



Universidad  
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de  
Ingeniería Ambiental

Tesis

**Relación de la morfometría foliar de  
*Polylepis rodolfo-vasquezii* Valenzuela & Villalba y  
*Polylepis incana* Kunth con la altitud y el número  
cromosómico en la región Junín**

**Jesid Angel Ticse Huamán**

Huancayo, 2018

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental



Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación fue todo un proceso de desarrollo y aprendizaje, el cual no hubiera sido posible sin el apoyo de grandes instituciones y excelentes profesionales. Inicio con mis agradecimientos al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) por el financiamiento del proyecto del proyecto de investigación, institución con gran crecimiento y promoción del desarrollo de la ciencia y tecnología en el Perú, al Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) por la autorización de ingreso a las Áreas Naturales Protegidas para poder desarrollar el proyecto, al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) por el otorgamiento de permiso para la recolección de especímenes de flora con fines de investigación y a la Universidad Continental que me dio la oportunidad de participar en este proyecto de investigación, espero que siga creciendo como lo hace cada año. Y directamente al Instituto de Investigación por promover la investigación entre sus estudiantes y darnos las facilidades para hacerlo.

Mi muy especial agradecimiento a mi asesora M. Sc. Verónica Canales Guerra, al Coordinador del proyecto M.Sc. Boris Gutarra Castillo, a la Ph.D María Claudia Segovia Salcedo por los consejos y ayuda en las dudas que se me presentaron y los Co-investigadores el Ing. Harold Rusbelth Quispe Melgar y la Bach. Fressia Nathalie Ames Martínez por el apoyo, consejos y constantes enseñanzas en bien del desarrollo del proyecto.

Finalmente, mis agradecimientos a los compañeros y tesisistas del proyecto Dolly Landeo Julcarima, Diana Rivera Villanes, Madeleyne Mamani Salas, Wendy Navarro Romo y Carlos Álvarez Montalván por la amistad y apoyo en el proyecto, asimismo a las autoridades y pobladores de los distritos y comunidades de Paccha, Pomamanta y Toldopampa por la autorización de ingreso a los bosques de *Polylepis sp.*

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres Carlos Ticse Núñez, Delia Huamán Cano y Alejandro Mariño Rodríguez quienes me enseñaron que en la vida no se puede dar marcha atrás porque es una calle de sentido único y que cada problema que se presenta en él es una oportunidad. A mis hermanos quienes tuvieron la molestia de regalarme mucho de su tiempo y tolerarme, sin ellos no hubiera logrado mis objetivos profesionales.

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	2
<b>DEDICATORIA</b> .....	3
<b>INDICE</b> .....	4
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	6
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	9
<b>RESUMEN</b> .....	12
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	16
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	16
1.2 Objetivos .....	19
1.3 Justificación e importancia.....	20
1.4 Descripción de variables .....	22
<b>CAPITULO II MARCO TEÓRICO</b> .....	24
2.1 Antecedentes de la investigación. ....	24
2.2 Bases teóricas .....	29
2.2.1 Descripción del área de estudio.....	29
2.2.2 Fundamentos teóricos.....	31
2.2.3 Metodologías existentes .....	45
2.2.4 Técnicas e instrumentos de investigación .....	58
2.2.5 Diseño de modelo teórico conceptual .....	47
2.3 Definición de términos básicos .....	48
<b>CAPITULO III METODOLOGÍA</b> .....	50
3.1 Método y alcances de la investigación.....	50
3.1.1 Método de la investigación .....	50
3.1.2 Alcances de la investigación .....	50
3.2 Diseño de la Investigación .....	51
3.2.1 Tipo de diseño de investigación.....	51
3.3 Población y muestra .....	51

3.3.1 Población.....	51
3.3.2 Muestra.....	52
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	53
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos .....	53
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos .....	59
3.5 Técnica de tratamiento de datos .....	61
3.5.1 Estadística descriptiva .....	61
<b>CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>63</b>
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información .....	63
4.1.1 Características morfométricas de células y tejidos de la hoja.....	63
4.1.2 Correlación de la morfometría de células y tejidos del mesófilo con la altitud	87
4.1.3 Correlación de la morfometría de células oclusivas de estomas con el número cromosómico .....	101
4.2 Discusión de resultados .....	104
CONCLUSIONES.....	109
RECOMENDACIONES .....	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	111
ANEXOS.....	122

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Polylepis incana</i> Humboldt, Bonpland & Kunth, .....	36
Figura 2. <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> L. Valenzuela & I. Villalba.....	37
Figura 3. Morfología y tipos de movimientos en las células oclusivas de los estomas.....	40
Figura 4. Tipo de parénquima: A) Clorofiliano (Clorénquima) en empalizada; B) Cortical; C) Clorofiliano, lagunoso; D) Aerénquima.....	43
Figura 5. Especiación simpátrica por autoploidía en la plantas. ....	45
Figura 6. Mecanismo de especiación aloploidía en las plantas.....	45
Figura 7. Altura del árbol de donde se seleccionará la muestra. ....	52
Figura 8. Selección de la muestra (Rama de aproximadamente 25 cm).....	53
Figura 9. Bosque Dorado ( <i>Polylepis incana</i> ). ....	54
Figura 10. Bosque Paucho ( <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> ). ....	55
Figura 11. Bosque Quilcaycocha ( <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> ). ....	56
Figura 12. Bosque Toldopampa ( <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> ). ....	56
Figura 13. Células oclusivas de estomas. A) <i>P. incana</i> , B) <i>P. rodolfo-vasquezii</i> . Abreviatura: Es: Estoma.....	63
Figura 14. Tamaño promedio de las células oclusivas de estomas ( $\mu\text{m}$ ) de los cuatro bosques de <i>Polylepis</i> sp.....	64
Figura 15. Diferencias significativas para células oclusivas de estomas entre los bosques pertenecientes a <i>P. incana</i> y <i>P. rodolfo-vasquezii</i> . ....	66
Figura 16. Corte transversal de la hoja. A) <i>P. incana</i> , B) <i>P. rodolfo-vasquezii</i> . Abreviatura: Ead: Epidermis adaxial.....	67
Figura 17. Tamaño promedio de la epidermis adaxial ( $\mu\text{m}$ ) de los cuatro bosques de <i>Polylepis</i> <i>sp.</i> ....	68
Figura 18. Diferencias significativas para epidermis adaxial entre los bosques pertenecientes a la especie <i>P. incana</i> y <i>P. rodolfo-vasquezii</i> .....	70
Figura 19. Corte transversal de la hoja. A) <i>P. incana</i> , B) <i>P. rodolfo-vasquezii</i> . Abreviatura: Eab: Epidermis abaxial. ....	71
Figura 20. Tamaño promedio de la epidermis abaxial ( $\mu\text{m}$ ) de los cuatro bosques de <i>Polylepis</i> <i>sp.</i> ....	71

Figura 21. Diferencias significativas para epidermis abaxial entre los bosques pertenecientes a la especie <i>P. incana</i> y <i>P. rodolfo-vasquezii</i> .....	74
Figura 22. Corte transversal de la hoja. A) <i>P. incana</i> , B) <i>P. rodolfo-vasquezii</i> . Abr.: Pe: Parénquima empalizada.....	74
Figura 23. Tamaño promedio del parénquima empalizada ( $\mu\text{m}$ ) de los cuatro bosques de <i>Polylepis</i> sp. ....	75
Figura 24. Diferencias significativas para parénquima de empalizada entre los bosques de la especie <i>P. incana</i> y <i>P. rodolfo-vasquezii</i> . ....	77
Figura 25. Tejido de parénquima esponjoso. A) <i>P. incana</i> , B) <i>P. rodolfo-vasquezii</i> . Abr.: Pes: Parénquima esponjoso. ....	78
Figura 26. Tamaño promedio del parénquima esponjoso ( $\mu\text{m}$ ) de los cuatro bosques de <i>Polylepis</i> sp. ....	78
Figura 27. Diferencias significativas para parénquima esponjoso entre los bosques pertenecientes a la especie <i>P. incana</i> y <i>P. rodolfo-vasquezii</i> .....	81
Figura 28. Tamaño promedio del espesor de hoja ( $\mu\text{m}$ ) de los cuatro bosques de <i>Polylepis</i> sp. ....	82
Figura 29. Diferencias significativas para espesor de hoja entre los bosques pertenecientes a la especie <i>P. incana</i> y <i>P. rodolfo-vasquezii</i> .....	84
Figura 30. Promedio del área del hoja de los bosques de <i>Polylepis</i> sp. ....	84
Figura 31. Diferencias significativas para espesor de hoja entre los bosques pertenecientes a la especie <i>P. incana</i> y <i>P. rodolfo-vasquezii</i> . ....	87
Figura 32. Regresión lineal entre las variables tamaño de epidermis adaxial ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm). ....	90
Figura 33. Regresión lineal entre las variables tamaño de epidermis abaxial ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm). ....	92
Figura 34. Regresión lineal entre las variables tamaño del parénquima de empalizada ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm). ....	94
Figura 35. Regresión lineal entre las variables tamaño parénquima esponjoso ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm). ....	96
Figura 36. Regresión lineal entre las variables espesor de hoja ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm). ....	98
Figura 37. Regresión lineal entre las variables área de hoja ( $\text{cm}^2$ ) y la altitud (msnm). ...	100



Figura 38. Regresión lineal entre las variables tamaño de células oclusivas de estomas ( $\mu\text{m}$ )  
y el número de cromosomas ( $2n$ ). ..... 104

