2016) expresa que las mayores longitudes de raíz de *Bertholletia excelsa* se obtuvieron en los tratamientos con estacas de la posición media obteniendo 7.0 cm, seguida de la posición basal con 6.4 cm de longitud y la menor longitud de raíz (1.5 cm) se observó en el tratamiento con estacas de posición apical.

No obstante, Santelices & Garcia (2003) afirma que trabajando con estacas de *Nothofagus alessandrii* las de posición apical obtuvieron mayor producción y longitud de raíces (3.5 cm) en comparación a las estacas posición basal (0.8 cm), presumiblemente a causa de los carbohidratos y redistribución de azúcares reductores en las estas, también señala que no existe diferencias estadísticamente significativas con aquellas tomadas de las zonas medias y basales. Por su parte, Ruiz et al. (2005) indica que las estacas apicales podrían estar asociadas a una mayor longitud de las raíces, ya que las estacas tomadas de la parte apical de la rama tuvieron la mayor longitud promedio (11.8 cm), mientras que las estacas tomadas de la parte basal obtuvieron 10.5 cm.

Muñoz & Molina (2016) enfatiza continuar estudiando la fenología y su relación con el momento más adecuado para recolectar estacas, dado que es un factor que influye altamente en el enraizamiento, pues depende de la condición fisiológica de la planta y ello requiere investigación para demostrar el momento adecuado para cada especie. Por su parte Cachique et al. (2011) indica que otro de los factores a tomar en cuenta en la propagación vegetativa es el área foliar de la estaca, ya que, a medida que el área foliar disminuye también disminuye la longitud y el número de raíces, porque en su estudio con estacas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) observó que las estacas enraizadas con la ausencia de hojas mostraron un deficiente sistema radicular además un bajo porcentaje de enraizamiento y alto porcentaje de mortandad demostrando la importancia de utilizar estacas con área foliar durante el proceso de inducción de raíces. En cuanto a la sección de rama a propagar, Ruiz & Mesén (2010) reportan que las esquejes basales e intermedias tienen mejor comportamiento en la emisión y elongación de raíces, puesto que la parte aérea del esqueje influye sobre la cantidad de sustancias de reservas aprovechados producidos por las hojas.

Tabla 15

*Prueba de comparación de medias de los tratamientos con respecto a la longitud de raíz, en esquejes de queñua.*

N°	Longitud de raíz (cm)			
	Tratamiento	Descripción de tratamientos	Media (cm)	Sig.
1	T7	(FQR) <sub>2</sub> (SEB) <sub>0</sub>	23.90	A
2	T4	(FOS) <sub>1</sub> (SEB) <sub>0</sub>	17.98	B
2	T8	(FQR) <sub>2</sub> (SEM) <sub>1</sub>	16.43	B
3	T9	(FQR) <sub>2</sub> (SEA) <sub>2</sub>	15.25	B
5	T5	(FOS) <sub>1</sub> (SEM) <sub>1</sub>	15.05	B
6	T2	(FST) <sub>0</sub> (SEM) <sub>1</sub>	12.95	Bc
7	T1	(FST) <sub>0</sub> (SEB) <sub>0</sub>	12.75	Bc
8	T6	(FOS) <sub>1</sub> (SEA) <sub>2</sub>	12.55	Bc
9	T3	(FST) <sub>0</sub> (SEA) <sub>2</sub>	9.98	C

Los resultados la comparación de medias de los tratamientos se muestran la tabla 15 y figura 9), indicando que la longitud de raíz fue favorecido mayormente bajo la aplicación del tratamiento T7 con 23.9 cm, seguido del tratamiento T4, T8, T9, T5, T2, T1 y T6 con 17.98 cm, 16.43 cm, 15.25 cm, 15.05 cm, 12.95 cm, 12.75 cm y 12.55 cm respectivamente quienes no presentaron diferencias significativas entre sí, no obstante el T3 (sin la aplicación de fitohormas enraizantes (FST)<sub>0</sub> + sección apical (SEA)<sub>2</sub>) mostro el valor más bajo con 9.98 cm.

En efecto, los resultados muestran que la longitud de raíz de los esquejes de queñua presentan una marcada influencia positiva con la aplicación de la fitohormona enraizante química (AIB rapid root) asociado al esqueje de la sección basal de la rama; estos resultados se deben a las buenas condiciones y factores internos y externos que se manejó en los esquejes de queñua, pues para Castro et al. (2016) el éxito de la técnica propagación vegetativa depende el tipo de material vegetal, de la especie y sus condiciones nutricionales, asimismo del tipo de regulador de crecimiento, sus concentraciones y periodo de inmersión. Puesto que la evaluación de las variables y factores de estudio para enraizar esquejes de queñua, es importante y necesario realizar ajustes para que la técnica de propagación vegetativa sea viable socioeconómicamente y posteriormente convertirse en una alternativa para la producción de plantas a lo largo del año, especialmente en situaciones donde la semilla es un insumo limitado, tal es el caso de la queñua (Renison, Hensen, & Cingolani, 2004).

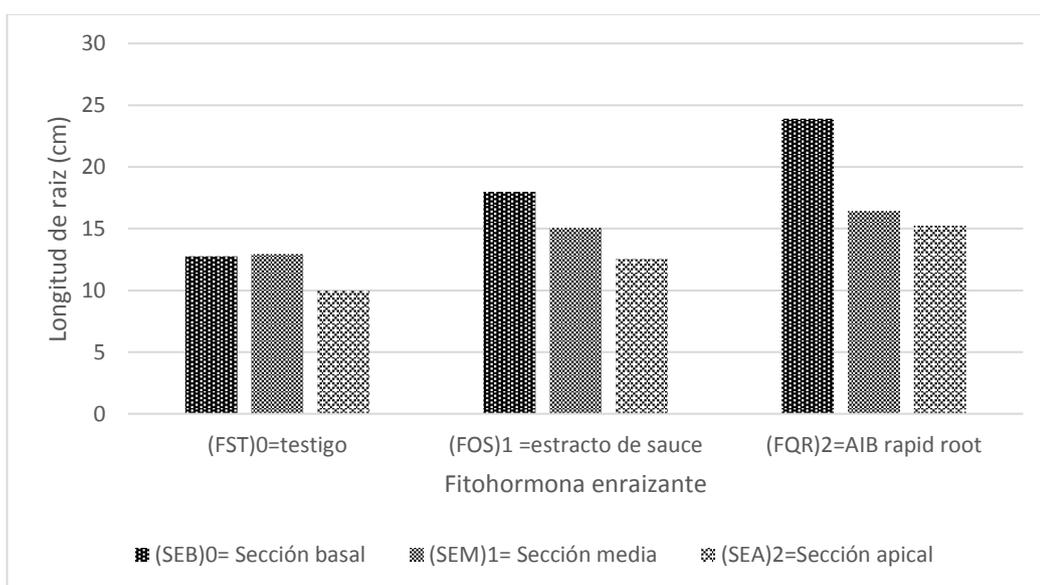


Figura 9: Longitud de raíz en la propagación vegetativa de esquejes de queñua.

### 4.2.3. Número de brotes

En la tabla 16 se observa el análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para la variable número de brotes por esquejes de queñua, el cual indica diferencias significativas entre el factor fitohormonas enraizantes y sección de la rama, dado que el estadístico  $p= 0.0001$ , siendo este menor a 0.05 en ambos factores; es decir, el uso de las fitohormonas enraizantes y secciones de la rama se han comportado de diversas maneras, haciendo suponer que uno es mejor que otro en la propagación vegetativa de esquejes de queñua; mientras que, la interacción de ambos (factores AxB) estadísticamente no se observa diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 16

*Análisis de varianza del número de brotes en la propagación vegetativa de queñua.*

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p- valor	
Bloque	0.30	3	0.10	1.43	0.25	NS
Fitohormona enraizante	3.06	2	1.53	21.89	0.0001	AS
Sección de la rama	3.11	2	1.56	22.24	0.0001	AS
AxB	0.14	4	0.04	0.51	0.7287	NS
Error	1.68	24	0.07			
Total	8.30	35				
C.V. %	9.92					

Respecto al coeficiente de variación (CV) determinado para la variable número de brote fue 9.92 %, resultado aceptable según la escala de calificación para experimentos en campo como lo señala Gordón & Camargo (2015), el cual considera que los coeficientes de variación inferiores a 10% indican datos con alta precisión experimental, por ende acepta la validez del experimento.

Tabla 17

*Prueba de comparación de medias de las fitohormonas enraizantes con respecto al número de brotes en esquejes de queñua*

Fitohormona enraizante	Media (unidad)	Significancia
(FQR) <sub>0</sub>	9.00	a
(FOS) <sub>1</sub>	6.42	b
(FST) <sub>2</sub>	5.08	c

Según la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), en la tabla 17 se observa que el mayor número de brotes fue dado con la aplicación de la fitohormona enraizante químico (AIB rapid root) obteniendo 9 brotes frente al tratamiento testigo (5.08 brotes) en los esquejes de queñua. Los resultados obtenidos en el presente estudio revela la alta capacidad de estimulación de las auxinas presente en el enraizador químico, generando mayor movilización de carbohidratos en el brote superior, aumento en la translocación de asimilados y mayor disponibilidad de azúcar en el sitio de desarrollo de los primordios de las raíces. Resultados similar reporta Espejo (2015) quien obtuvo en promedio 3.91 brotes por esqueje con la aplicación del enraizador rapid root en las esquejes de queñua (*Polylepis racemosa subespecie triacontandra*) con respecto al tratamiento testigo (2.39 brotes).

Basauri et al. (2019) al trabajar con miniestacas de *G. crinita* M. observa que el mayor número de brotes fue obtenido con la aplicación del aditivo rapid root (4.3 brotes) respecto al tratamiento control (3.6 brotes), a su vez señala que el número de brotes también esta influenciada por la presencia de hojas en las estacas. Por su parte, Román (2014) observa que en las estacas de *Croton lechler* el mayor número de brotes es influenciado de forma significativa debido a la aplicación de AIB a 2000 mg/L, obteniendo 0.8 brotes en comparación al tratamiento testigo (0.2 brotes). Sin embargo (Márquez, 2017) sostiene que en las estaca de rosa (*Rosa sp*) el factor fitohormona enraizante rapid root el no logro influenciar significativamente en número de brotes respecto al tratamiento testigo, pero numéricamente fue superior el aditivo rapid rood con un promedio de 3.63 brotes y 2.88 brotes con el tratamiento testigo.

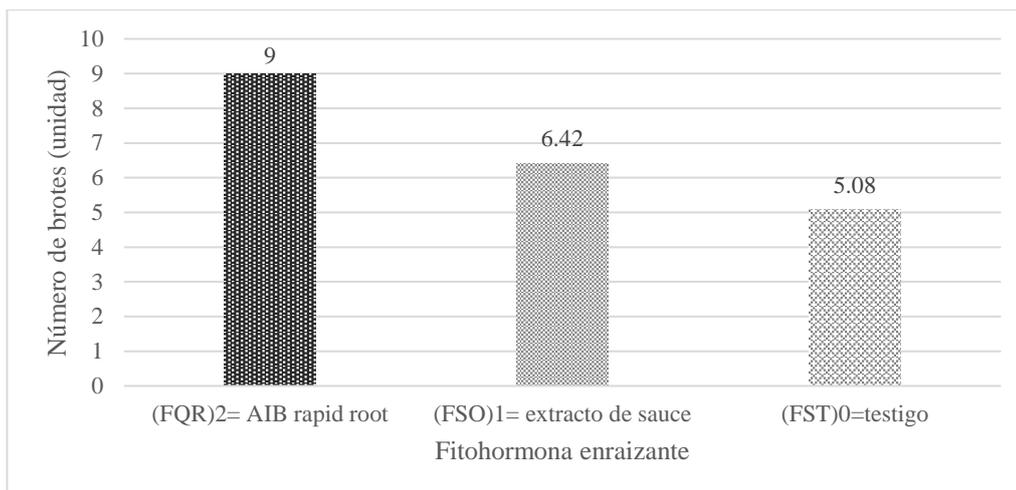


Figura 10: Número de brotes obtenidos con la aplicación de las fitohormonas enraizantes.

En la figura 10, se aprecia una mayor influencia de la fitohormona enraizante AIB sobre el número de brotes. En cambio, Paredes (2011) en estas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*) afirma obtener mayor promedio de brotes (2.08 brotes) sin la aplicación del aditivo rapid root, en comparación al tratamiento con la aplicación del enraizador AIB rapid root asociado con tierra agrícola (1.91 brotes). De igual forma, Oliva (2005) señala que las estacas de camu camu *Myrciaria dubia* (HBK) MC Vaugh con el tratamiento testigo presentó mejores resultados en el número de brotes con 4.73 en comparación al tratamiento con fitohormona enraizantes AIB quien obtuvo 3.33 brotes, deduciendo que el tratamiento con auxinas AIB de alguna forma inhibe la emisión de brotes, coincidiendo con Ruiz y Mesén (2010) quienes afirman que no encontraron diferencias significativas con la aplicación de AIB en las estacas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*), pero si entre el aditivo AIB (0%) y el tratamiento testigo (39.5%), pues según el autor señala que al no aplicar las auxinas a las estacas, el brote empezó a desarrollarse antes que las raíces.

En cuanto a la influencia de la fitohormona enraizante orgánica (extracto de sauce) alcanzó 6.42 brotes frente al tratamiento testigo (5.08). Estos resultados manifiestan que el material vegetativo utilizado presenta características óptimas como alto contenido de carbohidratos y azúcares quienes dan origen a yemas y brotes, debido a las concentraciones hormonales como la citoquinina presentes naturalmente en las estacas siendo responsables de la brotación de brotes.

Resultados inferiores reporta Huarhua (2017) señalando que no encontró diferencias significativas en el número de brotes en estacas de queñua (*Polylepis incana*) con la aplicación de extracto de sauce y el tratamiento testigo, obteniendo en ambos casos 3 brotes; el mismo autor refiere, que para aumentar el número de brotes es necesario mantenerlos a temperaturas altas (25° a 35°) donde se estimula mejor el desarrollo de la yemas con anticipación de raíces, además aumentarla pérdida de la hojas, pero estas condiciones también podrían causar estrés en los esquejes y posterior muerte.

Para Mesen (1998) las concentraciones más utilizadas de AIB para la propagación vegetativa de varias especies esta entre 1000 y 2000 mg/L, sin embargo, a mayor concentración de las auxinas mejoraría el enraizamiento, dado que, aumentaría el transporte de las sustancias promotoras de enraizamiento y restringiría el crecimiento o la aparición de brotes en los esquejes durante el proceso de la rizogénesis sin la competición del brote en desarrollo.

No obstante, Paredes (2011) señala que el tratamiento sin la aplicación de alguna auxina supera al tratamiento con la aplicación de AIB, estos resultados son atribuidos posiblemente a que el material vegetativo, es decir, el esqueje obtenido presente un estado nutricional y hormonal optimo, ya que la nutrición de la planta madre ejercer una fuerte influencia en la iniciación y desarrollo de las raíces adventicias, además de los brotes.

Tabla 18

*Prueba de comparación de medias de las secciones de la rama respecto al número de brotes.*

Sección de la rama	Media (unidad)	Significancia
(SEB) <sub>0</sub>	9.08	a
(SEM) <sub>1</sub>	6.25	b
(SEA) <sub>2</sub>	5.17	b

En cuanto a los efectos del factor sección de la rama en el número de brotes, en base a la tabla 18 y figura 11, se puede indicar que en promedio los esquejes de la sección basal presentaron mayor cantidad de brotes con 9.08 brotes,

diferenciándose estadísticamente con el esqueje de sección medio y apical (6.25 y 5.17 brotes respectivamente), ello se debe a que en los esquejes de sección basal existe mayor cantidad de gradientes hormonales que en los esquejes de sección apical (Ruiz, 2009).

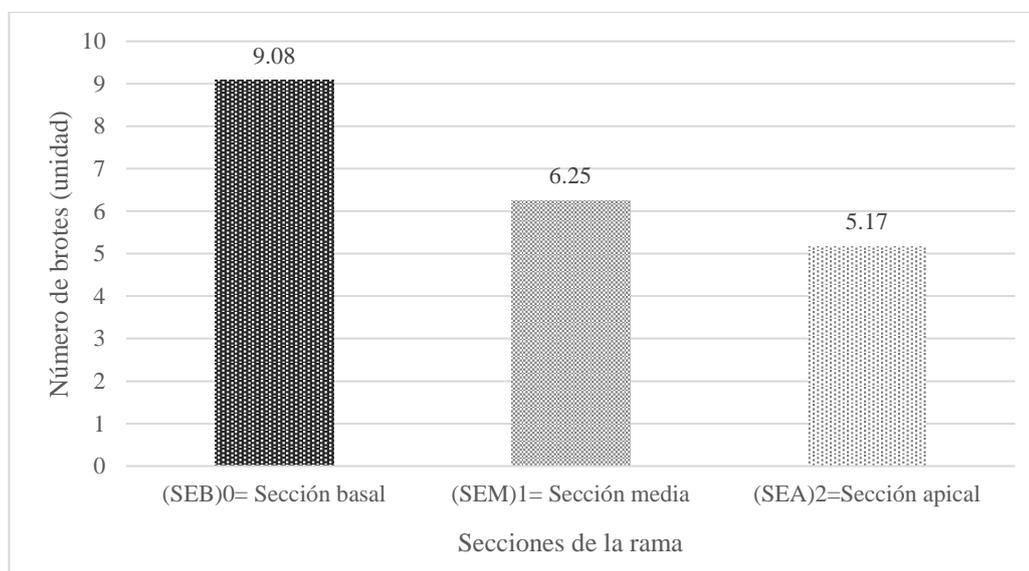


Figura 11: Número de brotes obtenidos con diferentes secciones de la rama.

Por su parte, Ruiz & Mesén (2010) manifiesta que no encontraron diferencias significativas entre el tipo de estacilla para la emisión de brotes, pero si mostraron superioridades en las estacas basales y medias (15.5 y 13 respectivamente) frente a la estaca apical con 9 brotes en las estacas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). También, Chagas et al. (2008); citado por Basauri et al. (2019) destacan mayor brotación en las estacas provenientes de las partes medias y basales de la rama, debido a la ausencia de la actividad de auxinas removidas del ápice. No obstante, Vidal (2010) expresa que el tipo de estaca apical y media influyeron favorablemente en el número de brotes en estacas juveniles de marupa (*Simarouba amara* AUBL.) (0.9 y 0.7 brotes respectivamente) frente a la estaca basal quien obtuvo el menor número de brotes (0.16 brotes).

Tabla 19

*Prueba de comparación de medias de los tratamientos con respecto al número de brotes en esquejes de queñua.*

N°	Número de brotes (unidad)			
	Tratamiento	Descripción de tratamientos	Media (unidad)	Sig.
1	T7	(FQR) <sub>2</sub> (SEB) <sub>0</sub>	12.25	a
2	T4	(FOS) <sub>1</sub> (SEB) <sub>0</sub>	8.25	b
3	T8	(FQR) <sub>2</sub> (SEM) <sub>1</sub>	7.75	bc
4	T9	(FQR) <sub>2</sub> (SEA) <sub>2</sub>	7.00	bcd
5	T1	(FST) <sub>0</sub> (SEB) <sub>0</sub>	6.50	bcde
6	T5	(FOS) <sub>1</sub> (SEM) <sub>1</sub>	6.00	cde
7	T2	(FST) <sub>0</sub> (SEM) <sub>1</sub>	5.00	def
8	T6	(FOS) <sub>1</sub> (SEA) <sub>2</sub>	4.75	ef
9	T3	(FST) <sub>0</sub> (SEA) <sub>2</sub>	3.75	f

Los resultados de la tabla 19 muestran la comparación de medias de los tratamientos, indicando que el número de brotes fue influenciado mayormente con la aplicación del tratamiento T7 (fitohormona enraizante químico (AIB rapid root) + sección basal (SEB)<sub>0</sub>) obteniendo 12.25 brotes, seguido del tratamiento T4, T8, T9, T1, T5, T2, T6 y T3 con 12.25, 7.75, 7.00, 6.50, 6.00, 5.00, 4.75 y 3.75 brotes, respectivamente, quienes a su vez no presentaron diferencias significativas entre sí, no obstante el T3 (sin la aplicación de Fitohormonas enraizantes (FST)<sub>0</sub> + sección apical (SEA)<sub>2</sub>) resulto el valor más bajo. Frente a ello, cabe mencionar que si una estaca o esqueje no cuenta con un buen sistema radicular no será posible presentar mayor número de brotes, dado que esta situación provocaría un desequilibrio entre la fotosíntesis y sustancias nutricionales de la estaca, fuentes utilizados para la formación de rebrotes mas no raíces, generando la muerte de la estaca (Ruiz, 2009). En la opinión de Hartmann & Kester (1998) la aparición y crecimiento de los brotes nuevos en la estaca es una característica no deseable durante el inicio de la rizogénesis, pues ello implicaría la disminución del desarrollo radicular.

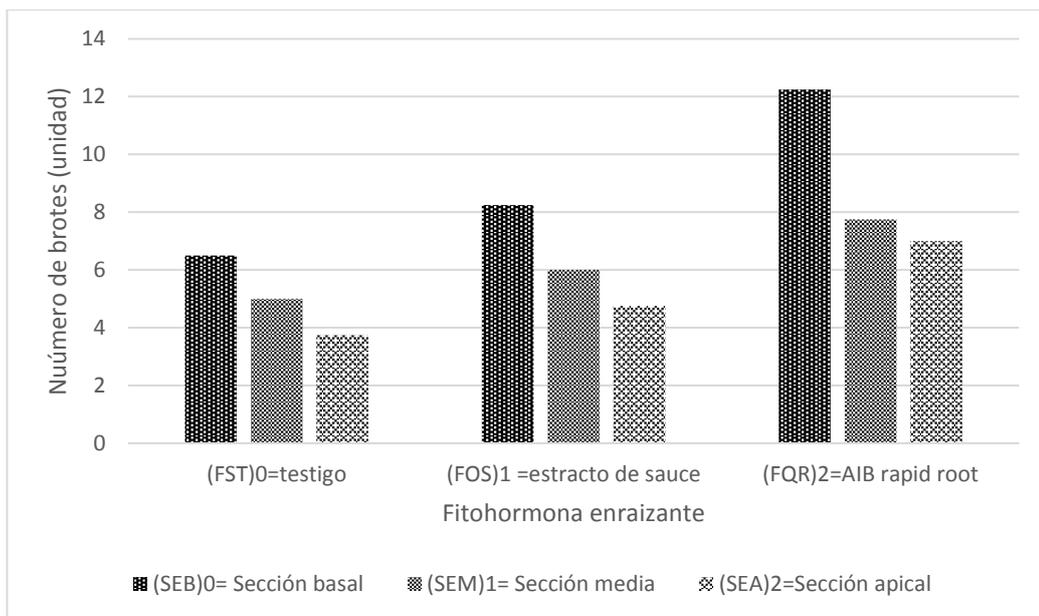


Figura 12: Número de brotes en la propagación vegetativa de esquejes de queñua.

#### 4.2.4. Longitud de brote

Para evaluar el efecto de la fitohormona enraizante y las secciones de la rama sobre el longitud de brote se realizó el análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ), en la tabla 20, se observa los resultados, en ella muestra que para el factor fitohormona enraizante se obtuvo el estadístico  $p = 0.0615$ , resultado mayor a 0.05 indicando que estadísticamente no presenta diferencias significativas entre los tratamientos. Por otro lado, el factor sección de la rama resultó  $p=0.0119$ , en efecto, si existe diferencias significativas entre los tratamientos, es decir la sección de la rama influye significativamente en la longitud de brotes en los esquejes de queñua; no obstante a la interacción de los factores AxB no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, es decir su comportamiento fue homogéneo.

Tabla 20

*Análisis de varianza del número de raíz en la propagación vegetativa de queñua*

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p- valor	Sig.
Bloque	0.03	3	0.01	0.26	0.8508	NS
Fitohormona enraizante	0.38	4	0.10	2.36	0.0615	NS

Sección de la rama	0.39	2	0.19	5.36	0.0119	S
AxB	0.38	4	0.10	2.36	0.0591	NS
Error	0.87	24	0.04			
Total	1.89	35				
C.V. %	10.95					

El coeficiente de variación (CV) determinado para la variable longitud de brote fue 10.95 %, resultado aceptable según Gordón & Camargo (2015) quienes consideran que los coeficientes de variación inferiores a 10% indican datos con alta precisión experimental, por ende acepta la validez del presente estudio.

Tabla 21

*Prueba de comparación de medias de las fitohormonas enraizantes con respecto a la longitud de brote en esquejes de queñua*

Fitohormona enraizante	Media (unidad)	Significancia
(FQR) <sub>0</sub>	3.00	a
(FOS) <sub>1</sub>	2.36	b
(FST) <sub>2</sub>	2.35	b

En la tabla 21 y figura 13, según la prueba de Duncan, numéricamente es superior la acción de la fitohormona enraizante química (AIB rapid root) en comparación al tratamiento testigo, logrado una longitud de brote de 6.7 cm, en comparación al tratamiento testigo de 2.35 cm. Resultados superiores son reportados por Winhelmann et al. (2018) quien obtuvo 10.12 cm con la influencia del ácido indol butírico (AIB) a una concentración de 2000 mg/L respecto al tratamiento control (9.16 cm) en estacas de *Angelonia integerrima*. Para Hartmann y Kester (1998) el aumento de la longitud de brote se debe a que los esquejes incrementaron su vigor después de aumentar su enraizamiento y número de raíces, permitiéndole absorber mayor cantidad de nutrientes del sustrato, con el fin de sostener e incrementar la elongación de los brotes. También señala que el factor temperatura tiene gran influencia en la estimulación y desarrollo de los brotes, siendo las temperaturas altas donde se registran una mejor incentivación a la formación de yemas y consecuentemente a la transformación de yemas y posterior longitud de las mismas.

Márquez (2017) sostienen haber obtenido una longitud de brote de 11.4 cm con la aplicación del enraizador rapid root frente al tratamiento testigo (7.71 cm) en las estacas de rosa (*Rosa sp.*). también, Azad & Matin (2015) en su estudio con estacas de caoba (*Swietenia macrophylla*) indican haber encontrado mayor longitud de brotes (15.51 cm) con la aplicación de AIB al 0.8% frente al testigo con 8.21 cm. estos resultados son superiores, porque son especies de rápido crecimiento en comparación al género *Polylepis* quienes son de lento desarrollo.

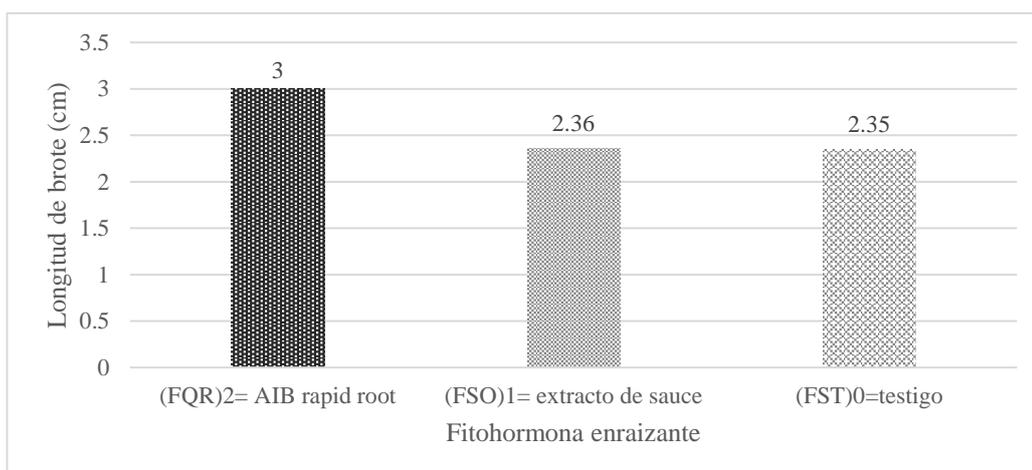


Figura 13: Longitud de brote obtenido con la aplicación de las fitohormonas enraizantes

Por su parte, Ruiz et al. (2005) afirma que la aplicación de AIB a 1.0 mg/g, tuvo efecto favorables en la longitud de brotes emitidas por las estacas *Gmelina arborea* Roxb., obteniendo 4.2 cm de longitud en relación al tratamiento testigo (3.7 cm). Basauri et al. (2019) por su parte indica longitudes de brote mucho mayores con la influencia del aditivo AIB rapid root en invernaderos con malla raschel combinado con arena fina, llegando a encontrar hasta 19.9 cm respecto al tratamiento control (28.8 cm) en las estacas de *Guazuma crinita* M.