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación de los Bosques del estudio .....	29
Tabla 2. Especies registradas según departamento en el Perú.....	34
Tabla 3. Lista de especies de <i>Polylepis</i> , rangos altitudinales, distribución a nivel de departamentos.....	35
Tabla 4. Datos del p-valor para el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en la morfometría de células oclusivas de estomas. ....	64
Tabla 5. Análisis de ANOVA, para morfometría de células oclusivas de estomas. ....	65
Tabla 6. Datos del p-valor del Test de Duncan para la comparación entre bosques, en los datos de morfometría de células oclusivas de estomas. ....	65
Tabla 7. Datos del p-valor para el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en la morfometría de epidermis adaxial.....	69
Tabla 8. Análisis de ANOVA, para morfometría de epidermis adaxial.....	69
Tabla 9. Datos del p-valor del Test de Duncan para la comparación entre bosques, en los datos de morfometría de epidermis adaxial.....	70
Tabla 10. Datos del p-valor para el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en la morfometría de epidermis abaxial.....	72
Tabla 11. Análisis de ANOVA, para morfometría de epidermis adaxial.....	73
Tabla 12. Datos del p-valor del Test de Duncan para la comparación entre bosques, en los datos de morfometría de epidermis abaxial.....	73
Tabla 13. Datos del p-valor para el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, para morfometría de parénquima de empalizada .....	76
Tabla 14. Análisis de ANOVA, para para morfometría de parénquima de empalizada .....	76
Tabla 15. Datos del p-valor del Test de Duncan para la comparación entre bosques, en los datos de morfometría de parénquima de empalizada .....	77
Tabla 16. Datos del p-valor para el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en la morfometría de parénquima esponjoso .....	79
Tabla 17. Análisis de ANOVA, para morfometría de parénquima esponjoso .....	80
Tabla 18. Datos del p-valor del Test de Duncan para la comparación entre bosques, en los datos de morfometría de parénquima esponjoso .....	80

Tabla 19. Datos del p-valor para el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en el espesor de hoja .....	82
Tabla 20. Análisis de ANOVA, para espesor de hoja .....	83
Tabla 21. Datos del p-valor del Test de Duncan para la comparación entre bosques, en los datos de espesor de hoja .....	83
Tabla 22. Datos del p-valor para el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en el área de hoja .....	85
Tabla 23. Análisis de ANOVA, para área de hoja.....	86
Tabla 24. Datos del p-valor del Test de Duncan para la comparación entre bosques, en los datos de área de hoja .....	86
Tabla 25. Media de los valores medidos de células oclusivas de estomas y cromosomas para seis especies de <i>Polylepis</i> sp .....	88
Tabla 26. Análisis de correlación entre el tamaño de la epidermis adaxial ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm). .....	88
Tabla 27. Análisis de regresión entre el tamaño de la epidermis adaxial ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm) .....	89
Tabla 28. Análisis de ANOVA, para el análisis de la regresión entre el tamaño de epidermis adaxial ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm).....	89
Tabla 29. Análisis de correlación entre el tamaño de la epidermis abaxial ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm). .....	90
Tabla 30. Análisis de regresión entre el tamaño de la epidermis abaxial ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm) .....	91
Tabla 31. Análisis de ANOVA, para el análisis de la regresión entre el tamaño de epidermis adaxial ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm).....	91
Tabla 32. Análisis de correlación entre el tamaño de la epidermis abaxial ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm). .....	93
Tabla 33. Análisis de regresión entre el tamaño del parénquima de empalizada ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm) .....	93
Tabla 34. Análisis de ANOVA, para el análisis de la regresión entre el tamaño del parénquima de empalizada ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm) .....	94
Tabla 35. Análisis de correlación entre el tamaño del parénquima esponjoso ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm). .....	95

Tabla 36. Análisis de regresión entre el tamaño parénquima esponjoso ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm) .....	95
Tabla 37. Análisis de ANOVA, para el análisis de la regresión entre el tamaño del parénquima esponjoso ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm) .....	96
Tabla 38. Análisis de correlación entre el espesor de hoja ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm) .....	97
Tabla 39. Análisis de regresión entre el espesor de hoja ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm) .....	97
Tabla 40. Análisis de ANOVA, para el análisis de la regresión entre el espesor de hoja ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm) .....	98
Tabla 41. Análisis de correlación entre el área de hoja ( $\text{cm}^2$ ) y la altitud (msnm).....	99
Tabla 42. Análisis de regresión entre el área de hoja ( $\text{cm}^2$ ) y la altitud (msnm).....	99
Tabla 43. Análisis de ANOVA, para el análisis de la regresión entre el área de hoja ( $\text{cm}^2$ ) y la altitud (msnm) .....	100
Tabla 44. Media de los valores medidos de células oclusivas de estomas y cromosomas para seis especies de <i>Polylepis sp.</i> , y ploidía. ....	101
Tabla 45. Análisis de correlación entre el tamaño de las células oclusivas de estomas ( $\mu\text{m}$ ) y el número cromosómico ( $2n$ ). ....	102
Tabla 46. Análisis de regresión entre el tamaño de células oclusivas de estomas ( $\mu\text{m}$ ) y el número de cromosomas ( $2n$ ). ....	102
Tabla 47. Análisis de ANOVA, para el análisis de la regresión entre el tamaño de células oclusivas de estomas ( $\mu\text{m}$ ) y el número de cromosomas ( $2n$ ). ....	103

## RESUMEN

Los bosques de *Polylepis* son considerados uno de los ecosistemas más vulnerables y amenazados. Su proceso evolutivo ha sido afectado por las alteraciones de la poliploidía obstaculizando estudios ecológicos y taxonómicos debido a la similar morfología de muchas especies del género amenazando la diversidad genética del bosque nativo de *Polylepis* a través del desplazamiento por competencia entre especies más poliploides que otras, y los cambios fisiológicos que generan en la anatomía foliar del mesófilo al adaptarse a ecosistemas con condiciones ambientales extremas (rango altitudinal). El objetivo del estudio fue conocer la relación existente entre las características morfométricas de la hoja de *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* con la altitud y el número cromosómico en la región Junín, por lo cual se describieron las características de células y tejidos de la hoja perteneciente a las dos especies para posteriormente realizar un análisis de correlación con la altitud y el número cromosómico. La investigación tuvo un diseño descriptivo simple y correlacional - transeccional de tipo básico no experimental. Se colectaron muestras de 20 árboles de cuatro bosques. Los datos fueron obtenidos a partir de técnicas y protocolos biológicos para la observación y medición de tejidos y células. Se obtuvieron diferencias estadísticas significativas en cada componente morfométrico de *Polylepis incana* y *Polylepis rodolfo-vasquezii*, incluso estas diferencias son notorias a nivel de poblaciones pertenecientes a una misma especie, pero a altitudes diferentes. La relación entre altitud y tamaño de las células y tejidos del mesófilo, muestran una moderada correlación, que se manifiesta en la variación del tamaño de las células y tejidos a partir de la variación de la altitud. La relación entre tamaño de estomas de células oclusivas y número cromosómico presentó una correlación muy baja negativa de  $r = -0.033$ ; evidenciando la importancia de considerar el estudio de los factores ambientales como radiación, precipitación y estrés hídrico. Las diferencias morfométricas que se ven influenciadas por factores como altitud, muestran la capacidad de un individuo poliploide a adaptarse a condiciones ambientales extremas, como parte de su proceso evolutivo o de adaptación.

**Palabras claves:** *Polylepis incana*, *Polylepis rodolfo-vasquezii*, morfometría, número cromosómico, células oclusivas de estomas, altitud.

## ABSTRACT

*Polylepis* forests are considered one of the most vulnerable and threatened ecosystems. Its evolutionary process has been affected by the effects of polyploidy hampering ecological and taxonomic studies due to the similar morphology of many species of the genus, threatening the genetic diversity of the native forest of *Polylepis* through the displacement by competition between more polyploid species than others, and the physiological changes that they generate in the foliar anatomy of the mesophile when adapting to ecosystems with extreme environmental conditions (altitudinal range). The objective of the study was to know the relationship between the morphometric characteristics of *Polylepis rodolfo-vasquezii* and *Polylepis incana* leaf with the altitude and the chromosome number in the Junín region, for which the characteristics of the cells and tissues of the leaf belonging to the two species to later perform a correlation analysis with altitude and chromosome number. The research had a simple descriptive and correlational - transectional design of a non-experimental type. 20 samples from four forests were collected. The data were obtained from biological techniques and protocols for the observation and measurement of tissues and cells. Significant statistical differences were obtained in each morphometric component of *Polylepis incana* and *Polylepis rodolfo-vasquezii*; even these differences are notorious at the level of populations belonging to the same species, but at different altitudes. The relationship between the altitude and the size of mesophyll cells and tissues show a moderate correlation, which is manifested in the variation of the size of cells and tissues from the variation in altitude. The relationship between the size of occlusive cell stomata and the chromosome number showed a very low negative correlation of  $r = -0.033$ ; evidencing the importance of considering the study of environmental factors such as radiation, precipitation and water stress. The morphometric differences that are influenced by factors such as altitude show the ability of a polyploid individual to adapt to extreme environmental conditions, as part of their evolutionary or adaptation process.

**Keywords:** *Polylepis incana*, *Polylepis rodolfo-vasquezii*, morphometry, chromosome number, stoma occlusive cells, altitude.