Tabla 22

Prueba de comparación de medias de las secciones de la rama con respecto la longitud de brote.

Sección de la rama	Media (unidad)	Significancia
(SEB) <sub>0</sub>	2.92	a
(SEM) <sub>1</sub>	2.73	a
(SEA) <sub>2</sub>	2.06	b

Al analizar el efecto de las secciones de la rama sobre la longitud de brote, este factor estadísticamente tuvo alta significancia en la longitud del brote de los esquejes de queñua, según la tabla 22 y figura 14, la mayor longitud de brote fue obtenida a partir de la sección basal con 2.92 cm, seguida de la sección media con 2.73 y la sección apical con 2.06 cm, estos resultados se atribuyen a que existe una mayor concentración de gradientes hídricas, hormonales, nutrientes e inhibidores de enraizamiento en esquejes de sección basal, también las variaciones en diámetro y longitud de la estaca influyen en la longitud del brote. Resultados similares encontró Catunta (2015) quien indica que estacas de colle (*Buddleja coriacea* Remy) de sección basal obtuvo mayor influencia en la elongación de brotes (6.04 cm) en comparación a la sección apical (1.90 cm). Asimismo, Castro et al. (2016) en su estudio afirman que las esquejes de uchuva (*Physalis peruviana* L.) de tipo basal mostraron una mayor longitud de brote (9 cm) frente a las esquejes apicales (6 cm). En contraposición, Ruiz et al. (2005) describe que las estacas de *Gmelina arborea* Roxb de tipo apical alcanzaron mayor longitud (4 cm) mientras que las estacas basales solo llegaron a medir 2.9 cm. De manera similar Vidal (2010) considera que las estas se sección apical mostraron mayor influencia (6.69 cm) en la longitud de brote de las estacas de marupa (*Simarouba amara* AUBL.) en comparación a las estacas basales (1.54 cm) quienes obtuvieron la menor longitud. Por su parte, Durango & Humanez (2017) señalan la longitud máxima de los brote además del número de hojas permite aumentar su área foliar disponible para la producción de fotosintatos, los cuáles se traducen en la formación y crecimiento de raíces.

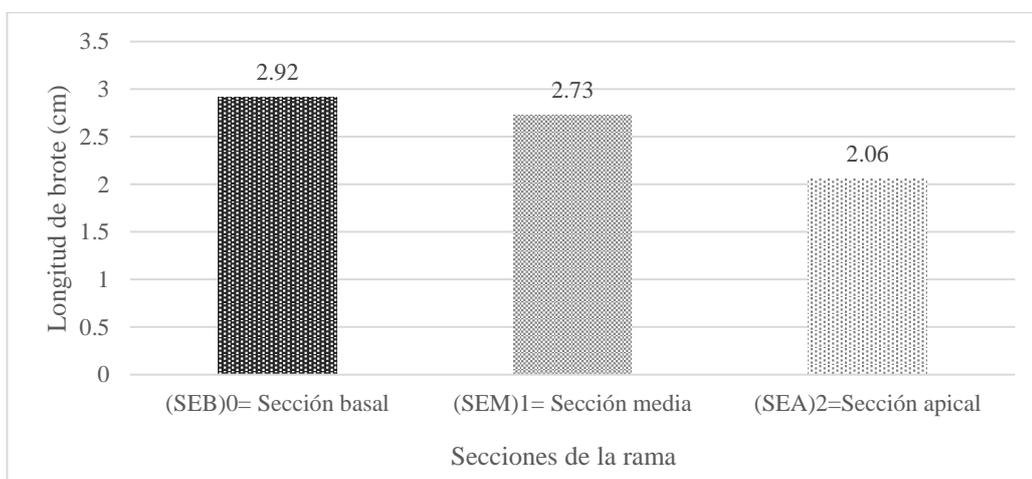


Figura 14: Longitud de brote obtenido con diferentes secciones de la rama.

Tabla 23

*Prueba de comparación de medias de los tratamientos con respecto a la longitud de brote en esquejes de queñua.*

N°	Longitud de brote (cm)			
	Tratamiento	Descripcion de tratamientos	Media (unidad)	Sig.
1	T7	(FQR) <sub>2</sub> (SEB) <sub>0</sub>	4.05	a
2	T8	(FQR) <sub>2</sub> (SEM) <sub>1</sub>	2.85	b
3	T5	(FOS) <sub>1</sub> (SEM) <sub>1</sub>	2.75	b
4	T2	(FST) <sub>0</sub> (SEM) <sub>1</sub>	2.60	b
5	T1	(FST) <sub>0</sub> (SEB) <sub>0</sub>	2.60	b
6	T6	(FOS) <sub>1</sub> (SEA) <sub>2</sub>	2.20	b
7	T9	(FQR) <sub>2</sub> (SEA) <sub>2</sub>	2.10	b
8	T4	(FOS) <sub>1</sub> (SEB) <sub>0</sub>	2.10	b
9	T3	(FST) <sub>0</sub> (SEA) <sub>2</sub>	1.88	b

En la tabla 23 y figura 15, muestran la comparación de medias de los tratamientos, indicando que la longitud de brote fue favorecido mayormente con la aplicación del tratamiento T7 (fitohormona enraizante químico (AIB rapid root) + sección basal (SEB)<sub>0</sub>) logrando una longitud de 4.05 cm, seguido del tratamiento T8, T5, T2, T1, T6, T9, T4 y T3 quienes no presentaron diferencias significativas entre sí, siendo el tratamientos T3 quien tuvo la menor influencia en la longitud del brote.

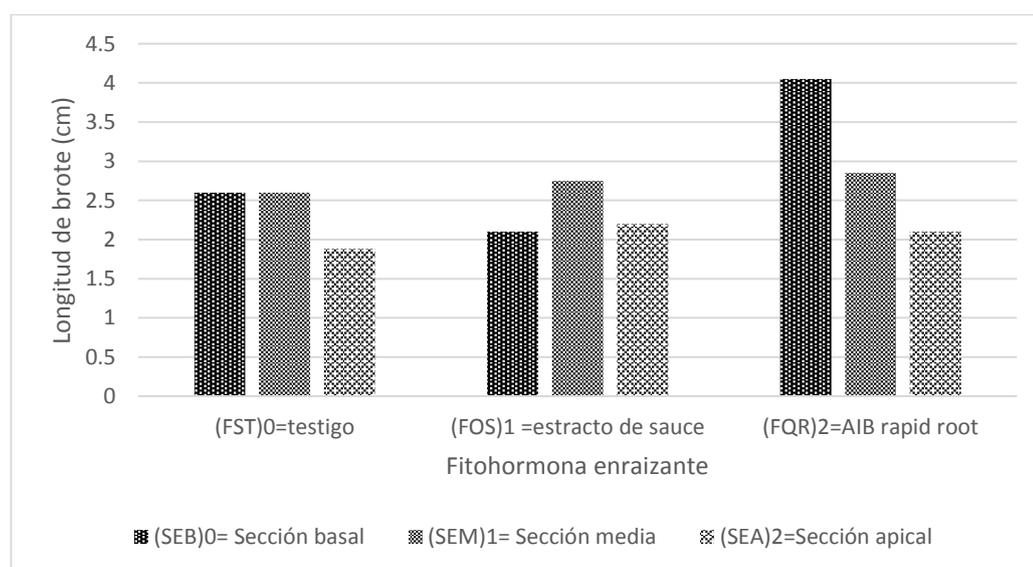


Figura 15: Longitud de brote en la propagacion vegetativa de esquejes de queñua

### **4.3. Estimación de la rentabilidad económica con uso de la fitohormona orgánica y química**

El análisis de rentabilidad económica en la propagación vegetativa de esquejes de queñua haciendo el uso de la fitohormona enraizante orgánica (extracto de sauce) y la fitohormona enraizante químicas (AIB rapid root) se realizó por tratamientos, como se muestra en las tabla 24, donde claramente nos señala tres grupos en evaluación. El primer grupo nos muestra tratamientos con el uso de la fitohormona enraizante químico, resultando ser el tratamiento T7 (fitohormona enraizante químico + esqueje sección basal) el más costoso, en comparación al tratamiento testigo. Dentro de ese contexto, el tratamiento T7, T8 y T9 presentaron el mayor costo en producción con 88.58 soles/tratamiento (72 bolsas); es decir, la producción de un plantón con el tratamiento T7, T8 o T9 equivale a 1.23 soles/bolsa, el valor que alcanza este tratamiento se debe a la aplicación del producto enraizador AIB rapid root.

Por otro lado, en el segundo grupo el tratamiento con la aplicación de la fitohormona enraizante orgánica (extracto de sauce) comprendido por los tratamientos T4, T5 y T6 presentaron un costo de 86.93 soles/tratamiento; eso significa que la producción de un plantón con la aplicación del extracto de sauce, asociado indistintamente de la sección del esqueje, equivalen a 1.20 soles/bolsa, ello debido al bajo costo del producto utilizado, en este caso el extracto de sauce.

En cuanto a los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron costos similares a los tratamientos T4, T5 y T6, dado que los tratamientos que no recibieron aplicación de la fitohormona enraizante químico, quien si presenta un costo adicional. Por ende, presentan el costo más bajo (86.91 soles/tratamiento). Resultados similares reporta Paredes (2011) en su estudio de propagación vegetativa sachá inchi con la aplicación del enraizador AIB rapid root asociado con sustratos, en la cual señala que los tratamientos a base de enraizador AIB rapid root + tierra agrícola + estiércol de vacuno y sin enraizador AIB rapid root (testigo) + tierra agrícola + estiércol de vacuno fueron los tratamientos que tuvieron mayor costo de producción con 75.26 soles y 63.56 nuevos soles, respectivamente.

Respecto al análisis de rentabilidad de los tratamientos (tabla 24), se observa que el mayor porcentaje de rentabilidad fue obtenido con el tratamientos T7 (fitohormona enraizante químico + esqueje de sección basal) con 90% de rentabilidad y el T8 (fitohormona enraizante químico + esqueje de sección media) con un porcentaje de rentabilidad de 66%, esta rentabilidad se debe, a que los tratamientos presentaron el mayor porcentaje de establecimiento (85.72% y 75% respectivamente); es decir, el haber obtenido el mayor número promedio de plantones vivos. Seguido de los tratamientos T1, T9, T4, T5, T6, T2 y T3 quienes obtuvieron el menor porcentaje de rentabilidad, cabe decir que son los tratamientos menos rentables para realizar propagación vegetativa con esquejes de queñua.

De la misma manera, según la tabla 24, los valores de la relación B/C indican que por cada nuevo sol de inversión, se generaría, en el caso del T7, un ingreso de 1.90 nuevos soles, es decir, un 90% de rentabilidad. En el caso del tratamiento T3 se obtendría un ingreso de 1.17 nuevos soles por cada sol de inversión, vale decir un 17% de rentabilidad. Teniendo este análisis de costos y rentabilidad se podrá tomar decisiones para la elección de los tratamientos a realizar en los futuros trabajos sobre propagación vegetativa.

En la opinión de Leakey et al. (1990) manifiestan que un enraizamiento por debajo del 70% se considera perjudicial a nivel comercial para cualquier especie. En ese sentido, es recomendable realizar propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis tomentella* W.) con el uso de la fitohormona enraizante químico (AIB rapid root) debido a que los tratamientos con la aplicación del aditivo se asegura un mayor porcentaje de establecimiento y un mayor porcentaje de rentabilidad en comparación con el uso de la fitohormona enraizante orgánico o sin la aplicación de la fitohormona enraizante, quienes mostraron el menor porcentaje de establecimiento, menor número y longitud de raíces y brotes en los esquejes de queñua evaluados en el presente estudio. A ello se suma que, la aplicación de la fitohormona enraizante químico (AIB rapid root), presentó un costo de producción muy similar con la aplicación de la fitohormona enraizante orgánica (extracto de sauce) y el tratamiento testigo; sin embargo, la rentabilidad es mayor con la aplicación de la fitohormona enraizante químico.