## INTRODUCCIÓN

Los Andes tropicales presentan una gran biodiversidad y un alto nivel de endemismo (1; 2; 3), siendo considerado una de las principales prioridades de conservación mundial al ser reconocidos como ‘hotspots’ de biodiversidad global (4). Dentro de esta región, se encuentran ecosistemas importantes, tales como los bosques de *Polylepis* los cuales se encuentran amenazados (5; 6).

El género *Polylepis* pertenece a la familia Rosaceae. Su distribución es a lo largo de los Andes, en un rango altitudinal desde 3.500 hasta 5.000 msnm; este género consta de aproximadamente 28 especies que ocupan diversos hábitats, desde bosques de neblina hasta los volcanes áridos del Altiplano (7).

Los bosques de *Polylepis* regulan la temperatura permitiendo el desarrollo de una gran diversidad de flora y fauna, mucha de ella endémica convirtiéndose en un sistema biológico singular de los Andes (8; 7; 9). Sin embargo, durante los últimos siglos estos bosques han sufrido daños por actividades humanas, como la tala para leña, quema con fines de pastoreo y establecimiento de áreas de cultivos, causando la destrucción de más del 95 % de su distribución original (7). Encontrándose a 14 especies categorizadas en estado vulnerable (10).

Un aspecto negativo y trascendental de la hibridación es que causa un efecto de competencia en las especies más poliploides convirtiéndolas en plantas invasoras y ocasionando el desplazamiento de las especies nativas de *Polylepis*, si no se establecen parámetros para su uso y control podrían con el tiempo ocasionar la disminución de bosques de otras especies (11).

En este contexto, el objetivo de la investigación fue describir las características morfométricas de *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* y correlacionarlas con la altitud para conocer los cambios fisiológicos ocasionados por la adaptación a ecosistemas con condiciones ambientales más extremas (rango altitudinal) y con el número

cromosómico, para obtener información sobre indicios de ploidía en estas especies, a través de la relación tamaño de células oclusivas-número cromosómico.

La investigación se divide en 4 capítulos, en el capítulo I se detalla el planteamiento y formulación del problema, los objetivos, justificación e importancia y descripción de las variables. La dificultad limitante es la poca información sobre estudios de morfometría, anatomía foliar y citogenética en especies de *Polylepis* en Junín y su influencia por factores abióticos de su entorno, todo ello muy importante para la toma de decisiones en temas de conservación de bosques montanos nativos específicamente en la reforestación con especies nativas de *Polylepis*.

El capítulo II comprende el marco teórico, antecedentes de la investigación, bases teóricas, metodologías existentes, técnicas e instrumentos de investigación y definición de términos básicos. El método de medición, estuvo basado en la toma de medidas longitudinales ( $\mu\text{m}$ ) de células y tejidos pertenecientes al mesófilo del foliolo como: Células guardianas de estomas, área de la hoja, espesor de hoja, epidermis adaxial y abaxial, parénquima de empalizada y esponjoso pertenecientes al Bosque Dorado, Bosque Toldopampa, Bosque Quilcaycocha y Bosque Paucho.

En el capítulo III, se describe la metodología y el alcance de la investigación, diseño de la misma, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos. El estudio es básico, descriptivo-correlacional no experimental, con tres variables y tres dimensiones.

En el capítulo IV, se describen los resultados y se desarrolla la discusión de los mismos a través de resultados del análisis estadístico de cada componente estudiado y la comparación con estudios relacionados al estudio.

El presente estudio es parte del proyecto “Estudio citogenético y molecular de la diversidad genética y estructura poblacional de bosques de *Polylepis sp.*, con fines de conservación en la región Junín”, el cual se viene desarrollando en las instalaciones de la Universidad Continental en convenio y con fondos del Estado a través del Fondo para Ciencia y Tecnología del CONCYTEC.



## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

#### 1.1 Planteamiento y formulación del problema

##### 1.1.1 Planteamiento del problema

Los bosques son los ecosistemas terrestres más extensos, ocupando el 30 % de la superficie emergida del planeta (FAO, 2007). A esta importancia espacial se añade su enorme valor en términos de biodiversidad, asociada especialmente a los bosques tropicales. Además, representan el hábitat de más del 80 % de la biodiversidad terrestre del planeta, ayudan a la protección de las cuencas hidrográficas, regulan el ciclo hidrológico y abastece de agua limpia a gran parte del mundo (12).

Los Andes tropicales representan una parte del mundo con gran cantidad de diversidad de hábitats (14). Su extensión original de vegetación primaria fue de 1 258 000 km<sup>2</sup>, del cual solo queda el 25 % de su extensión, esta región además de albergar 45 000 especies de plantas, cuenta con gran porcentaje de endemismo en especies de aves, reptiles, mamíferos y anfibios siendo considerados como uno de los “Hotspots” de biodiversidad global con prioridad de conservación a nivel mundial (4).

Otros tipos de bosques, considerados como muy amenazados, son aquellos pertenecientes al género *Polylepis* (6). Estos representan gran parte la vegetación natural de los Andes centrales a 3.500 msnm y 4.400 msnm, estos han ido ocupando gran variedad de hábitats, que van desde bosques de neblina hasta los volcanes áridos (7), y contienen una diversidad de fauna y flora única con altos niveles de endemismo. Desafortunadamente, éstos bosques también representan uno de los hábitats más vulnerables por la destrucción de estos a causa del sobrepastoreo y el uso de sus árboles como producto maderable (15).

Como consecuencia de estas actividades que iniciaron hace miles de años y que se intensificó desde la Conquista, se calcula que el 95 % de los bosques de *Polylepis* que se encontraban en el Perú desaparecieron y se estima que quedan menos del 10 % de su extensión original en las regiones altas de Bolivia y Perú (16) encontrándose a catorce especies listados como vulnerables (5) y en Perú según el D.S 043-2006-AG, los bosques de *Polylepis* están considerados en peligro de extinción estando registradas 14 de las 28 especies conocidas (10).

En la vida vegetal el factor “poliploidía” es formado a partir de un progenitor diploide y su presencia es más frecuente en altas latitudes y altitudes (20; 21). Este representa una importante fuerza y proceso evolutivo, tal que cerca del 70 % de las plantas tienen un origen poliploide (20), además puede haber influenciado directamente al incremento en el número de especies de plantas a través de eventos de duplicación ancestrales a partir del Cretácico temprano (23; 25).

Ventajas y desventajas evolutivas potenciales de la poliploidización han sido propuestas, sin embargo estas se reducen al enfrentamiento de una competencia directa con su progenitor diploide, y sólo sobrevivirá lo suficiente adaptándose a un nuevo nicho o desplazando a la especie diploide parental (27; 29; 31). Si bien es cierto este proceso natural provoca la adaptación de especies a nuevos hábitats, también trae consigo problemas que pueden llegar a ser muy significativas como en el género *Polylepis* que normalmente se ha clasificado e identificado a través de la descripción de sus caracteres morfológicos; pero a causa de la hibridación, poliploidía y características morfológicas similares se ha tornado complicado la clasificación taxonómica a nivel de especies (11; 12; 30), además de obstaculizar

estudios ecológicos y biogeográficos debido a la semejanza morfológica de muchas especies del género, incluso aun si se encuentren en ubicaciones geográficas distintas y posean diferencias a nivel genético (27).

Asimismo, este proceso amenaza la diversidad genética del bosque nativo de *Polylepis* a través del efecto de desplazamiento por competencia entre especies o el surgimiento de híbridos que se producen al reforestar bosques nativos con especies diferentes, y que los procesos que ocurren a nivel interespecífico pueden agravar la tasa de reducción poblacional debido a la presencia de citotipos incompatibles (21; 22), además que la poliploidía usualmente genera un aumento del tamaño celular el cual tiene la propiedad de generar plantas más vigorosas, pero con un impacto negativo en la fertilidad (29).

Sin embargo, el estudio morfométrico de las células oclusivas de los estomas permitió adquirir información sobre índices del nivel de ploidía correlacionando variables morfométricas con el número cromosómico (30), debido a que el tamaño de las células está estrechamente vinculado con la cantidad de ADN y el número cromosómico por lo que el estudio de células guardianas de estomas permite estimar los niveles de ploidía a través del tamaño de estos (25; 26).

Asimismo, se hicieron estudios sobre la respuesta de adaptación a su entorno y los efectos en la fisiología del *Polylepis*, algunos de los rasgos varían con relación a la altitud, como el espesor de las hojas y el área foliar (33). Esta respuesta de adaptación está estrechamente influenciada por el grado de ploidía de cada especie.

En la región Junín se tiene registro de 7 especies de *Polylepis* de las cuales la especie *Polylepis rodolfo-vasquezii* fue descubierta hace menos de 3 años. Esta especie y las otras 6 presentan poca o nada de información respecto a sus características morfométricas, citogenéticas y su relación y adaptación con el ambiente (fisiológicas).

Por estas razones, este estudio tiene como objetivo describir las características morfométricas de las especies *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* y realizar un análisis de correlación con factores citogenéticos, como el número cromosómico para poder determinar indicios de poliploidía de las especies. Además,

realizar un análisis de correlación con la altitud para poder observar los cambios fisiológicos a nivel de poblaciones e intra poblacional. Finalmente, es importante mencionar que las características morfométricas son muy importantes en la biología, porque permiten obtener descripciones cuantitativas de organismos a nivel de células y tejidos (34).