Tabla 24

*Análisis de costos generales*

Código	Tratamiento	Número de bolsa/tratamiento	Costos				Total/tratamiento
			Mano de obra (S/.)	Productos (S/.)	Insumos (S/.)	Materiales (S/.)	
T1	(FST) <sub>0</sub> (TEB) <sub>0</sub>	72	37.78	1.33	3.05	44.75	86.91
T2	(FST) <sub>0</sub> (TEM) <sub>1</sub>	72	37.78	1.33	3.05	44.75	86.91
T3	(FST) <sub>0</sub> (TEA) <sub>2</sub>	72	37.78	1.33	3.05	44.75	86.91
T4	(FOS) <sub>1</sub> (TEB) <sub>0</sub>	72	37.78	1.35	3.05	44.75	86.93
T5	(FOS) <sub>1</sub> (TEM) <sub>1</sub>	72	37.78	1.35	3.05	44.75	86.93
T6	(FOS) <sub>1</sub> (TEA) <sub>2</sub>	72	37.78	1.35	3.05	44.75	86.93
T7	(FQR) <sub>2</sub> (TEB) <sub>0</sub>	72	37.78	3.00	3.05	44.75	88.58
T8	(FQR) <sub>2</sub> (TEM) <sub>1</sub>	72	37.78	3.00	3.05	44.75	88.58
T9	(FQR) <sub>2</sub> (TEA) <sub>2</sub>	72	37.78	3.00	3.05	44.75	88.58
Costos generales			340.02	17.04	27.45	402.75	787.26

Tabla 25

*Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio*

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Numero de bolsa/tratamiento</b>	<b>Numero de plantones vivos/tratamiento</b>	<b>Costo total/tratamiento (S/.)</b>	<b>Ingreso bruto (S/.)</b>	<b>Beneficio neto (s/.)</b>	<b>Relación (b/c)</b>	<b>Porcentaje de rentabilidad (%)</b>
T1	(FST) <sub>0</sub> (TEB) <sub>0</sub>	72	38	86.91	133.00	46.09	1.53	53
T2	(FST) <sub>0</sub> (TEM) <sub>1</sub>	72	32	86.91	112.00	25.09	1.29	29
T3	(FST) <sub>0</sub> (TEA) <sub>2</sub>	72	29	86.91	101.50	14.59	1.17	17
T4	(FOS) <sub>1</sub> (TEB) <sub>0</sub>	72	37	86.93	129.50	42.57	1.49	49
T5	(FOS) <sub>1</sub> (TEM) <sub>1</sub>	72	35	86.93	122.50	35.57	1.41	41
T6	(FOS) <sub>1</sub> (TEA) <sub>2</sub>	72	33	86.93	115.50	28.57	1.33	33
T7	(FQR) <sub>2</sub> (TEB) <sub>0</sub>	72	48	88.58	168.00	79.42	1.90	90
T8	(FQR) <sub>2</sub> (TEM) <sub>1</sub>	72	42	88.58	147.00	58.42	1.66	66
T9	(FQR) <sub>2</sub> (TEA) <sub>2</sub>	72	38	88.58	133.00	44.42	1.50	50

\*Precio del plantón de queñua = S/. 3.50

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

La aplicación de la fitohormona enraizante química (AIB rapid root) tuvo efectos significativos en la propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis tomentella* W.), obteniendo los mayores resultados en el porcentaje de establecimiento (76.19%), número de raíces (12 raíces), longitud de raíz (18.53 cm), número de brotes (9 brotes) y longitud de brote (3 cm), en comparación al tratamiento con la aplicación de la fitohormona enraizante orgánico (extracto de sauce), quienes obtuvieron los menores resultados en porcentaje de establecimiento (62.5%), número de raíces (10.92 raíces), longitud de raíz (15.19 cm), número de brotes (6.42 brotes) y longitud de brote (2.36 cm).

Los esquejes de la sección basal de la rama asociado con la fitohormona enraizante química (AIB rapid root) mostraron mayor aptitud propagativa, ya que se obtuvo mayor porcentaje de establecimiento (73.22%), mayor número y longitud de raíces (12.08 raíces y 18.21 cm), y mayor número y longitud de brotes (9.08 y 2.92 cm), respectivamente. Seguido de los esquejes de la sección media, donde se obtuvo un porcentaje de establecimiento de 64.88%, número y longitud de raíces de 10.42 raíces y 14.81 cm, respectivamente, y número y longitud de brotes de 6.25 y 2.73 cm, respectivamente; asimismo los esquejes de la sección apical tuvieron la menor influencia en el porcentaje de establecimiento, número y longitud de raíces y brotes.

El tratamiento más rentable resultó ser el tratamiento 7 (fitohormona enraizante químico (AIB rapid root) asociado con esquejes de la sección basal), logrando un porcentaje del 90% de rentabilidad; es decir, por cada nuevo sol de inversión se obtendría un ingreso de 1.90 nuevos soles. Sin embargo, el tratamiento menos rentable fue el tratamiento T3 (sin fitohormona enraizante asociado con esquejes de sección apical) alcanzando un 17% de rentabilidad; cabe decir, que con la aplicación del tratamiento T3 se obtendría un ingreso de 1.17 nuevos soles por cada sol de inversión.

## **5.2. Recomendaciones**

Efectuar trabajos de investigación sobre propagación vegetativa de esquejes o estacas de queñua evaluando factores internos como dosis hormonales, longitud de esquejes y área foliar, además de factores externos como tipo de sustratos y ambientes controlados.

Experimentar otros métodos de propagación vegetativa como acodos y brinzales en diversas especies forestales nativas.

Realizar estudios de enraizamiento con esquejes de queñua de diversas especies del género *Polylepis*, ya que existe considerable variación de enraizamiento entre especies.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alvidrez, S., Espinoza, J., & Prieto, J. A. (2011). *Análisis de rentabilidad de viveros forestales en el estado de Chihuahua* (1.<sup>a</sup> ed.). Mexico.
- Aquino, Y. (2020). *Efecto de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, en el prendimiento de estacas de dos especies de cantuta (Cantua buxifolia y Cantua tomentosa) en invernadero Ilave - Puno*. Universidad Nacional de Puno.
- Arancibia, A. V. (2017). *Propagación vegetativa de dos especies de bambú en la selva Nor Oriental*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Arenas, R., M.A., D., Hernández, I., Parraguirre, C., Márquez, M., & Huerta, M. (2013). Evaluación económica de cáscara de nuez como sustrato para producción de plántulas de *Pinus patula* Schl. et Cham. en vivero. *Avabces En Investigación Agropecuaria*, 2(2), 23-40.
- Ayma, A. I. (2015). Forma del esqueje de queñua ( *Polylepis lanata* ) para su enraizamiento ( Cochabamba , Bolivia ). *Boletín Proyecto de Manejo y Restauración de Bosques de Independencia*, (Año), 1-4.
- Azad, M. S., Alam, M. J., Mollick, A. S., & Khan, M. N. I. (2018). Rooting of cuttings of the wild Indian almond tree (*Sterculia foetida*) enhanced by the application of indole-3-butyric acid (IBA) under leafy and non-leafy conditions. *Rhizosphere*, 5, 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.11.001>
- Azad, M. S., & Matin, M. A. (2015). Effect of indole-3-butyric acid on clonal propagation of *Swietenia macrophylla* through Branch Cutting. *Journal of Botany*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/249308>
- Basauri, Y. (2017). *Propagación vegetativa por estacas de bolaina blanca (Guazuma crinita mart.) mediante minitúneles en ambientes controlados en San Alejandro, Irazola-Ucayali*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Basauri, Y., Guerra, W. F., Gorbitz, G. E., Lombardi, I., Guerra, H., Medeiros, E., ... Abanto, C. (2019). Enraizamiento de miniestacas de *Guazuma crinita* M. utilizando diferentes invernaderos, sustratos y aditivos. *Scientia Forestalis*, 47(124), 632-643. <https://doi.org/10.18671/scifor.v47n124.05>

- Cachique, D., Rodriguez, Á. M., Ruiz, H., Vallejos, G., & Solis, R. (2011). Propagación vegetativa del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación en la Amazonia Peruana. *Folia Amazónica*, 20(1-2), 95. <https://doi.org/10.24841/fa.v20i1-2.348>
- Canchan, R. E. (2017). *Identificación y propagación de Guadua sp. con fitoreguladores, Pichanaqui - Perú*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Cano, B. (2020). *Propagación vegetativa de Guadua aff. angustifolia a partir de chusquines en condiciones de vivero*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Castrillón, Juan C., Carvajal, E., Ligarreto, G., & Magnitskiy, S. (2008). El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*) en diferentes sustratos. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 16-22.
- Castro, I., Alves, O., De Assis, F., & Wendling, I. (2016). Enraizamiento de estacas juveniles de *Bertholletia excelsa* con diferentes concentraciones de ácido indolbutírico. *Agrociencia*, 50(2), 227-238.
- Catunta, D. (2015). *Propagación vegetativa de quilli (Buddleja coriacea Remy) por medio de estacas de tres zonas de la copa del árbol, en la comunidad aymara llallawa*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Cerdá, A. (2013). *Multiplificación de plantas leñosas: Estacas de tallo*. España-Madrid.
- Chater, J. M., Merhaut, D. J., Preece, J. E., & Blythe, E. K. (2017). Rooting and vegetative growth of hardwood cuttings of 12 pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 221(December 2016), 68-72. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.04.025>
- Chauhan, H. K., Bisht, A. K., Bhatt, I. D., & Bhatt, A. (2020). Protocol for vegetative propagation of *Trillium govianum* Wall ex D. Don. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 16, 100233. <https://doi.org/10.1016/J.JARMAP.2019.100233>
- Coimbra, I., Alves, O., De Assis, F., & Wendling, I. (2016). Enraizamiento de estacas juveniles de *Bertholletia excelsa* con diferentes concentraciones de ácido indolbutírico. *Agrociencia*, 50(2016).

- Cornejo, V. (2018). *Propagación vegetativa de tres especies forestales potenciales para la recuperación de áreas degradadas en la región Ucayali*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Cremonez, F., Cremonez, P., De camargo, M., & Feiden, A. (2013). Principais Plantas Com Potencial Alelopático Encontradas Nos Sistemas Agrícolas Brasileiros. *Acta Iguazu*, 2(5), 70-88.
- Cuquel, F. L., & Mimani, K. (1994). Enraizamento de estacas de crisântemo *Dendranthema morifolium* (RAMAT.) tratadas com ácido indolbutírico veiculado em talco. *Scientia Agricola*, 51(1), 28-35. <https://doi.org/10.1590/s0103-90161994000100005>
- Cuyckens, G., & Renison, D. (2018). Ecología y conservación de los bosques montanos de *Polylepis*. *Asociación Argentina de Ecología*, 28, 157-162.
- Darby, I. D., Hosseini Bai, S., Wallace, H. M., & Trueman, S. J. (2021). Adventitious rooting of cuttings from the therapeutic honey plants, *Leptospermum polygalifolium* and *L. scoparium*. *Rhizosphere*, 17, 100306. <https://doi.org/10.1016/J.RHISPH.2021.100306>
- De Oliveira, J., Dos santos, M., Oliveira, E., Leite, F., & Dal, E. (2020). Influência do extrato de (*Cyperus Rotundus*) na reprodução vegetativa de *Handroanthus Chrysotrichus* (Mart. Ex Dc.). *Brazilian Journal of Development*, 6(1), 4303-4308. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-366>
- Dias, P. C., Xavier, A., de Oliveira, L. S., de Paiva, H. N., & Correia, A. C. G. (2012). Propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. *Revista Arvore*, 36(3), 389-399. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000300001>
- Donfagsiteli, N., Claude, H. J., Fotso, Nzweundji, G., Tsabang, N., Dongmo, B., ... Ndoumou, D. (2013). Improving propagation methods of *Riciodendron heudelotti* Baill. from cuttings. *South African Journal of Botany*, 88, 3-9. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2013.04.015>
- Dos Santos, J., Davide, A. C., Teixeira, L., Melo, A., & Melo, L. (2011). Enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais nativas. *Cerne*, 17, 293-301.

- Durango, E., & Humanez, A. (2017). Enraizamiento de esquejes de Caña Agria (*Cheilocostus speciosus*. J. Koenig). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 19(2), 133-139. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n2.70395>
- Elhaak, M., Matter, M., Zayed, M., & Gad, D. (2015). Propagation Principles in Using Indole-3-Butyric Acid for Rooting Rosemary Stem Cuttings. *Journal of Horticulture*, 02(01), 1-13. <https://doi.org/10.4172/2376-0354.1000121>
- Espejo, E. (2015). *Evaluación de la eficiencia de cuatro enraizadores y dos longitudes de corte para la propagación vegetativa de esquejes de queñua (Polylepis racemosa subespecie triacotandra) a nivel vivero, en el municipio de el alto*. Universidad Mayor de San Andrés.
- Fachinello, J. C., Hoffmann, A., Nachtigal, J. C., Kersten, E., & Fortes, G. R. L. (2005). Propagação de plantas frutíferas. EMBRAPA.
- Fadl, M., & Hartmann, H. T. (1967). Isolation, Purification, and Characterization of an Endogenous Root-promoting Factor Obtained from Basal Sections of Pear Hardwood Cuttings. *Plant Physiology*, 42(4), 541-549. <https://doi.org/10.1104/pp.42.4.541>
- Gordón-Mendoza, R., & Camargo-Buitargo, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 55. <https://doi.org/10.15517/am.v26i1.16920>
- Haissig, B. (1974). Influences of auxins and auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development. *NZJ For. Sci*, 4(31), 1-323.
- Haissig, B. (1986). Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings. *Developments in Plant and Soil Sciences*, 20(978-94-009-4358-2), 141-189. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-94-009-4358-2\\_5](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-94-009-4358-2_5)
- Hartmann, H., & Kester, D. (1998). *Propagación de plantas: Principios y prácticas*. (PRENTICE-HALL, Ed.) (Sexta). México.
- Hopkins, W. G., & Huner, N. P. (2009). *Introduction to Plant Physiology*. (M. Baigent/Alamy, Ed.) (Four). India: Kendallville.
- 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*. Universidad José Carlos

Mariátegui.