## **1.1.2 Formulación del problema**

### **1.1.2.1 Problema general**

¿Qué relación existe entre las características morfométricas de la hoja de *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* con la altitud y el número cromosómico en la región Junín, 2017?

### **1.1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuáles son las características morfométricas de las células oclusivas de los estomas, epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima esponjoso y empalizada de *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* presentes en la Región Junín, 2017?
- ¿Cuál es la relación del tamaño de la epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima esponjoso y empalizada con la altitud de los bosques de *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* presentes en la Región Junín, 2017?
- ¿Cuál es la relación de la longitud de las células oclusivas de los estomas con el número cromosómico de *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* presentes en la Región Junín, 2017?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Describir las características morfométricas de la hoja de *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* y su relación con la altitud y el número cromosómico en la Región Junín, 2017.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Describir las características morfométricas de las células oclusivas de las estomas, epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima esponjoso y empalizada de *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* en la Región Junín, 2017.
- Determinar la relación del tamaño de la epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima esponjoso y empalizada con la altitud de los bosques de *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* en la Región Junín, 2017.
- Determinar la relación de longitud de las células oclusivas de los estomas con el número cromosómico de *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* en la Región Junín, 2017.

### **1.3 Justificación e importancia**

#### **Científica**

Este género se encuentra en peligro de extinción (10), su distribución fue decreciendo por las actividades antropogénicas e inserción de otras especies que muestran una mayor adaptabilidad (6). Como consecuencia de ello, la disminución de bosques endémicos se ha reducido en un 95 % de su extensión original (16).

En la región Junín se ha descubierto recientemente una nueva especie en el Área Natural Protegida Pui-Pui (35), siendo esta denominada *Polylepis rodolfo-vasquezii*. Esta especie al ser recientemente descubierta su situación requiere de estudios que permitan brindar información de los beneficios ambientales que provee, su adaptabilidad al medio, características genéticas e información descriptiva, todo ello para prevenir la disminución de los bosques remanentes y poder conservar estos bosques dentro y fuera de la región Junín.

#### **Metodológica**

La metodología aplicada estuvo basada en selección de muestras con caracteres específicos y no aleatorios. Se utilizó este método debido a que permite obtener datos de mayor confiabilidad, en este tipo de estudios es necesario seleccionar muestras biológicas con características fitosanitarias óptimas, que no sean clones debido a que el factor citogenético

varía en función a cada individuo. Asimismo, esta metodología es usualmente usada para estudios citogenéticos.

## **Práctica**

El estudio se dirige a proporcionar nueva información científica descriptiva sobre características morfométricas de células y tejidos del mesófilo de la hoja e información correlacional entre éstas variables con la altitud y el número cromosómico, que en conjunto proporcionarán nuevos datos sobre citogenética, anatomía vegetal y la situación de adaptabilidad al medio de estas especies que mantienen gran importancia e impacto en resolver vacíos sobre el desplazamiento por competencia entre especies, generación de híbridos y citotipos incompatibles pueden agravar la tasa de reducción poblacional por efectos de poliploidia, apoyada a factores naturales y antropogénicos.

Asimismo, la información generada permitirá proponer estrategias que al aplicarse contribuirían a comprender y resolver el problema de pérdida de bosques nativos de alta montaña y sobre todo lo beneficios ambientales que estos generan.

## **Hipótesis y descripción de variables**

### **1.3.1 Hipótesis General**

Las características morfométricas de las hojas de *Polylepis rodolfo-vasquezii* serán diferentes a *Polylepis incana*.

Existe una alta correlación entre las características morfométricas de la hoja con la altitud y el número cromosómico.

### **1.3.2 Hipótesis Específicas**

Ho: Las características morfométricas de las células oclusivas de estomas, epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima esponjoso y empalizada de *Polylepis rodolfo-vasquezii* serán iguales a *Polylepis incana*.

H1: Las características morfométricas de las células oclusivas de estomas, epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima esponjoso y empalizada de *Polylepis rodolfo-vasquezii* serán diferentes a *Polylepis incana*.

Ho: La relación del tamaño de la epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima esponjoso y empalizada con la altitud de los bosques de *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* será menor que 0.7

H1: La relación del tamaño de la epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima esponjoso y empalizada con la altitud de los bosques de *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* será mayor que 0.7

Ho: La relación de la longitud de las células oclusivas de los estomas con el número cromosómico de los bosques de *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* será menor que 0.7.

H1: La relación de la longitud de las células oclusivas de los estomas con el número cromosómico de los bosques de *Polylepis rodolfo-vasquezii* y *Polylepis incana* será mayor que 0.7.

## **1.4 Descripción de variables**

### **1.4.1 Variables**

- Especies de *Polylepis*
- Características morfométricas de la hoja
- Número cromosómico de las especies de *Polylepis sp.*
- Altitud de los bosques

### 1.4.2 Operacionalización

Variables	Tipos de variable	Definición operacional	Categorías o Dimensiones	Definición conceptual	Indicador
Características morfológicas	Dependiente	Descripción métrica de las de las células o tejidos que se encuentran dentro de la hoja de cada especie de <i>Polylepis sp.</i>	Medidas microscópicas de las células y tejidos de la hoja.	Es la caracterización cuantitativa del tamaño, se puede utilizar para cuantificar un carácter de significancia evolutiva, y para detectar los cambios en la forma.	-Longitud de células oclusivas de estomas. -Longitud de epidermis adaxial y abaxial. -Espesor de hoja. -Área de hoja -Longitud de parénquima esponjoso y empalizada.
Altitud		Altura con respecto al nivel del mar del bosque de <i>Polylepis sp.</i>	Distancia vertical	Distancia vertical que existe entre un punto de la tierra y el nivel del mar.	Altura (msnm)
Número cromosómico	Independiente	Es el número específico promedio de cromosomas característico de cada especie de <i>Polylepis sp.</i>	Juego de cromosomas	Es el conjunto de juegos de cromosomas siendo $n$ en los gametos y $2n$ en las células vegetativas de una especie diploide.	Número diploide de cromosomas (2n)

Fuente: Elaboración propia



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2.1 Antecedentes de la investigación.**

En el artículo científico titulado: “An Andean radiation: Polyploidy in the tree genus *Polylepis* (Rosaceae, Sanguisorbeae)”, cuyo objetivo fue deducir los niveles de ploidía de las especies de *Polylepis* a través de estudios de conteo de cromosomas, medidas de células y análisis de citometría de flujo. En este estudio se identificó la presencia de poliploidía y se dedujo niveles de ploidía para la mayoría de las especies en el género. Asimismo, se encontró que los niveles de ploidía mostraron una progresión clara de diploidía a poliploidía, ello indica que la poliploidización pudo haber jugado un papel principal en los procesos de especiación y en la colonización de nuevos hábitats. Este trabajo aporta a esta investigación al establecer una metodología indirecta de estimación de presencia y niveles de ploidía en especies del género *Polylepis*, metodología que permitirá aplicarlos para otras especies las cuales no se estudiaron aún (27) como en *Polylepis rodolfo-vasquezii*.

El artículo científico que tiene como título “Estudio Citogenético de las especies del género *Polylepis* (*P. incana* y *P. racemosa*) en el Ecuador”, tuvo como objetivo identificar las características citogenéticas de las especies *P. incana* y *P. racemosa* a través del conteo de cromosomas. En el estudio, se obtuvo que no existe alta variación en los números

cromosómicos entre individuos de la misma población pertenecientes a la especie *P. incana* (Illinizas  $2n = 37-42$ ), ello indica que en dichas poblaciones no se está generando una respuesta adaptativa al medio. Sin embargo, si existe una alta variación en el caso de *P. racemosa* que sugiere la presencia de individuos poliploides intraespecíficos y su alta respuesta adaptativa al medio. Este estudio aporta nuevo conocimiento sobre el número promedio de cromosomas y presencia de poliploidía para las especies *P. incana* considerando que los estudios de conteo cromosómico para este género son complicados debido al diminuto tamaño de los cromosomas que presentan (26), asimismo ayuda como referencia para la comparación con *P. incana* de Junín.

El artículo científico titulado: “Chromosomal and morphological studies of diploid and polyploid cytotypes of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni (Eupatorieae, Asteraceae)”, cuyo objetivo fue examinar el número de cromosomas y algunas características morfológicas de las cepas de *Stevia rebaudiana*. Se obtuvo que todas las cepas tenían  $2n = 22$ , excepto dos, que tenían  $2n = 33$  y  $2n = 44$ . Además, todas las cepas tenían polen inviable. Por lo que se deduce que, cuanto mayor sea el número de ploidía, mayor será el tamaño del polen y los estomas, y menor será su número por unidad de área. El estudio aporta información contrastando la afirmación de que cuanto mayor sea el número cromosómico (mayor ploidía) y mayor las dimensiones del tamaño de las células vegetales (102).

El artículo titulado: “Citogeografía de cuatro especies de *Polylepis* (Rosaceae) en el Ecuador: Información relevante para el manejo y conservación de los bosques andinos”, tuvo como objetivo “Identificar las características citogeográficas de las especies de 4 especies de *Polylepis*”. A través de conteos cromosómicos y georeferenciación de puntos de colección de los individuos con diferencias cromosómicas y rango de distribución. En la investigación se identificaron varios citotipos principalmente hexaploides, octoploides, y decaploides. Los resultados confirman la compleja historia de este género y la importancia de la poliploidía en su evolución y la amplia distribución de los poliploides que pueden generarse por el contacto secundario entre poblaciones naturales y translocadas. El estudio aporta información sobre la influencia del rango de distribución en los números cromosómicos, además de que advierte que estos efectos genéticos alteran la estabilidad de bosques endémicos, que son invadidos por especies no endémicas (28).