- Ibrahim, M. E., Mohamed, M. A., & Khalid, K. A. (2015). Effect of plant growth regulators on the rooting of lemon verbena cutting. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(1), 28-33.
- Inga, H., & Paredes, E. (2019). Enraizamiento de esquejes de Palisangre (*Brosimum rubescens* Taub) mediante Ácido indol-3-butírico (AIB), en Jenaro Herrera, Loreto, 29(1), 77-82. Recuperado a partir de <http://repositorio.iiap.org.pe/handle/IIAP/427>
- INIA. (2014). *Tecnologías de producción en viveros de cuatro especies forestales en el valle del mantaro*. (Y. Zanabria & J. Cuellar, Eds.) (Primera ed).
- Jannat, M., Hossain, M. K., Alam, M. S., Hossain, M. A., & Kamruzzaman, M. (2017). Vegetative propagation of Tali (*Palaquium polyanthum* Engl.) for commercial harvest and landscape conservation. *Rhizosphere*, 3(P1), 9-12. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2016.11.003>
- Jimenez Lemus, W. (2008). *Contabilidad De Costos. Contabilidad de costos*.
- Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Capítulo XV Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. *Fisiología Vegetal*. <https://doi.org/v150806>
- Justamante, M. S., Ibáñez, S., Villanova, J., & Pérez-Pérez, J. M. (2017). Vegetative propagation of argan tree (*Argania spinosa* (L.) Skeels) using in vitro germinated seeds and stem cuttings. *Scientia Horticulturae*, 225(June), 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.066>
- Kessler, M. (2006). Bosques de *Polylepis*. *Botánica económica de los Andes centrales*, 110-120.
- Kettenhuber, P. W., Sousa, R., & Sutili, F. (2019). Vegetative propagation of Brazilian Native species for restoration of degraded areas. *Floresta e Ambiente*, 26(2). <https://doi.org/10.1590/2179-8087.095617>
- Kim, S. H., Kim, J. H., Oh, H. J., Kim, S. Y., & Suh, G. U. (2021). Vegetative propagation of *Veronica dahurica* and *Veronica pusanensis* by stem cuttings with auxins. *Rhizosphere*, 17, 100315. <https://doi.org/10.1016/J.RHISPH.2021.100315>
- Latsague, M., Patricia, S., & Enrique, H. (2008). Inducción de enraizamiento en estacas de *Berberidopsis corallina* con ácido indolbutírico. *Bosque*, 29(3), 227-230.

- Latsaguel, M., Sáez, P., & Yáñez, J. (2009). Efecto del ácido indolbutírico en la capacidad rizogénica de estacas de *Eucryphia glutinosa*. *Bosque*, 30(2), 102-105. <https://doi.org/10.4067/s0717-92002009000200006>
- Leakey, R., & Mohammed, H. (1985). The effects of stem length on root initiation in sequential single-node cuttings of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. *Journal of Horticultural Science*, 60(3), 431-437. <https://doi.org/10.1080/14620316.1985.11515648>
- Leakey, R. R. B., Mesen, F., Tchoundjeu, Z., Christopher, A., Lingman, K. A., Dick, J. M., & Newton, A. (1990). Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. *Commonwealth Forestry Review*, 69(3), 247-257. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-805356-0.00017-9>
- Loach, K., & Gay, A. P. (1979). The light requirement for propagating hardy ornamental species from leafy cuttings. *Scientia Horticulturae*, 10(3), 217-230. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0304-4238\(79\)90077-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0304-4238(79)90077-3)
- Márquez, S. (2017). *Efecto de tres enraizadores y dos tipos de sustratos en estacas de rosa (Rosa sp) del patrón natal Brier en condiciones de vivero en el instituto de educación rural (IER) San Salvador, Calca-Cusco*. Universidad Jose Carlos Mariátegui.
- McSteen, P., Scheres, B., & Yunde, Z. (2013). Auxin: special. *Journal of Experimental Botany*, 64(9), 2539-2540. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert167>
- Medina, Y. P. (2016). *Evaluación de sustancias endógenas promotoras del enraizamiento presentes en Salix chilensis Molina mediante bioensayos en Vigna radiata (L.) R. Wilczek y Rubus ulmifolius Schott*. Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa.
- Mendoza, W. (2012). *El género Polylepis en el Perú*. (Editorial Academica Española, Ed.) (1er ed.). Perú.
- Mendoza, W., & Cano, A. (2011). Diversidad del género *Polylepis* ( Rosaceae , Sanguisorbeae ) en los Andes peruanos. *Revista Peruana de Biología*, 18(2), 197-200. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v18i2.228>
- Mesen, F. (1993). *Vegetative propagation of Central American hardwoods*. University of Edinburgh, Scotland.

- Mesen, F. (1998). *Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigacion*. (CATIE, Ed.) (Centro Agr). Costa Rica.
- Mete, M. R. (2014). Valor Actual Neto y Tasa de Retorno: Su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversion. *Fides Et Ratio*, VOL 7(2071-081), 67-85. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(92\)90135-K](https://doi.org/10.1016/0960-8524(92)90135-K)
- Morales, L. (2015). Estado actual del bosque de Polylepis y su eficiencia en la captura de CO<sub>2</sub> en la Provincia de Tarata, departamento de Tacna. *Revista Ciencia & Desarrollo*, 19(2304-8891), 3643.
- Morales, L., Aragón, G., & Silvia, E. D. (2015). Caracterización Fenotípica Del Género Polylepis En El Bosque Nativo De La Provincia De Candarave-Tacna. *Ciencia & Desarrollo*, (15), 18-25. <https://doi.org/10.33326/26176033.2013.15.311>
- Morales Ruiz, E. J. (2016). *Propagación vegetativa de copaiba (Copaifera paupera (HERZOG) DWYE) mediante enraizamiento de estaquillas juveniles en cámaras de subirrigación, en Jenaro Herrera, Loreto, Perú*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Morillo, M. (2001). Rentabilidad Financiera y Reducción de Costos. *Actualidad Contable Faces*, 4(4), 35-48.
- Morín Maya, E. (2017). *Indicadores de Rentabilidad*. México: Centro de estudios para la preparación y evaluación socioeconómica de proyectos.
- Muñoz, M., & Molina, R. (2016). Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y edad de las estacas en el enraizamiento de Myrceugenia exsucca. *Bosque (Valdivia)*, 37(3), 637-641. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000300021>
- Oliva, C. (2005). *Efecto de fitoreguladores enraizantes y la temperatura en el enraizamiento de estacas de Myrciaria dubia (HBK) MC Vaugh, camu camu arbustivo, en Ucayali-Perú*.
- Osuna, H. R., Osuna, A. M., & Fierro, A. F. (2016). *Manual de propagación de plantas superiores*. (Villa Quietud, Ed.) (2017.<sup>a</sup> ed.). Mexico.
- Otavo, S., & Echeverría, C. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(4), 924-935. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.041>

- Paredes, M. I. (2011). *Enraizado de estacas de sacha inchi (Piukenetia volubilis L.) En seis tipos de sustrato con aplicación de ácido indolbutírico*. Universidad Nacional Agraria de la selva- Facultad de Agronomía.
- Pretell, J., Ocaña, D., Jon, R., & Barahona, E. (1985). Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la sierra peruana. *Fao*, 86.
- Quispe, L. (2018). Efecto de las hormonas de enraizamiento en esquejes de álamo (*Populus deltoides*) bajo riego por capilaridad. *Revista de la carrera de ingeniería Agronómica-UMSA*, 4(25199382), 1009-1020.
- Quispe, M. E. (2013). *Propagación vegetativa de esquejes de queñua (Polylepis besseri Hieron) en base a la aplicación de dos enraizadores naturales y tres tipos de sustratos en el vivero de la comunidad de Huancané*. Universidad Mayor de San Andrés.
- Ramirez, R. (2019). *Propagación clonal de bambú (Guadua angustifolia Kunth) con diferentes dosis de ácido indolbutírico en cámara de invernadero, Tingo María*". Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Renison, D., & Cingolani, A. M. (1998). Experiencias en germinación y reproducción vegetativa aplicadas a la reforestación con *Polylepis australis* (Rosaceae) en las Sierras Grandes de Córdoba, Argentina. *Agriscientia*, 15, 47-53. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v15.n0.2607>
- Renison, D., Hensen, I., & Cingolani, A. M. (2004). La degradación antropogénica del suelo afecta la viabilidad de las semillas en los bosques montañosos de *Polylepis australis* del centro de Argentina. *Forest Ecology and Management*, 196(2-3), 327-333. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.03.025>
- Rocha, G. T., Da Silva, A. G., Martins, J. B., Peixoto, N., & Rodrigues, F. (2019). Vegetative propagation of *Spondias tuberosa* e *Spondias dulcis* with the use of immersion in indole acetic acid. *Revista Caatinga*, 32(4), 858-866. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n401rc>
- Rodas, O. A. (1988). *Evaluación de cinco métodos de propagación vegetativa en siete especies de Bambú, en San Miguel Panán, Suchitepequez*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Rojas, S., García, J., & Alarcón, M. (2004). *Propagación asexual de plantas: Conceptos Básicos y Experiencias con Especies Amazónicas*.  
<https://doi.org/10.1002/9781118551462.ch8>
- Román, G. E. (2014). *Efecto de la hormona AIB en el enraizamiento de estacas juveniles de Croton lechleri Muell. Arg.* Universidad Nacional Agraria la Molina. Recuperado a partir de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2360>
- Ruiz, H. (2009). *Efecto de cuatro dosis de ácido indolbutírico y tres tipos de estacas en el enraizamiento de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) en San Martín*. Universidad Nacional de la Selva.
- Ruiz, H., & Mesén, F. (2010). Efecto del ácido indolbutírico y tipo de estaquilla en el enraizamiento de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*). *Agronomía Costarricense*, 34(2), 269-285.
- Ruiz, R., Vargas, J., Cetina, V. C., & Villegas, A. (2005). Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizado de *Gmelina arborea* Roxb. *Rev. Fitotecnia Mexicana*, 28(4), 319-326.
- Ruizl, H., & Mesén, F. (2010). Efecto del ácido indolbutírico y tipo de estaquilla en el enraizamiento de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*). *Agronomía Costarricense*, 34(2), 269-285.
- Samarakoon, U. C., Funnell, K. A., Woolley, D. J., & Morgan, E. R. (2015). Influence of photoperiod regime and exogenous plant growth regulators on crown bud formation in gentian. *Scientia Horticulturae*, 182, 56-64.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.11.023>
- Sánchez Ballesta, J. P. (2002). Análisis de Rentabilidad de la empresa. *Análisis de Rentabilidad de la empresa*, 1-24.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2012.03.003.Effects>
- Santelices, R., & Garcia, C. (2003). Efecto del ácido indolbutírico y la ubicación de la estaca en el rebrote de tocón sobre la rizogénesis de *Nothofagus alessandrii* Espinosa. *Bosque (Valdivia)*, 24(2). <https://doi.org/10.4067/s0717-92002003000200006>

- Santos, R. G., Sousa, I. M. De, Albuquerque, C. C. De, & Maria, K. (2016). Tipo de estaca e substrato na propagação vegetativa de *Lippia gracilis* Schauer Cutting type and substrate on vegetative propagation of *Lippia gracilis* Schauer. *Plant Science*, 83, 1-4. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000012014>
- Segovia M., Domic A., Boza T., K. M. (2018). Implicancias para los estudios ecológicos, la conservación y la restauración de sus bosques. *Ecología Austral*, 28, 188-201.
- Segovia, M. C., Domic, A., Boza, T. E., & Kessler, M. (2018). Situación taxonómica de las especies del género *Polylepis*. Implicancias para los estudios ecológicos, la conservación y la restauración de sus bosques. *Ecología Austral*, 28, 188-201.
- Segura, M. A., Andrade, H. J., & Mojica, C. A. (2019). Structure, floristic composition and carbon storage in native forests of Paramo de Anaime, Tolima, Colombia. *Ciencia Florestal*, 29(1), 157-168. <https://doi.org/10.5902/1980509826551>
- Shiue, B., Sales, A., Vilela, S., Alves, A., Ronie, E., & Pereira, J. (2019). Growth regulators induced shoot regeneration and volatile compound production in *Lippia rotundifolia* Cham., a threatened medicinal plant. *Industrial Crops and Products*, 137(May), 401-409. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.050>
- Silva, G. (2015). *Efecto de diferentes dosis de ácido indol butirico en el enraizamiento de estacas de Lonchocarpus utilis (barbasco) en vivero*. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia.
- Simpson, B. B. (1979). A Revision of the Genus *Polylepis* (Rosaceae: Sanguisorbeae). *Smithsonian Contributions to Botany*, (43), 1-62. <https://doi.org/10.5479/si.0081024X.43.1>
- Snedecor, G., & Crocan, W. (1980). *Statistical methods*. *Journal of the Royal Statistical Society* (7th Editio, Vol. 109). State University Press, Iowa, EE UU. <https://doi.org/10.2307/2981342>
- Solis, R., Gonzales, N., Pezo, M., Arévalo, L., & Vallejos-Torres, G. (2019). Rooting of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) juvenile cuttings in microtunnels. *Acta Agronomica*, 68(1), 35-40. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n1.72101>
- Soudre, M., Vidal, F., Mori, J., Guerra, H., Mesen, F., & Perez, F. (2011). Propagación vegetativa de tornillo *Cedrelinga cateniformis* (DUCKE) mediante enraizamiento de estacas juveniles en propagador de subirrigación. *Folia amazonica*, 19, 61-68.