El artículo científico titulado: “Anatomía Foliar de *Polylepis sericea* Wedd. (Rosaceae) a dos altitudes en los Altos andes venezolanos”, tuvo como objetivo estudiar la anatomía foliar de individuos de *Polylepis sericea* (Rosaceae) a dos altitudes contrastantes Loma Redonda a 4 100 msnm y en el páramo de Mucubaji a 3 500 msnm y conocer la estructura y determinar la existencia de caracteres disimiles generados por las diferencias altitudinales. Se encontró que la existencia de caracteres disimiles estructurales dados en primer lugar por el efecto altitudinal fueron la reducción del área foliar y el aumento de tejido clorofílico, además de diferencias derivadas del efecto hídrico estacional como engrosamiento cuticular y diferencias en la densidad estomática. Este estudio aporta relevante información que muestra que los factores ambientales como la altitud a la que crecen estas especie arbóreas, influyen en la estructura de la anatomía de la hoja aun perteneciendo a una misma especie (37).

El artículo científico que titula: “Viabilidad de polen, densidad y tamaño de estomas en autotetraploides y diploides de *Physalis Ixocarpa*”, cuyo objetivo fue estudiar el impacto de la autoploidía en la viabilidad de polen y el tamaño y frecuencia estomática del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) analizando el polen, tamaño y número de estomas de poblaciones diploides y autotetraploides. La investigación muestra que los individuos diploides tuvieron valores de viabilidad de polen y densidad estomática, significativamente mayores que los autotetraploides; sin embargo, los diploides tuvieron granos de polen y estomas significativamente más pequeños que los autotetraploides. Por lo que la poliploidía afectó la viabilidad del polen que ocasiona pérdida de fertilidad, además el aumento del tamaño celular muestra que los autoploidios tienen el potencial de generar plantas más vigorosas, pero con una disminución en la fertilidad, aunque esta característica puede mejorarse al paso de varias generaciones. El estudio aporta conocimiento estableciendo que los individuos poliploides y diploides muestran características físicas diferentes como mayor tamaño pero con una reducción en la cantidad de células, evidenciando una relación inversa entre tamaño del individuo y cantidad de células (29).

En la tesis titulada: “Determinación del número cromosómico de *Polylepis pauta* y *Polylepis sericea* presentes en la provincia de Pichincha”, estudiadas en poblaciones del Parque Nacional Cayambe Coca, Reserva Mojanda y Reserva Yanacocha en la provincia

de Pichincha - Ecuador. El estudio aporta nueva información sobre el número de conteo de cromosomas para las especies *P. pauta* y *P. sericea*. Siendo sus principales conclusiones:

- Descripción del número cromosómico exacto con un valor de  $2n = 72$  para *P. pauta* en las poblaciones de Mojanda y Cayambe Coca y otro para *P. sericea* en la que se obtuvo un valor de  $2n = 82$  en la población de Yanacocha.
- Que los conteos cromosómicos directos permiten diferenciar especies morfológicamente similares como es el caso de *P. pauta* y *P. sericea* y descifrar sus niveles de ploidía.
- Evidencia de un nivel de ploidía decaploide ( $2n = 10x$ ) para *P. pauta* y dodecaploide ( $2n = 12x$ ) para *P. sericea* en base al número cromosómico  $x = 7$  de la familia Rosaceae (38).

En la tesis titulada: “Morfología y fisiología de tres especies de *Polylepis microphylla* (Wedd.), *P. racemosa* y *P. subsericans* (Rosaceae) en tres niveles altitudinales, en Yanacocha, Urubamba - Cusco”. Desarrollado en Cusco – Perú. El estudio aporta nueva información sobre características morfológicas y fisiológicas de 3 especies de *Polylepis* sp., en tres niveles altitudinales diferentes. Siendo sus principales conclusiones:

- La existencia de diferencias en las características morfológicas y fisiológicas en las especies *Polylepis microphylla* (Wedd.) Bitter, *Polylepis racemosa* Ruiz & Pav. y *Polylepis subsericans* J.F. Macbr.
- Que las tres especies de *Polylepis* presentan diferencias en el número de hojas y foliolos, área foliar específica, espesor de la hoja, largo de células del parénquima clorofiliano, densidad estomática, densidad y forma de tricomas, espesor del rítidoma, altura de árbol, diámetro a la altura del pecho, contenido hídrico, contenido hídrico relativo, déficit de saturación hídrica y medidas de fluorescencia (39).

En la tesis titulada: “Estudio del crecimiento de *Polylepis sericea* Wedd., en el páramo venezolano”, desarrollado en la Sierra Nevada de Mérida - Venezuela. El estudio aporta nueva información sobre las implicancias que se presentan en la etapa de desarrollo de la especie *P. sericea* en dos lugares del páramo. Siendo sus principales conclusiones:

- En la localidad de Mucubají donde las condiciones ambientales son más favorable con respecto a Loma Redonda, *Polylepis sericea* presenta un mayor crecimiento y

una mayor asimilación de CO<sub>2</sub>, por lo que se espera que el balance de carbono sea mayor en Loma Redonda, este trabajo parece indicar que las diferencias en el crecimiento entre una y otra localidad es la toma de carbono y el efecto que ejerce la temperatura sobre los procesos fotosintéticos, y por lo tanto sobre el balance de carbono, más que sobre el crecimiento a nivel celular.

- La estacionalidad hídrica representa un factor de estrés importante para *Polylepis sericea*, produciendo un efecto sobre la conductancia estomática que afecta la asimilación de CO<sub>2</sub> y por tanto el crecimiento, el cual se ve reducido para la estación más desfavorable.
- Los mecanismos adaptativos bien particulares de *P. sericea* discutidos por otros autores, este trabajo muestra que *P. sericea* posee mecanismos de adaptación que le permiten el establecimiento en un ambiente desfavorable, como con una adaptación en la maquinaria fotosintética durante ambas estaciones hídricas y cambios en la estructura anatómica que le permiten ser una especie exitosa en la conquista del 'treeline' (40).

El artículo titulado: "Bosques de *Polylepis*", describe la situación ambiental de los bosques de *Polylepis* y el efecto de la interrelación con las actividades de las poblaciones aledañas. En sus conclusiones explica que más de la mitad de las especies de plantas es utilizada por los habitantes locales, aunque muchas de éstas están en peligro de extinción debido a la destrucción de su hábitat. La conservación y restauración de bosques de *Polylepis* como parte de un cambio general de los métodos de uso de tierra de los Andes son imprescindibles para mantener la viabilidad ecosistémica de esta región tan densamente poblada(7).

El artículo titulado: "A revision of the Genus *Polylepis* (Rosaceae: Sanguisorbeae)", menciona que algunas especies de *Polylepis* forman bosques que crecen muy por encima de la línea normal de árboles a elevaciones superiores a los 5000 m. En consecuencia, *Polylepis* parece ser el género de angiospermas arborescentes de mayor naturalidad presente en el mundo y que la hibridación parece ocurrir entre las especies que dificultan la circunscripción de algunos taxones. Los datos de estas fuentes indican que se debe considerar que *Polylepis* consta de 15 especies, una de las cuales se describe primero en

este tratamiento. Se proporciona una clave para la identificación de las especies. Cada especie es ilustrada, discutida, y su distribución moderna mapeada (41).

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en 4 bosques de la Región Junín, ubicados en zonas altoandinas, estos bosques están ubicados por encima de los 3.600 msnm llegando y superando los 4.300 msnm

Tabla 1. Ubicación de los bosques del estudio

PROVINCIA	LOCALIDAD	BOSQUE	LOCALIZACIO		ALTITUD	EXTENSIÓN
			N			
			UTM	18L		
<b>Concepción</b>	Pomamanta	Paucho	483929	8704028	4263	4.71 ha
<b>Concepción</b>		Quilcaycocha	483157	8704468	4362	3.1 ha
<b>Satipo</b>	Toldopampa	Toldopampa	511714	8728273	4046	8.82 ha
<b>Huancayo</b>	Paccha	Dorado	478635	8674931	3752	24.6 ha

Fuente: Elaboración propia

El interior de los bosques de *Polylepis* es muy húmedo, a causa de las bajas temperaturas. Su extensión se ha reducido durante las últimas décadas y ahora solo sobreviven en forma de relictos (42). Las variables climáticas de los bosques del estudio se muestran a continuación:

Tabla 2. Variables climáticas de los bosques del estudio

BOSQUE	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
	MEDIA ANUAL (°C)	ANUAL (mm/año)
<b>Dorado</b>	8.4	657
<b>Toldopampa</b>	5.9	1753
<b>Paucho</b>	5.2	1266
<b>Quilcaycocha</b>	5.1	1254

Fuente: Extraído de (43)

#### 2.2.1.1 Zonas de vida

Las zonas de vida son determinadas en función a características de biotemperatura, precipitación, altura, entre otros.

Los bosques de *Polylepis* en la región Junín ocupan las zonas de vida Bosque húmedo, Bosque pluvial, Bosque muy húmedo, Páramo muy húmedo; en los pisos altitudinales Subalpino y Montano; y las regiones latitudinales Tropical y Subtropical (43).