- Tejeda, J. (2019). *Efecto del ácido indol butírico (AIB) en el enraizamiento y adaptabilidad de segmentos nodales de cuatro variedades de arándano (Vaccinium corimbosum) en microtúnel, Chachapoyas – Amazonas*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez Mendoza de Amazonas.
- Torres, Y. B., Arévalo, W. F. G., Dupuy, G. E. G., Indacochea, I. L., Arévalo, H. G., de Oliveira, E. M., ... Abanto-Rodríguez, C. (2019). Rooting of minicuttings of Guazuma crinita M. Using different greenhouses, substrates and additives. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, 47(124), 632-643. <https://doi.org/10.18671/scifor.v47n124.05>
- Trevizan, J. F., & Aguilar, R. A. (2019). Evaluación del proceso de viverización para obtención de plantas de queñoa (*Polylepis rugulosa* Bitter) con distintos tipos de sustratos en la localidad de Chapiquiña, XV región de Arica y Parinacota, Chile. *Idesia (Arica)*, 37(3), 89-97. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292019000300089>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2017). *Polylepis tomentella* ssp. *incanoides*. (Vol. 8235). <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T37153A10037077.en>
- Valencia, B. G., Bush, M. B., Coe, A. L., Orren, E., & Gosling, W. D. (2018). *Polylepis* woodland dynamics during the last 20,000 years. *Journal of Biogeography*, 45(5), 1019-1030. <https://doi.org/10.1111/jbi.13209>
- Vallejos, G., Gonzales, L. E. T., & Arévalo, L. A. (2014). Enraizamiento de brotes de tornillo (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke), en la Amazonía Peruana. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 11(27), 60. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v11i27.1779>
- Vega, C., Bermejo, J. C., Villegas, G., Quezada, J., Aguilar, M., & Conde, E. (2007). Propagación masiva de *Polylepis tomentella* Weddell ssp. nana mediante técnicas de cultivo in vitro. *Ecología en Bolivia*, 42, 102-120.
- Vega, C. K., Gabriela Villegas, C., Rocabado, P. A., Quezada, J. A. N., López, M. Y., & Quevedo, A. W. (2018). Reproductive biology of three *Polylepis* species (*P. neglecta*, *P. incarum* and *P. pacensis*), with emphasis on their germinative behavior. *Ecologia Austral*, 28(1), 310-324. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.1.703>
- Veierskov, B. (1988). *Relations between carbohydrates and adventitious root formation*. *Advances in Plant Sciences*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9492-2>

- Vernier, R., & Cardoso, S. (2013). Influência do ácido-butírico no enraizamento de estacas em espécies frutíferas e ornamentais. *Revista Eletrônica de Educação e Ciência*, 03(2), 11-16.
- Vidal, F. (2010). *Evaluación de cinco dosis del ácido indolbutírico, sustratos y características morfológicas en el enraizamiento de estacas juveniles de Simarouba amara AUBL. (MARUPA), Pucallpa - Perú*. Universidad Nacional de Ucayali.
- Vieira, J. B., & Geraldo, A. B. (2007). Efeito do ácido indolbutírico e época de coleta no enraizamento de estacas semi-lenhosas do cacauero. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(2), 204-208. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000200003>
- Winhelmann, M. C., Grzeça, G. T., Emer, A. A., Tedesco, M., Paris, P., Paolazzi, J., ... Schafer, G. (2018). Rooting of apical cuttings of *Angelonia integerrima* Sprengel: Concentrations of indole-3-butyric acid and substrates. *Ornamental Horticulture*, 24(2), 109-115. <https://doi.org/10.14295/oh.v24i2.1149>
- Yallico, E. (1992). *Distribución de Polylepis en el Sur de Puno · Biblioteca Asocam*. (P. ArbolAndino, Ed.), 1992 (1° ed.). Pomata -Perú. Recuperado a partir de <http://www.empoderamiento.info/biblioteca/items/show/2183>
- Zavaleta, D. (2019). *Efecto de diferentes tratamientos en la capacidad de enraizamiento de estaquillas juveniles de Dipteryx odorata*. Universidad Nacional Agraria la Molina.

## **ANEXOS**

ANEXO 1: Mapa de ubicación del ámbito de estudio

## MAPA DE UBICACION DEL ESTUDIO

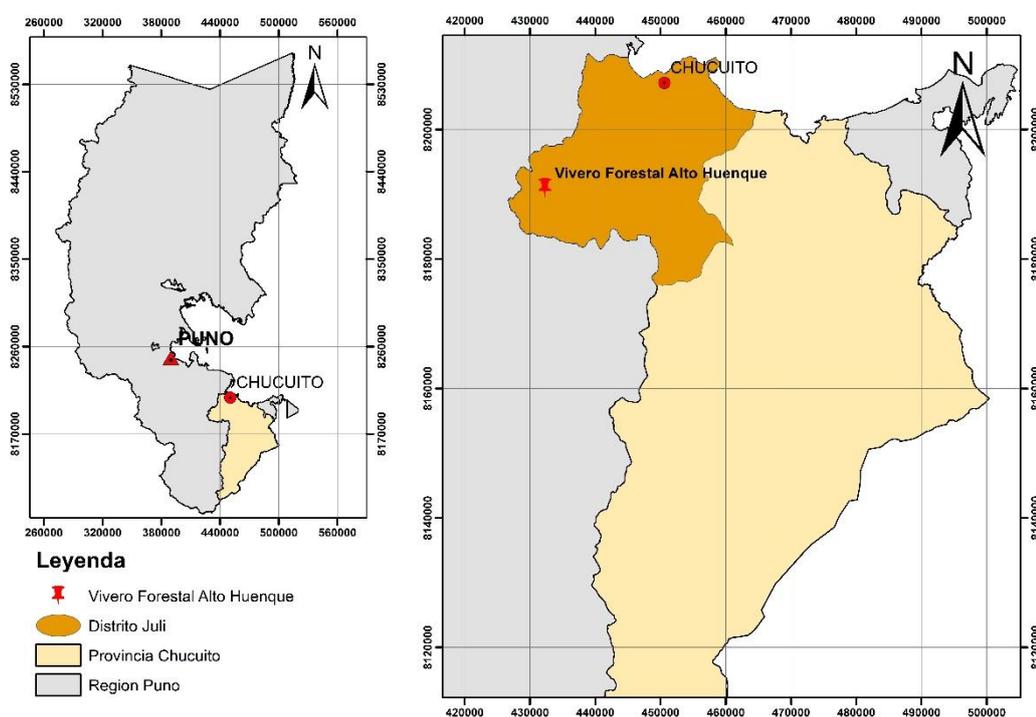


Figura 1: Mapa de ubicación de la provincia de Chucuito

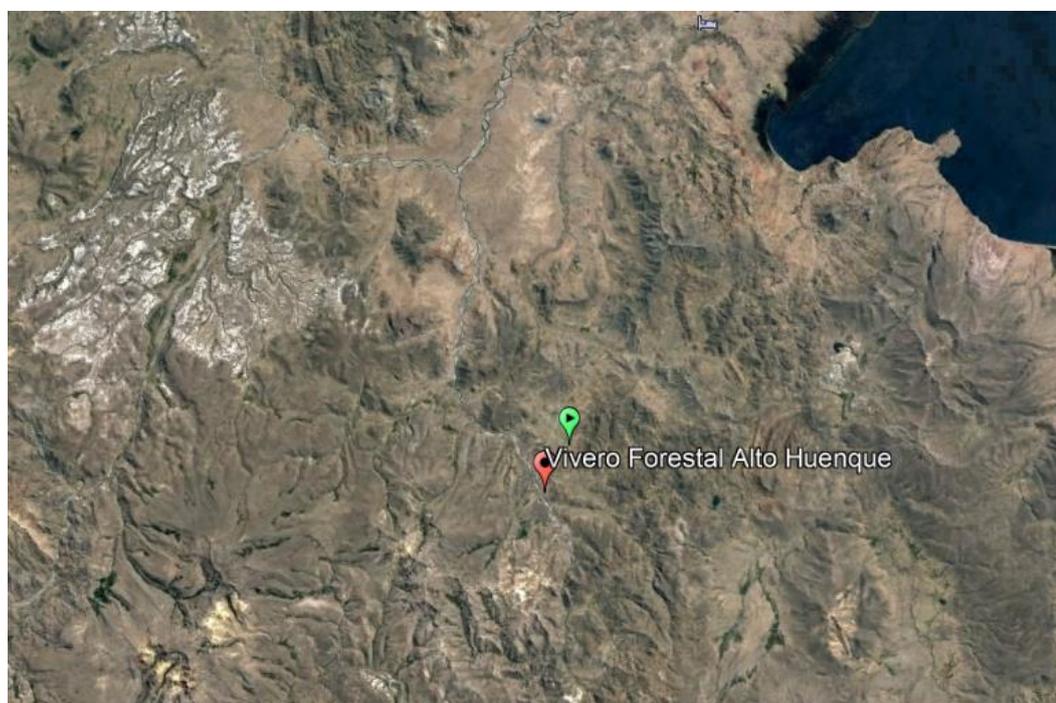


Figura 2: Ubicación del área de estudio

ANEXO 2: Datos de temperatura, humedad y precipitación e el vivero del mes enero a marzo del 2020.

Tabla 1

*Datos de meteorológicos del SENAMHI del mes de diciembre de 2019 y enero del 2020*

Año / Mes / Día	Temperatura (°C)		Precip. (mm/Día) Total	Año / Mes / Día	Temperatura (°C)		Precip. (mm/Día) Total
	Max	Min			Max	Min	
01/12/2019	21	-3.2	0	01/01/2020	14.2	1.4	10.2
02/12/2019	18.2	-1	0	02/01/2020	16.8	3.8	7.2
03/12/2019	20.6	-3.8	0	03/01/2020	16.6	5.2	13
04/12/2019	21.2	-1.6	0	04/01/2020	17.8	4.4	5.4
05/12/2019	20.6	1.4	2.2	05/01/2020	18	4.2	0
06/12/2019	20.4	2.2	0.8	06/01/2020	19.4	-0.6	0
07/12/2019	18.2	3.8	0	07/01/2020	19.6	-2.4	0
08/12/2019	20	3.6	0	08/01/2020	20.4	-4.6	0
09/12/2019	22.8	-6.4	0	09/01/2020	21	-5.2	0
10/12/2019	23.6	-3.6	0	10/01/2020	20.6	-0.6	0
11/12/2019	23.2	-4.2	0	11/01/2020	16.8	1.6	13.2
12/12/2019	22	-4.4	0	12/01/2020	17.4	1.4	5.2
13/12/2019	18.2	1.8	0	13/01/2020	15.8	4	6.4
14/12/2019	19.4	4.8	-879.8	14/01/2020	15.4	4.8	5.2
15/12/2019	19.2	0.6	0.4	15/01/2020	16.2	4.6	7.8
16/12/2019	22	-4.4	0	16/01/2020	16.8	5.4	3.8
17/12/2019	21.8	-4.4	0	17/01/2020	15.4	5.2	2.7
18/12/2019	19.2	-2.6	7.8	18/01/2020	17.8	3.6	0
19/12/2019	18.4	0.6	3.8	19/01/2020	18.2	0.6	0
20/12/2019	17.2	1.4	0.6	20/01/2020	16.4	1.2	0.2
21/12/2019	21	-1	1.8	21/01/2020	16.2	1.4	0.8
22/12/2019	19.6	-0.6	0	22/01/2020	16.6	2.6	16.8
23/12/2019	19.8	-1.2	0	23/01/2020	16.6	4	2.4
24/12/2019	19.6	1.2	0	24/01/2020	20	2.2	0
25/12/2019	19.4	-1.6	0	25/01/2020	21.4	2.4	3.2
26/12/2019	19.6	2.4	9.6	26/01/2020	20.6	0.6	0
27/12/2019	15.4	3.6	0	27/01/2020	18.8	0.8	1.2
28/12/2019	20.4	0.4	0	28/01/2020	18.8	-2.8	0
29/12/2019	19.4	-0.2	0	29/01/2020	18.4	-1.2	1.4
30/12/2019	20.6	-2.6	1.2	30/01/2020	15.8	3.6	6.4
31/12/2019	17.6	3.2	20.6	31/01/2020	18.6	0	0.8
<b>Promedio</b>	<b>19.99</b>	<b>-0.51</b>	<b>-26.81</b>	<b>Promedio</b>	<b>17.82</b>	<b>1.66</b>	<b>3.65</b>

Tabla 2

*Datos de meteorológicos del SENAMHI del mes de febrero y marzo del 2020*

Año / Mes / Día	Temperatura (°C)		Precip. (mm/Día) Total	Año / Mes / Día	Temperatura (°C)		Precip. (mm/Día) Total
	Max	Min			Max	Min	
01/02/2020	18.8	-0.6	4.6	01/03/2020	16.6	4.6	6.8
02/02/2020	19.4	0.2	6.8	02/03/2020	16.8	5.8	1.2
03/02/2020	16.8	3.8	0.4	03/03/2020	18.8	-2.8	0
04/02/2020	18	5.8	0	04/03/2020	18.6	1.2	5.8
05/02/2020	19.2	-1	0	05/03/2020	17.8	-0.6	0
06/02/2020	18.6	6.4	2.6	06/03/2020	17.2	-0.6	0
07/02/2020	16.2	4.8	4.4	07/03/2020	18.4	2.4	2.2
08/02/2020	16.4	5.2	11.6	08/03/2020	17.2	0.4	0
09/02/2020	16.8	4.2	12.4	09/03/2020	14.6	2	0
10/02/2020	13.6	5.2	16.4	10/03/2020	15.4	2.2	2.2
11/02/2020	15.4	4.4	16	11/03/2020	16.8	2.4	0
12/02/2020	15.2	4.2	16.8	12/03/2020	17.2	-0.8	8.8
13/02/2020	15.8	2.2	29.4	13/03/2020	18.4	1.6	1
14/02/2020	13.2	3.4	8.6	14/03/2020	17.2	1.4	2.6
15/02/2020	16.8	0.6	0	15/03/2020	S/D	2	S/D
16/02/2020	16.2	2.2	2.8				
17/02/2020	18.2	1.8	10				
18/02/2020	16.2	4.4	0				
19/02/2020	16.8	0.4	0				
20/02/2020	15.4	3.4	2.4				
21/02/2020	13.2	3.6	11.6				
22/02/2020	18.2	5.4	20				
23/02/2020	17.8	2.2	2.6				
24/02/2020	17.2	2.4	1.2				
25/02/2020	19.4	3.2	7.2				
26/02/2020	16.4	2.2	17.2				
27/02/2020	18.2	1.8	13.6				
28/02/2020	17.8	1.2	-887.8				
29/02/2020	16.4	3.8	0				
<b>Promedio</b>	<b>16.81</b>	<b>2.99</b>	<b>-23.08</b>	<b>Promedio</b>	<b>17.21</b>	<b>1.41</b>	<b>2.19</b>

### ANEXO 3: Ficha técnica del enraizador químico (rapid root).

#### FICHA TÉCNICA "RAPID ROOT"

**EMPRESA:** Consorcio Agropecuario americano - CONAGRA S.A.C.

**PRODUCTO:** RAPID ROOT

**I.** N°. REG. RBUA N° 052-SENASA

**II. INGREDIENTES ACTIVOS:**

Ácido indol 3 butírico	3.0 gr/Kg
Ingredientes inertes	997.0 gr/Kg
Total	1000.0 gr/Kg

**III. CARACTERÍSTICAS: FISCO-QUÍMICOS**

- Estado físico Polvo
- Color Blanco
- Densidad 1.03 +/- 0.01
- Estabilidad Estable
- Inflamabilidad No inflamable
- Explosividad No explosivo
- Corrosividad No corrosivo
- Combustibilidad No combustible

**IV. FORMULACIÓN:** Polvo

**V. GENERALIDADES:**

RAPID ROOT es una hormona a base de ácido indol butírico, la cual es responsable de inducir el rápido crecimiento radicular de estacas y esquejes.