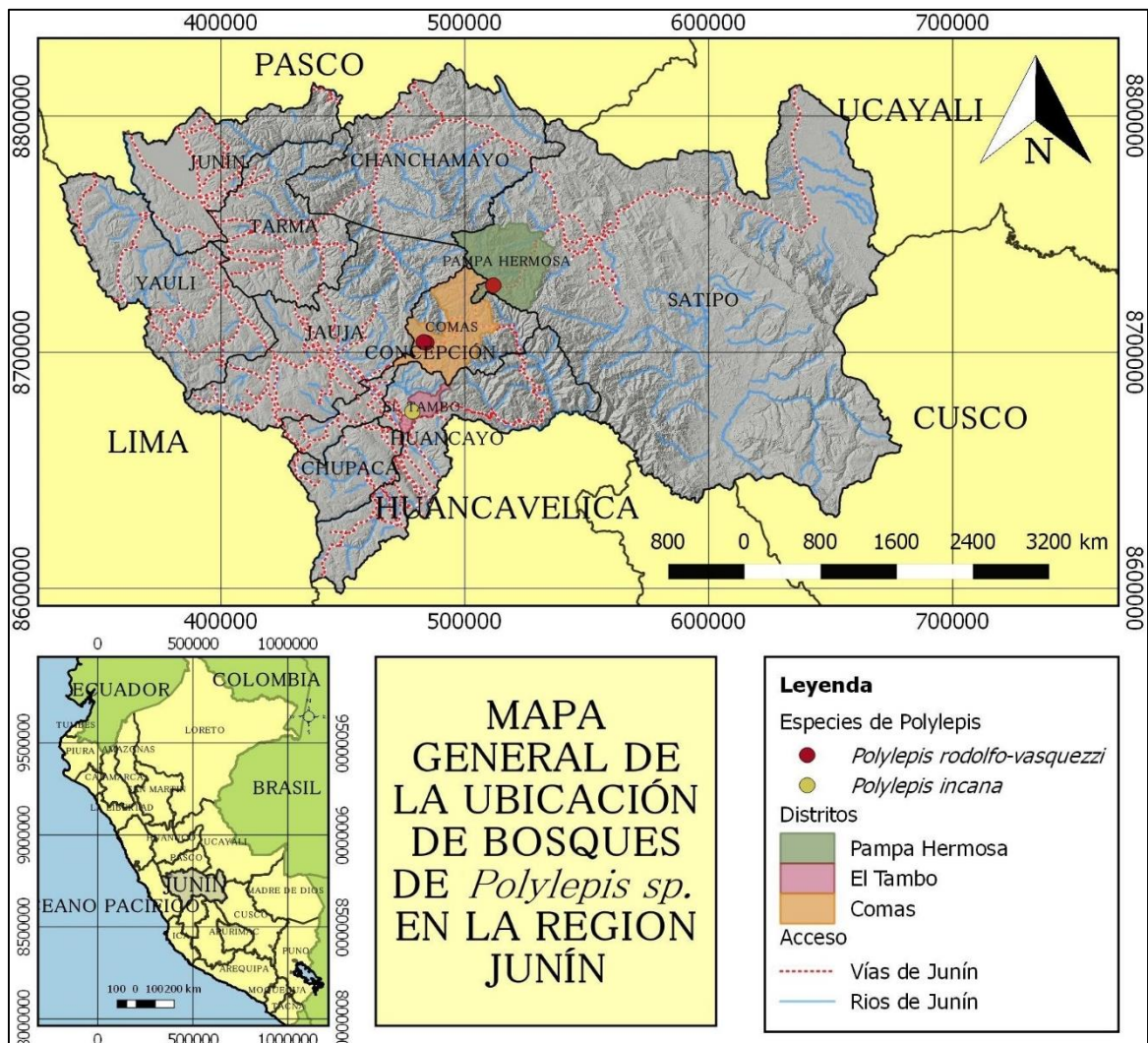
Tabla 3. Zonas de vida de los bosques del estudio

<b>Bosque</b>	<b>Zonas de vida</b>
<b>Dorado</b> Bosque húmedo montano tropical	Esta zona de vida es muy particular de algunas zonas altoandinas de la sierra de Tarma, Chanchamayo, Junín, Concepción y Huancayo. Abarca un área 397606.48 ha y representa el 08.9 % de la superficie total del departamento.
<b>Paucho</b> Bosque muy húmedo montano tropical	Esta zona de vida se encuentra presente en las provincias de Jauja, Concepción y Huancayo, y los límites occidentales de la provincia de Satipo. Abarca un área 136,500 ha y representa el 03.1 % de la superficie total del departamento
<b>Quilcaycocha</b> Páramo muy húmedo subalpino tropical	Este tipo de zona de vida caracteriza la mayor parte de la sierra del departamento de Junín. Cubre las zonas altoandinas de las provincias de Yauli, Junín y Huancayo. Abarca un área de 5, 276, 407,619 ha y representa el 11.68 % de la superficie total del departamento.
<b>Toldopampa</b> Bosque pluvial montano tropical	Se encuentra en las laderas cubiertas por bosques de neblina, y está presente principalmente en las provincias de Chanchamayo, Jauja, Concepción y Satipo. Cubre un área 56399 ha y

representa 1.3 % de la superficie total del departamento.

Fuente: Extraído de (43)

### Mapa de ubicación de los bosques del estudio



Fuente: Elaboración propia.

## 2.2.2 Fundamentos teóricos

### 2.2.2.1 Género *Polylepis*



La familia Rosaceae consta aproximadamente de 100 géneros y 3000 especies, está dividida en 4 subfamilias (36; 37), del cual la tribu Sanguisorbeae que se caracteriza por una polinización anemófila y frutos secos (7) y se constituye 14 géneros que están distribuidos casi en todos los continentes, pero en el hemisferio sur es en donde se concentra la mayor diversidad, como el género *Polylepis* (39; 8).

Los bosques de *Polylepis* no se muestran homogéneos, a veces presentan mezclas de árboles de dos especies o se acompañan con otras especies (47). Se estima que la remanencia de los bosques representa menos del 10 % de su extensión original en el Perú y Bolivia (16), además de que 14 especies están listados como vulnerables (5).

Los análisis filogenéticos sugieren que *Polylepis* se desarrolló a través del proceso de poliploidía desde el género *Acaena* (48) y que sus especies filogenéticamente basales eran árboles con hojas delgadas, 7-11 folíolos por hoja, corteza delgada e inflorescencias con abundantes flores (hasta más de 70) (9; 41; 42). La sucesiva evolución fue en dirección a especies con hojas más gruesas, menos número de folíolos, formación de una corteza más gruesa e inflorescencias reducidas con pocas flores. Estas adaptaciones se dieron por los hábitats fríos y áridos de los altos Andes al que estuvieron expuestos. La baja diferenciación genética de las especies sugiere que la evolución de este género ocurrió en los pocos últimos millones de años (9; 44; 42; 43).

Los bosques formados por especies del género *Polylepis* representan hábitats naturales de variedad e importancia para otros seres vivos (7). Además, son considerados como uno de los ecosistemas forestales más amenazados del mundo (51). Se considera como bosque natural a los que se encuentren desde 3 700 hasta 4 200 msnm (12; 45; 46).

#### **2.2.2.2 Taxonomía**

Este género está compuesto por 27 especies (8); (54), del cual en los andes peruanos se tiene registro del 70 % (19 especies), seguido de Bolivia que

cuenta con el 40 % y Ecuador el 25 % del total de especies. El resto de países en donde se desarrolla este género está representado por el 14 % a 3 %.

### **2.2.2.3 Ecología de los bosques de *Polylepis***

Las condiciones ecológicas de los bosques están en relación a condiciones de temperatura, humedad y suelos. Debido a su localización a grandes elevaciones en los Andes, los bosques sufren amplias fluctuaciones diurnas de temperatura, con diferencias de 20 - 30°C, lo que representa un estrés enorme para las plantas. El crecimiento vegetativo del *Polylepis* tiene lugar sobre todo en la época húmeda y relativamente caliente (52; 53).

### **2.2.2.4 Distribución y conservación**

La distribución actual de los bosques de *Polylepis* es muy local. Existen algunas zonas con bosques relativamente extensos como en la Cordillera Blanca ubicado en el Perú, sin embargo, la gran mayoría de los bosques son pequeños restringidos a laderas rocosas y quebradas. Hasta hace poco tiempo, este patrón de distribución era considerado como natural, interpretándose a laderas rocosas y quebradas como microhábitats favorables para su desarrollo (54; 55; 56; 35; 9) Sin embargo, recientes estudios explican esta distribución es en realidad el resultado de miles de años de actividades humanas en los altos Andes (60). La quema frecuente de pastizales, que se efectúa para la mejora de pastizales, reduce la cobertura boscosa. Aunque los árboles maduros de *Polylepis* logren sobrevivir a las quemas de los pastos que crecen debajo, este no sucede lo mismo con las plántulas y árboles juveniles, los cuales mueren. Ello genera que la regeneración de los bosques esté restringida y con el tiempo los bosques desaparezcan (61). La extracción de leña para diferentes actividades incidió en la destrucción de los bosques de *Polylepis*, y como resultado de este proceso, se calcula que un 95 % de los bosques de *Polylepis* han desaparecido en el Perú (16). Como consecuencia de la destrucción de la gran mayoría de los bosques de *Polylepis*, es difícil establecer con certeza

su distribución natural potencial y los factores ecológicos que los determinan (43; 49; 50).

#### 2.2.2.5 Especies de *Polylepis* de la región Junín

La riqueza de especies de *Polylepis* a nivel nacional lo encabeza la región Cuzqueña, seguido por Ayacucho, Ancash, Lima y la región Junín que cuenta solo con 6 especies cada uno.

Tabla 4. Especies registradas según departamentos en Perú

Departamentos	Número de especies registradas
Cusco	10
Ayacucho	8
Ancash	6
Junín	6
Lima	6
Apurímac	5
Puno	4
Arequipa	3
Cajamarca	3
La Libertad	3
Tacna	3
Huánuco	2
Huancavelica	2
Lambayeque	2
Moquegua	2
Pasco	2
San Martín	2
Amazonas	1
Piura	1

Fuente: Extraído de (8)

Las variaciones en los registros del número de especies de *Polylepis* para el Perú, se debe principalmente al limitado trabajo de campo que realizaron los

investigadores, quienes exploraron áreas restringidas de los Andes peruanos y basaron sus estudios principalmente en la revisión de especímenes, que se hallaban en los herbarios; además muchas especies sufrieron cambios en su estatus en los diferentes tratamientos (64).

Tabla 5. Lista de especies de *Polylepis*, rangos altitudinales, distribución a nivel de departamentos.

<b>Especies</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Departamento</b>
<i>Polylepis canoi</i> W. Mendoza	3350 - 3400	AY, CU, JU
<i>Polylepis flavipila</i> (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.	3650 - 4100	HV, LI
<i>Polylepis incana</i> Humboldt, Bonpland & Kunth	3000 - 4200	AN, AP, AY, CU, HU, JU, LI, PA, PU
<i>Polylepis incarum</i> (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.	3100 - 4200	CU, PU
<i>Polylepis lanata</i> (Kuntze) M. Kessler & Schmidt-Leb.	2900 - 4100	AP, AY, CU
<i>Polylepis microphylla</i> (Wedd.) Bitter	3200 - 4000	AR, CU, LI
<i>Polylepis multijuga</i> Pilger	2200 - 3600	AM, CA, LA
<i>Polylepis pauta</i> Hieron.	1800 - 4000	AY, CU, JU, SM
<i>Polylepis pepeii</i> B.B. Simpson	3900 - 4500	AN, CU, PU, SM
<i>Polylepis racemosa</i> Ruiz & Pav.	2900 - 4000	AN, AP, AY, CA, CU, HU, JU, LI, LL, PA
<i>Polylepis reticulata</i> Hieron.	3350 - 4450	AN, JU, LI, LL
<i>Polylepis rugulosa</i> Bitter	3000 - 4600	AR, MO, TA
<i>Polylepis sericea</i> Wedd.	2000 - 4100	AN, CU, JU, LL
<i>Polylepis subsericans</i> J.F. Macbride	2900 - 5100	AP, AY, CU
<i>Polylepis subtusalbida</i> (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.	3000 - 4500	MO, TA
<i>Polylepis tarapacana</i> Philippi	4200 - 4800	TA
<i>Polylepis tomentella</i> Weddell	3500 - 4500	AP, AR, AY
<i>Polylepis triacontandra</i> Bitter	3500 - 3900	PU
<i>Polylepis weberbaueri</i> Pilger	2500 - 4200	AN, CA, LA, LI, PI

Fuente: Extraído de (8)

## 2.2.2.6 Descripción de especies de *Polylepis* en estudio

### 2.2.2.6.1 *Polylepis incana*

Árbol de 4 - 8 m de alto; ritidomas color marrón, de vaina estipular. Hojas agrupadas en el extremo de las ramas; pecíolo de 1.5 - 2 cm de largo, ligeramente viloso; hojas de 2.5 - 6.0 cm x 2 - 3.5 cm, con 1 - (2) pares de folíolos, raquis ligeramente viloso, con punto de unión de los folíolos con un mechón de pelos; base acuminado, ápice acuminado, margen completamente crenado, envés densamente panoso además y con una capa moderada a densamente viloso, mezclado con tricomas glandulares amarillentos, haz ligeramente piloso a moderadamente viloso, con pelos glandulares marrones, dispersos principalmente en la depresión de la vena media (Figura 1). (65).

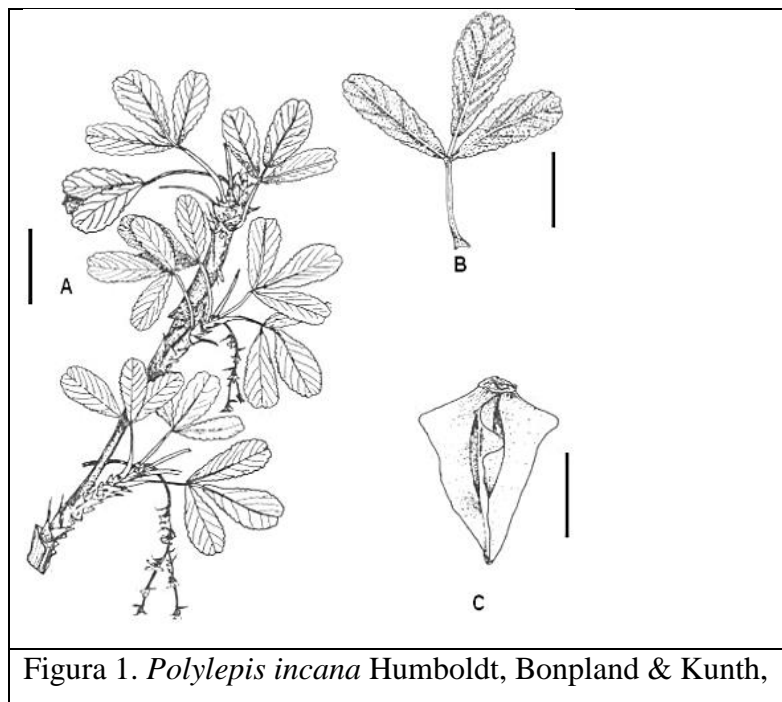


Figura 1. *Polylepis incana* Humboldt, Bonpland & Kunth,

Fuente: Extraído de (65)

### 2.2.2.6.2 *Polylepis rodolfo-vasquezii*

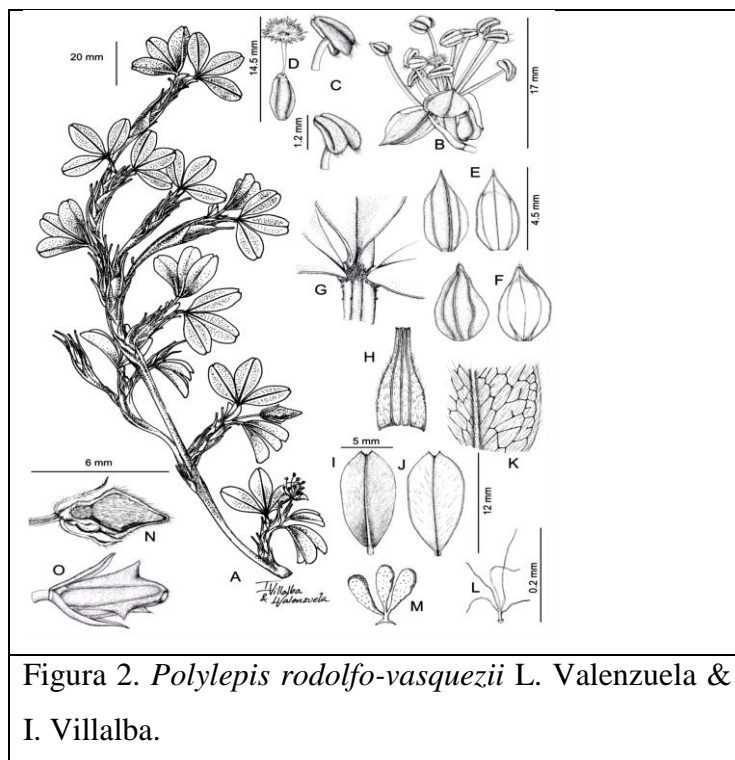


Figura 2. *Polylepis rodolfo-vasquezii* L. Valenzuela & I. Villalba.

Fuente: Extraído de (35)

### 2.2.2.7 Categorización de riesgo

#### 2.2.2.7.1 Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)

Según la IUCN (5) existen 14 especies del género *Polylepis* que están categorizadas como vulnerables, dentro de las cuales se encuentra la especie *Polylepis incana*.

#### 2.2.2.7.2 Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI)

Según el Decreto Supremo N° 043-2006 AG del (10) en el que se establece la “Aprobación de la categorización de especies amenazadas de flora silvestre”. En el artículo 1º: Se establece la categorización de las especies amenazadas que se encuentran dentro de nuestro territorio con fines de adoptar medidas de conservación y la utilización sostenible de la Diversidad Biológica, para el cual utiliza un conjunto de criterios relevantes para todas las especies y

en todas las regiones del mundo, para evaluar el riesgo de extinción de miles de especies y subespecies. En dicho reglamento se hace mención a 13 especies del género *Polylepis* de los cuales *Polylepis incana kunth* esta categorizado como **En peligro crítico (CR)**.

#### **2.2.2.8 Morfometría celular**

La descripción anatómica y morfológica de los seres vivos ha sido uno de los estudios más importantes que se ha llevado a cabo desde inicios de la biología, ello con el fin de observar y analizar diferencias entre especies y dentro de una misma (66).