RAPID ROOT facilita la formación de raíces y pelos absorbentes en la propagación asexual, incrementa rápidamente el prendimiento y vigor de las plantas; lo cual le confiere ventaja frente a las que no han sido tratadas ya que el rápido enraizamiento permitirá que la planta sea más resistente indirectamente al ataque de algún fitopatógeno del suelo.

RAPID ROOT se emplea directamente en la parte basal de la estaca por impregnación o adherencia del polvo.

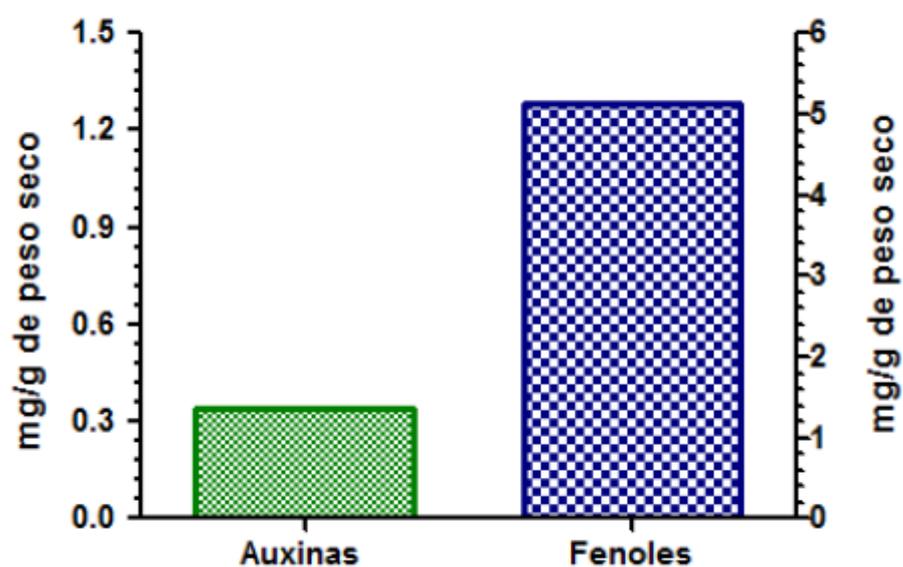
**VI. CATEGORÍA TOXICOLÓGICA**

Ligeramente toxico

ANEXO 4: Componentes del enraizador orgánico (extracto de sauce) obtenidos de la cromatografía en papel

Nº	Nombre de los compuestos	Concentración (mg/g)
1	Auxinas	0.34
2	Fenoles	5.15

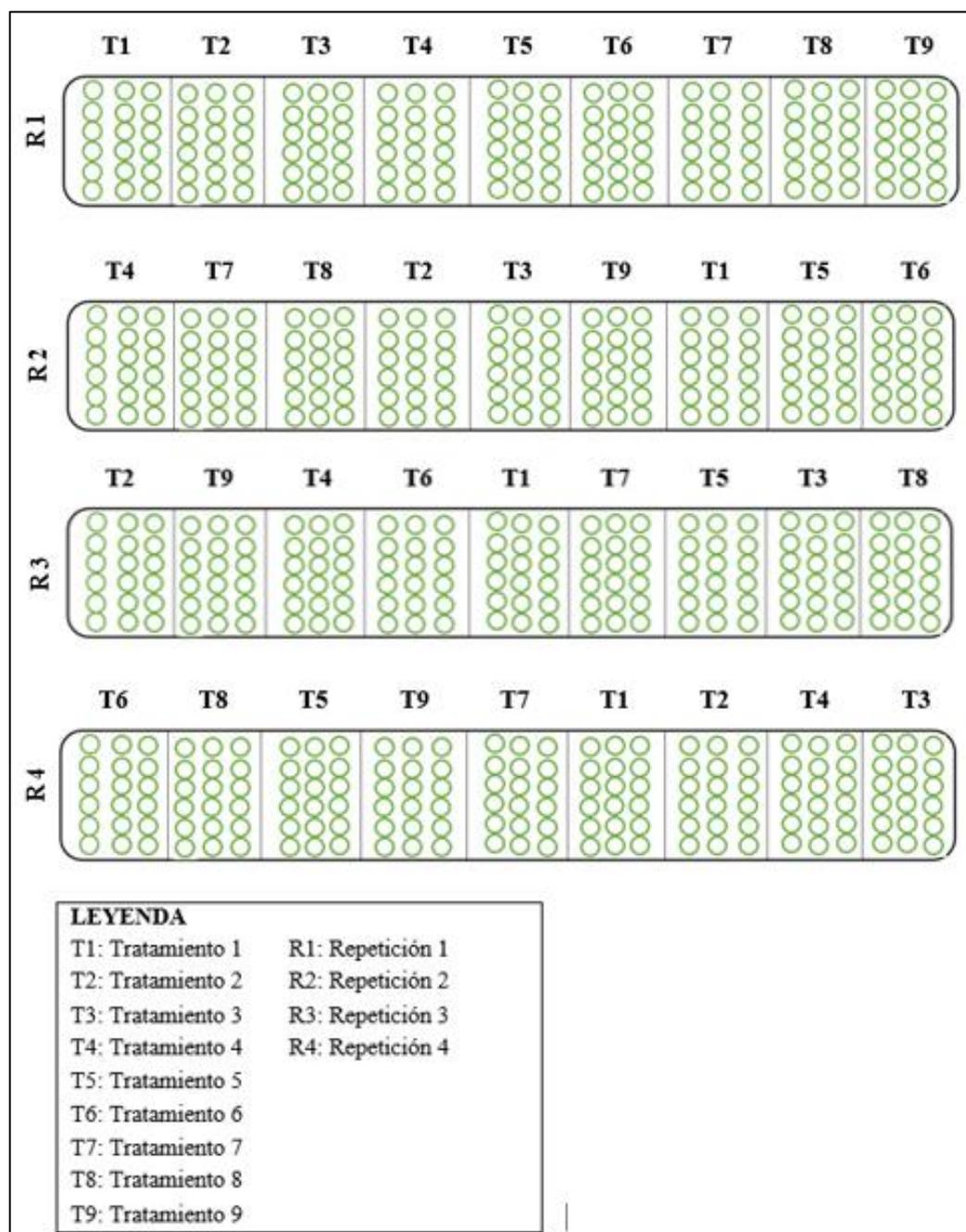
Fuente: Medina, 2016



**Concentración de Auxinas y Fenoles (mg/g de peso seco)**

Fuente: Medina, 2016

ANEXO 5: Croquis del experimento



ANEXO 6: Datos obtenidos de las variables en evaluación

Tabla 3

*Datos obtenidos del variable porcentaje de establecimiento*

Trat.	Fitohormona enraizante	Secciones de la rama	Bloque	% Establecimiento		
				30 días	60 días	90 días
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	43	57	64
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	43	43	57
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	57	36	64
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	36	43	85
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	29	50	50
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	50	21	50
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	57	36	57
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	50	36	71
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	43	29	64
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	21	14	50
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	29	21	42
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	36	21	50
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	71	57	71
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	79	64	78
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	50	36	50
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	57	43	64
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	93	64	57
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	43	50	92
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	29	29	50
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	36	29	50
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	86	64	57
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	36	29	50
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	29	21	78
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	43	36	50
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	100	79	78
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	71	93	100
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	86	93	64
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	100	57	100
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	64	71	92
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	71	64	85
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	100	50	64
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	57	57	57
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	86	57	64
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	57	50	64
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	50	43	78
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	43	43	64

## ANEXO 7: Datos obtenidos de la variable número de raíces

Tabla 4

*Datos obtenidos de la variable número de raíces*

Trat.	Fitohormona enraizante	Secciones de la rama	Bloque	Número de raíces		
				30 días	60 días	90 días
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	4	9	11
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	1	8	9
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	6	7	10
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	5	6	7
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	3	8	8
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	5	8	10
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	6	9	9
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	5	6	10
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	3	8	7
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	5	6	9
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	3	6	7
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	4	7	11
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	7	10	10
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	5	8	11
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	3	6	14
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	6	9	12
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	3	9	8
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	6	6	10
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	5	9	13
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	6	8	12
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	5	8	10
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	5	6	12
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	4	7	11
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	2	8	8
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	7	11	18
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	9	12	14
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	8	10	13
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	7	10	16
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	5	8	10
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	7	10	12
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	6	9	13
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	3	6	10
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	6	9	10
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	5	9	9
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	6	6	11
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	2	8	9

ANEXO 8: Datos obtenidos de la variable longitud de raíces

Tabla 5

*Datos obtenidos de la variable longitud de raíces*

Trat.	Fitohormona enraizante	Secciones de la rama	Bloque	Longitud de raíces		
				30 días	60 días	90 días
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	4.50	7.00	14.5
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	4.90	8.50	11.6
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	3.00	4.00	10.2
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	4.50	5.30	14.7
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	4.70	4.00	15.5
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	5.10	5.30	13.3
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	4.90	5.40	10.6
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	3.00	7.20	12.4
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	3.00	5.40	9.5
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	3.40	5.20	8.8
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	3.60	4.00	11.9
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	3.00	4.00	9.7
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	5.10	9.50	28.0
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	5.70	9.20	18.5
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	5.40	4.00	10.3
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	3.00	9.10	15.1
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	5.30	7.00	15.4
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	6.10	4.00	13.3
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	4.10	6.80	16.5
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	3.00	6.50	15.0
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	4.60	4.00	11.2
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	3.70	5.20	15.0
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	4.10	5.40	10.8
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	3.00	5.30	13.2
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	6.40	12.30	27.0
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	5.10	9.10	20.2
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	5.40	7.50	29.0
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	6.00	7.20	19.4
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	5.50	8.00	16.2
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	5.50	9.50	20.4
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	5.00	6.50	12.6
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	3.00	4.00	16.5
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	4.40	5.20	10.8
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	4.30	4.90	16.4
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	3.00	4.00	17.2
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	3.70	5.30	16.6

ANEXO 9: Datos obtenidos de la variable número de brotes

Tabla 6

*Datos obtenidos de la variable número de brotes*

Trat.	Fitohormona enraizante	Secciones de la rama	Bloque	Número de brotes		
				30 días	60 días	90 días
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	2	3	8
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	3	2	6
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	3	3	5
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	2	3	7
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	2	3	6
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	2	2	5
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	2	2	5
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	2	3	4
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	1	1	2
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	2	2	4
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	2	2	5
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	2	3	4
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	3	4	8
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	2	3	8
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	2	3	10
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	2	2	8
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	2	3	6
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	2	3	5
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	3	2	6
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	2	3	7
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	2	3	6
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	2	2	3
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	3	3	5
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	1	2	5
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	3	4	13
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	3	3	11
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	3	5	17
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	2	4	8
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	2	4	9
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	3	3	8
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	2	4	7
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	2	3	7
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	2	2	7
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	1	3	6
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	3	2	8
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	2	2	7

ANEXO 10: Datos obtenidos de la variable longitud de brotes

Tabla 7

*Datos obtenidos de la variable longitud de brotes*

Trat.	Fitohormona enraizante	Secciones de la rama	Bloque	Longitud de brotes		
				30 días	60 días	90 días
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	0.25	0.54	3.6
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	0.45	0.85	1.4
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	1.37	0.05	2.3
T1	(FST) <sub>0</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	0.14	1.34	3.1
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	0.42	0.26	2.4
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	1.16	0.85	3.1
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	0.61	0.33	2.6
T2	(FST) <sub>0</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	0.37	0.16	2.3
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	0.65	0.54	1.7
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	1.19	0.15	2.1
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	0.35	0.18	2.2
T3	(FST) <sub>0</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	0.53	0.63	1.5
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	0.41	0.15	2.4
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	0.72	0.51	1.7
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	1.07	0.25	2
T4	(FOS) <sub>1</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	0.33	0.19	2.3
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	0.96	0.35	1.9
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	1.45	0.18	2.4
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	0.54	1.25	3.5
T5	(FOS) <sub>1</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	0.44	0.95	3.2
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	0.37	0.15	2.1
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	0.36	0.22	2.4
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	0.52	0.27	2.5
T6	(FOS) <sub>1</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	0.86	0.44	1.8
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	I	2.37	2.05	4.3
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	II	0.68	2.26	5.21
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	III	1.22	0.95	3.2
T7	(FQR) <sub>2</sub>	(SEB) <sub>0</sub>	IV	1.18	1.23	3.5
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	I	0.64	0.35	2.6
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	II	0.43	1.15	3.4
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	III	1.09	0.27	2.1
T8	(FQR) <sub>2</sub>	(SEM) <sub>1</sub>	IV	2.35	1.05	3.3
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	I	0.96	0.63	2.9
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	II	0.66	1.16	2.6
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	III	0.73	0.55	1.7
T9	(FQR) <sub>2</sub>	(SEA) <sub>2</sub>	IV	0.27	1.52	1.2

ANEXO 11: Panel fotográfico



*Figura 3:* Recolección de ramas y corte de ramas en tres secciones (basal, media y apical)



*Figura 4:* Aplicación de las fitohormonas enraizante químico y orgánico



*Figura 5:* Emisión de raíces de los esquejes de queñua.



*Figura 6:* Evaluación de variables en quejes de queñua.

## ANEXO 12: Resultados de la caracterización de suelo agrícola



PERÚ Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



### ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Nombre: Magaly Yana Ticona.

Procedencia:

Fecha de Recepción: 22 de Enero del 2021.

Fecha de Certificación: 03 de Febrero del 2021.

Caracterización de Propiedades Relativamente Permanente del Suelo.

Nº	Cod. Lab.	MARCAS	ANÁLISIS MECANICO				CO <sub>2</sub> Ca %	Yeso me/100g	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura				
1	382S3	Mazocruz Sorap	32.88	19.28	47.84	F	0.00		2.00	0.074
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Caracterización del Estado de Fertilidad y Condiciones Alterables del Suelo.

Nº	Suelo : Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				Boro Soluble (ppm)	CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100g	Suma Cationes
	pH	C.E. mmhos/cm	P (ppm)	K (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)		Al me/100g	Ca me/100g	Mg me/100g	Na me/100g	K me/100g		
1	6.24	0.284	8.96	801.50				0.00	1.90	4.90	1.00	7.60	16.80	15.40
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

Métodos utilizados en el Laboratorio:

Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo)



INIA ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CAMHUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
SALCEDO

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno  
T: (051) 363 812  
www.inia.gob.pe  
www.minagri.gob.pe

## ANEXO 13: Taxonomía, morfología y distribución del género *Polylepis tomentella* Wedd, según Mendoza (2012) y Yallico (1992)

12. *Polylepis tomentella* Wedd., Chloris Andina: 237, Plate 78. (1861).

Tipo. Bolivia, Chuquisaca, Cinti, Ene-1846, Weddell 3927 (Lectótipo P), (isolectótipo P).

Arbolillos de 1-12 m de alto. Ritidoma de los troncos marrón rojizo. Vaina estipular con tricomas glandulares multicelulares amarillentos, raramente con la superficie lanoso largos en el ápice. Hojas agrupadas en el extremo de las ramas; peciolo 0.5-1.5 cm de largo, panoso; hojas 1.2-2.7 x 1.0-4.0 cm, con 1-2

pares de foliolos, raquis densamente cubierto por tricomas glandulares multicelulares, raramente lanoso, punto de unión de los foliolos con un mechón de tricomas; foliolos ovados, obovados o lanceolados, base desigualmente atenuado o cordado, ápice obtuso o agudo, margen aserrado ligeramente a fuertemente revoluto, envés con la superficie panoso blanco o amarillentos frecuentemente mezclado con tricomas glandulares amarillentos, haz glabro o con la superficie panoso o glandular multicelular amarillenta, ocasionalmente mezclado con tricomas. Racimo simple 1.3-7 cm de largo, con 2-9 flores; bráctea floral 3-5 mm de largo, lanoso raramente mezclado con tricomas glandulares.

Flor 0.4-0.8 cm de diámetro; hipantio densamente cubierto por tricomas y panoso, con una serie de espinas; sépalos 3 ovado, interior glabrescente o panoso mezclado con tricomas glandulares, exterior glabrescente; antera 1-2 mm de largo cubierto por tricomas blancos; estilo 2-4 mm de largo, con un mechón de pelos blancos en la base. Hipantio del fruto 0.3-0.9 x 0.2-0.8 cm incluyendo protuberancias, turbinado, panoso mezclado con tricomas glandulares, raramente lanoso, con 3-4 series de espinas rojizas (Figura N° 21).

### ***Polylepis tomentella* EN EL SUR DE PUNO**

#### **DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA**

Los bosques de *P. tomentella* se distribuyen en la sección sur del área de estudio. Los lugares en los que se encuentra esta especie son:

- Santa Rosa de Juli
- Queñoapacheta. Pizacoma
- Cerro Llallauhua y adyacentes
- Sector Pampa del Capazo

Al Igual que *P. Incana*. todos los bosques de *P. tomentella* se encuentran en pendientes que, en este caso, oscilan entre 48 y 62%. La pedregosidad también tiene una relación directa con la ocurrencia del bosque; en muchos sectores estudiados, como el de Queñoapacheta en Pizacoma, hay un límite claro con el área de planicies o fondos de quebradas y valles; por tanto, el ecotono bosques-pastos es muy claro y corto, reduciéndose algunas veces a dos metros. Las planicies estarían exentas de bosques de *P. tomentella* por las mismas razones estipuladas para *P. Incana*.

El material de la pedregosidad y afloramientos rocosos está compuesto de rocas ígneas producto de la actividad volcánica de eras geológicas pasadas que caracterizaron el área, más aún al suroeste puneño.

## ANEXO 14: Autorización de investigación



### RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA N° 092-2019-SERFOR-ATFFS-PUNO

Puno, 03 de setiembre de 2019

CUT N° 38399-2019

#### VISTO:

La solicitud de autorización con fines de investigación científica de flora silvestre presentada por la administrada MAGALY YANA TICONA identificada con DNI N° 70170221 y el informe técnico N° 017-2019-MINAGRI-SERFOR-ATFFS-PUNO-SEDE-PUNO-GIH de fecha 03 de setiembre de 2019, y,

#### CONSIDERANDO:

Que, el artículo 66° de la Constitución Política del Perú, establece que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento; asimismo, en su artículo 68° establece que es obligación del Estado promover la conservación de la diversidad biológica;

Que, la Ley N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, establece en su artículo 9°, referido a la investigación científica, que el Estado promueve la investigación científica y tecnológica sobre la diversidad, calidad, composición, potencialidad y gestión de los recursos naturales. Asimismo, promueve la información y el conocimiento sobre los recursos naturales. Para estos efectos, podrán otorgarse permisos para investigación en materia de recursos naturales;

Que, el artículo 13° de la Ley N° 29763, crea el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-SERFOR, como organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, como pliego presupuestal adscrito al Ministerio de Agricultura y Riego. Asimismo, se señala que el SERFOR es la autoridad nacional forestal y de fauna silvestre, ente rector del Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre (SINAFOR), y se constituye en su autoridad técnico normativa a nivel nacional, encargada de dictar las normas y establecer los procedimientos relacionados a su ámbito;

Que, el artículo 137° de la precitada Ley, declara de interés nacional la investigación, el desarrollo tecnológico, la mejora del conocimiento y el monitoreo del estado de conservación del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación.

Que, el Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI aprueba el Reglamento para la gestión Forestal, regula el procedimiento de otorgamiento de autorizaciones con fines de investigación científica de flora y/o fauna silvestre, estableciendo para tal efecto los requisitos y consideraciones para su otorgamiento, de acuerdo a los lineamientos aprobados por el SERFOR, así como las obligaciones materia de cumplimiento por parte del titular de la autorización

Que el artículo 154°, del referido Reglamento establece que la investigación científica del Patrimonio se aprueba mediante autorizaciones, salvaguardando los derechos del país,



respecto a su patrimonio genético nativo. Asimismo, las ARFFS otorgan autorizaciones con fines de investigación científica, que impliquen la utilización de métodos directos e indirectos para especies no categorizadas como amenazadas, no listadas en los apéndices CITES y que en ningún caso otorgue el acceso a los recursos genéticos o sus productos derivados;

Que, mediante Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI del 18 de julio del 2013, y modificado por Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI del 03 de setiembre del 2014, aprobó el Reglamento de Organización y Funciones - ROF del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR, el mismo que en la parte de disposiciones complementarias transitorias señala que las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre se incorporan al SERFOR, como órganos desconcentrados de actuación local del SERFOR, ejerciendo como una de las funciones de las ATFFS, la de actuar como primera instancia en la gestión y administración de los recursos forestales y de fauna silvestre, dentro del ámbito territorial de su competencia; y acorde a las atribuciones reconocidas;

Que, el Decreto Supremo N° 034-2006-AG, del 13 de julio de 2006, aprobó la categorización de especies amenazadas de flora silvestre;

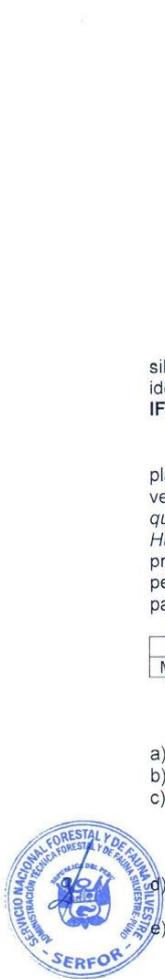
Que, la Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, aprueba los "Lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica de flora y/o fauna silvestre", establece que a efectos de otorgar la autorización, el solicitante deba cumplir con las condiciones mínimas y los requisitos previstos;



Que, mediante solicitud de fecha 13 de agosto de 2019, la administrada Magaly Yana Ticona, bachiller investigadora de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal de la Universidad Nacional de Juliaca, solicitó autorización con fines de investigación científica de flora, sin contrato de acceso a recursos genéticos (con colecta y sin estudios moleculares) fuera de áreas naturales protegidas como parte del proyecto denominado: "*Fitohormona enraizante orgánica y química en la propagación vegetativa de esquejes de Queñua (Polylepis sp) en el vivero Alto Huenque de la provincia de Chucuito – región Puno*", a realizarse en el departamento de Puno, por el período comprendido entre agosto de 2019 y octubre de 2019;

Que, el Informe Técnico N° 017-2019-MINAGRI-SERFOR-ATFFS-PUNO-SEDE-PUNO-GIH, señala que la solicitud materia de resolución cumple todos los requisitos establecidos en los lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación de flora y/o fauna silvestre, aprobado por Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, y concluye que la presente investigación reviste importancia, debido a que brindará información relevante sobre la propagación vegetativa de la queñua para la producción y conservación de los bosques altoandinos y los datos generados serán de utilidad a la ARFFS y otras instituciones en la toma de decisiones relacionadas a la gestión del patrimonio forestal; asimismo, señala que según cronograma detallado en el plan de investigación, la administrada consigna un periodo de tiempo para la ejecución de la investigación que inicia en agosto de 2019, la autorización será eficaz a partir de la notificación de la respectiva Resolución; recomendando finalmente el otorgamiento de la autorización solicitada por la administrada (con fines de investigación científica con colecta de flora silvestre y sin estudios moleculares) fuera de áreas naturales protegidas.

Que, de conformidad con la Ley Forestal y de Fauna Silvestre Ley N° 29763; el Reglamento para la Gestión Forestal aprobado mediante Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, TUO de la Ley N° 27444 Ley del Procedimiento Administrativo General, y el Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, aprobado por Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI, modificado por el Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI, y en uso de sus atribuciones conferidas por la presente disposición.



**SE RESUELVE:**

**Artículo 1°.-** Otorgar la autorización con fines de investigación científica de flora silvestre, fuera de las Áreas Naturales Protegidas, a la administrada Magaly Yana Ticona identificada con DNI N° 70170221, correspondiéndole el Código de Autorización **21-PUN/AUT-IFL-2019-002**.

**Artículo 2°.-** La autorización indicada en el artículo precedente incluye la colecta de plantas hasta 900 ejemplares (ramas) de la especie *Polylepis sp.*, para la propagación vegetativa, solicitada como parte del proyecto titulado "*Fitohormona enraizante organica y química en la propagación vegetativa de esquejes de Queñua (Polylepis sp) en el vivero Alto Huenque de la provincia de Chucuito – región Puno*", a ser realizado en el distrito de Capaso, provincia de El Collao y el distrito de Juli, provincia de Chucuito, departamento de Puno por el periodo de seis (06) meses a partir de la notificación de la presente resolución, en la que participarán los siguientes investigadores.

NOMBRE	FUNCION	NACIONALIDAD	DOC	DNI N°
Magaly Yana Ticona	Investigador principal	Peruana	DNI	70170221

**Artículo 3°.-** La titular de la autorización tiene las siguientes obligaciones:

- a) Colectar únicamente las muestras autorizadas.
- b) No ceder el material colectado a terceros, ni utilizarlo para fines distintos a lo autorizado.
- c) Si por razones científicas acotadas, se requiere enviar al extranjero parte del material colectado, los interesados deberán gestionar el correspondiente Permiso para la Exportación ante la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR, así como pasar el control respectivo.  
No contactar, ni ingresar a los territorios comunales sin contar con la autorización de las autoridades comunales correspondientes.  
Entregar a la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre una (01) copia del Informe Parcial anual (incluyendo versión digital), al término de cada año, contado a partir de la emisión de la presente autorización. Asimismo, entregar una (01) copia de las publicaciones producto de la investigación realizada en formato impreso y digital.
- f) Entregar a la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre, una (01) copia del Informe Final (incluyendo versión digital) como resultado de la autorización otorgada, copias del material fotográfico y/o slides que puedan ser utilizadas para difusión. Asimismo, entregar una (01) copia de las publicaciones producto de la investigación realizada en formato impreso y digital.
- g) Los Informes Parciales y Final deberán contener una lista taxonómica de las especies de fauna y/o flora colectadas o registradas bajo la presente autorización, en formato MS Excel. Ésta lista deberá contar con sus respectivas coordenadas en formato UTM (Datum WGS84), incluyendo la zona (17, 18 ó 19). El formato de Informe Parcial y Final que debe ser usado se encuentra en el Anexo 1 de la presente resolución.
- h) La entrega de lo indicado en el literal e), no deberá exceder los seis (06) meses luego de terminado cada año de la autorización; y en el caso del literal f) no deberá ser mayor a los seis (06) meses al vencimiento de la presente autorización.
- i) Indicar el número de la Resolución en las publicaciones generadas a partir de la autorización concedida.
- j) Solicitar anticipadamente al SERFOR o ARFFS y dentro del plazo de vigencia de la autorización, cualquier cambio en las características del proyecto (p. ej. Cronograma, especialistas, puntos de muestreo, etc) que demanden la modificación de la presente Resolución.

**Artículo 4°.-** La Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR, no se responsabiliza por accidentes o daños sufridos por la administrada y/o personal responsable de la evaluación biológica de campo, durante la ejecución del proyecto; asimismo, se reserva el derecho de demandar del proyecto de investigación los cambios a que hubiese lugar en los casos en que se formulen ajustes sobre la presente autorización.

**Artículo 5°.-** Notificar la presente Resolución Administrativa a la administrada MAGALY YANA TICONA, transcribir a la Dirección General de Información y Ordenamiento Forestal y de Fauna Silvestre, a la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre, y a la Policía Nacional del Perú.

**Artículo 6°.-** Disponer la publicación de la presente Resolución en el Portal Web del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre: [www.serfor.gob.pe](http://www.serfor.gob.pe).

Regístrese , comuníquese y publíquese



SERVICIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE SERFOR  
ADMINISTRACIÓN TÉCNICA FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE-PUNO  
*[Handwritten Signature]*  
Bigo. Grover Idme Hañari  
ADMINISTRADOR TÉCNICO  
CBP. N° 7070





UNW