Inicialmente, las descripciones de la forma de un organismo completo o de alguna de sus partes se hacían cualitativamente (67), es decir, se comparaban con alguna forma fácilmente reconocible, usando términos como en forma de círculo, forma alargada, fusiforme, entre otros. A inicios del siglo XX ocurrió una transición en la biología, cambiando de estudios descriptivos a una ciencia más cuantitativa (68), lo que resultó en el desarrollo de la morfometría, que es “el estudio cuantitativo de la variación de las formas biológicas” (69).

Por lo cual, la morfometría se puede utilizar para describir la forma de cualquier objeto que se utiliza principalmente en la biología para describir los organismos. Asimismo, es muy importante en la biología porque permite realizar descripciones cuantitativas de organismos y con ese enfoque cuantitativo permitió a los científicos comparar las formas de los diferentes organismos de una mejor manera (34).

#### **2.2.2.9 Anatomía vegetal del mesófilo**

##### **Epidermis**

La epidermis es el tejido protector vivo que reviste a toda la planta cuando esta posee estructura primaria. Solamente se considera que falta la epidermis en la caliptra y que aún no está diferenciada en los ápices del tallo. Tiene la función protectora y actúa mecánicamente,

contribuyendo en parte al sostén debido a la compacidad de sus células.

Las células epidérmicas están revestidas exteriormente por una capa más o menos gruesa de cutícula, formada por cutina y producida por el protoplasma de las células epidérmicas. La cutícula restringe la transpiración, evitando la pérdida excesiva de agua.

El intercambio de gases incluyendo al agua en estado de vapor se realiza por las estomas, estructuras epidérmicas que se consideraran más adelante.

El tejido epidérmico puede cumplir también otras funciones: secreción, percepción de estímulos, etcétera. También, aunque en forma excepcional, pueden hallarse epidermis con células con cloroplastos, fotosintetizantes (70).

### **Estomas**

Son aparatos formados por dos células epidérmicas especializadas, llamadas oclusivas o de cierre, que limitan entre ambas una abertura de origen esquizógena, llamadas ostiolo. El ostiolo pone en comunicación el aire circundante con el que se encuentra en los espacios intercelulares subyacentes a la epidermis. De esta manera, el estoma es una estructura que permite el intercambio gaseoso, regulando la transpiración y el cambio de gases.

El estoma puede estar rodeado por células similares a las demás epidérmicas o por otras diferentes en forma y disposición. En ambos casos se las llama células anexas o subsidiarias. El conjunto de las células oclusivas y las anexas forman el aparato estomático.

El estoma puede hallarse al mismo nivel que las células epidérmicas, algo más elevado que ellas en las higrófitas y hundido más o menos profundamente o en concavidades producidas por repliegues epidérmicos (criptas estomatóforas) en muchas plantas xerófitas.



Las células oclusivas, cuya estructura y contenido posibilitan los movimientos estomáticos, tienen caracteres singulares que las distinguen del resto de las células epidérmicas: sus paredes están desigualmente engrosadas y el citoplasma posee cloroplastos y también puede acumular almidón.

Las formas de las células oclusivas y los tipos de engrosamiento de sus paredes varían según el grupo taxonómico considerado. En muchas monocotiledóneas no gramíneas y en la mayoría de las dicotiledóneas tienen la forma esquematizada en la (Figura 3 B). Las células oclusivas son reniformes y las paredes celulares más alejadas del ostiolo son más delgadas de las que forman la abertura (70).

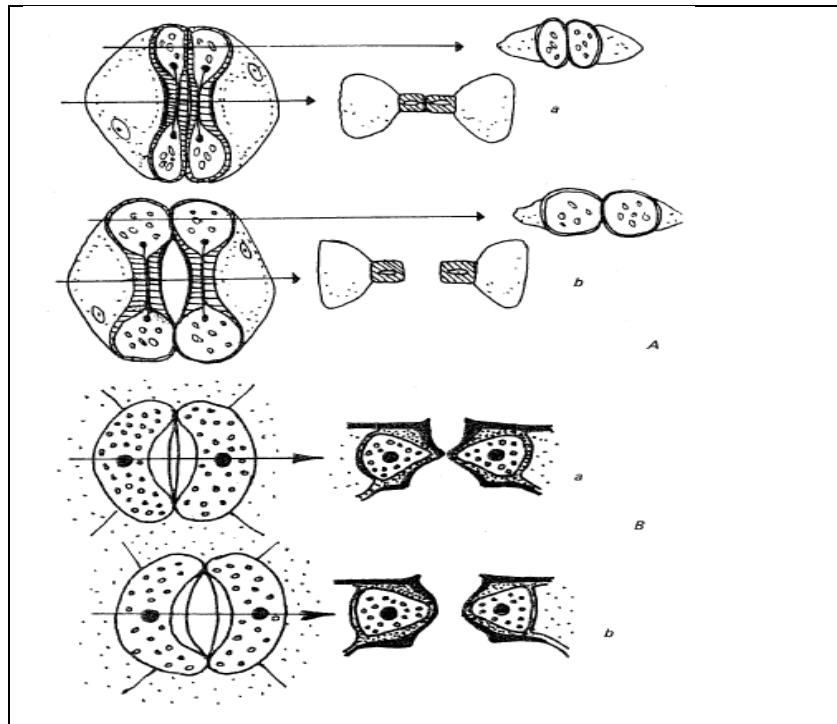


Figura 3. Morfología y tipos de movimientos en las células oclusivas de los estomas.

Ref: A) Tipo gramíneas; B) Tipo dicotiledóneas, a)estoma cerrado; b) estomas abierto

Fuente: Extraído (70)

El estoma de tipo gramíneas está representado en la (Figura 3 A). Las células oclusivas tienen forma de pesas de gimnasta y sus

paredes son delgadas en los extremos (sacos polares) y muy engrosadas en la parte media.

La pérdida de agua que las plantas experimentan por los estomas puede llegar a ser muy importante. Se ha podido medir que entre la mitad y las 6/7 partes del agua de lluvia vuelve a la atmósfera por evapotranspiración, es decir, por lo que evapora el suelo y transpiran las plantas, y que la pérdida de agua por vía estomática es tres veces mayor que la evaporada por el suelo. La evaporación del agua también contribuye al enfriamiento de las hojas.

La apertura del estoma no es una respuesta obligatoria a la acción de la luz y los estomas pueden estar cerrados, aunque se hallen iluminados, cuando la provisión de agua es insuficiente. Las células oclusivas permiten la apertura del estoma en respuesta a bajas concentraciones de CO<sub>2</sub> en el mesófilo (70).

### **Parénquima**

Los parénquimas son tejidos fundamentales que prevalecen en la mayoría de los órganos vegetales formando un todo continuo. Constituyen la mayor parte de la corteza y de la médula de los tallos y raíces, el mesófilo de las hojas, la parte carnosa de los frutos, gran parte de las semillas (endosperma y la mayor parte del embrión), etcétera.

También hay parénquimas acompañando a los tejidos conductores. La mayoría de las reacciones químicas (metabolismo) que ocurren en las plantas se producen en los parénquimas. Son, por lo tanto, tejidos formados por células vivas, muchas veces notablemente vacuolizadas y con núcleos relativamente pequeños y casi siempre con paredes primarias delgadas, aunque existen parénquimas con gruesas paredes primarias donde las hemicelulosas prevalecen como sustancias de reserva, como en las semillas del caqui (*Diospyros kaki*) y en los dátiles (*Phoenix dactylifera*). Las células del

parénquima xilemático secundario tienen paredes secundarias, lo que es una excepción entre las células vivas. La forma de las células parenquimáticas puede ser muy variable: más o menos isodiamétricas y facetadas, casi poliédricas o alargadas, lobuladas, etcétera.

Los citoplasmas se intercomunican mediante plasmodesmos, generalmente concentrados en los campos de puntuaciones primarias y entre las células son frecuentes numerosos espacios intercelulares (meatos) de origen esquizógeno (gr.: esquizo: dividir, hendir) que pueden resultar muy grandes en los aerénquimas.

Los parénquimas pueden ser considerados como meristemos potenciales ya que sus células no han perdido la capacidad de división. Esta característica se pone de manifiesto por su actividad en la cicatrización de las heridas, formación de órganos adventicios, en la soldadura de tejidos durante la injertación, etcétera. Si bien los parénquimas pueden considerarse como tejidos filogenéticamente primitivos, ya que se los encuentra en muchos vegetales inferiores constituyendo la casi totalidad del cuerpo (ciertas talófitas) y por su aspecto son morfológicamente simples, también cabe hacer notar que presentan gran complejidad en las reacciones bioquímicas que ocurren en sus protoplastos.

La clasificación de los parénquimas (Figura 4.) puede hacerse según dos criterios. Por su ubicación en la planta, se reconocen los parénquimas corticales, medulares, asociados al tejido conductor, mesófilo, etcétera. Por su función, pueden distinguirse los asimiladores, fotosintéticos y verdes; los reservantes, que pueden contener almidón, grasas, proteínas, etc.; los acuíferos, acumuladores de agua en plantas suculentas (cactáceas, Aloe, etc.) y los aeríferos (aerénquimas), típicos de muchas plantas acuáticas y palustres, donde el aire se encuentra en los meatos aumentando la

flotabilidad y posibilitando la aireación de los órganos sumergidos (70).

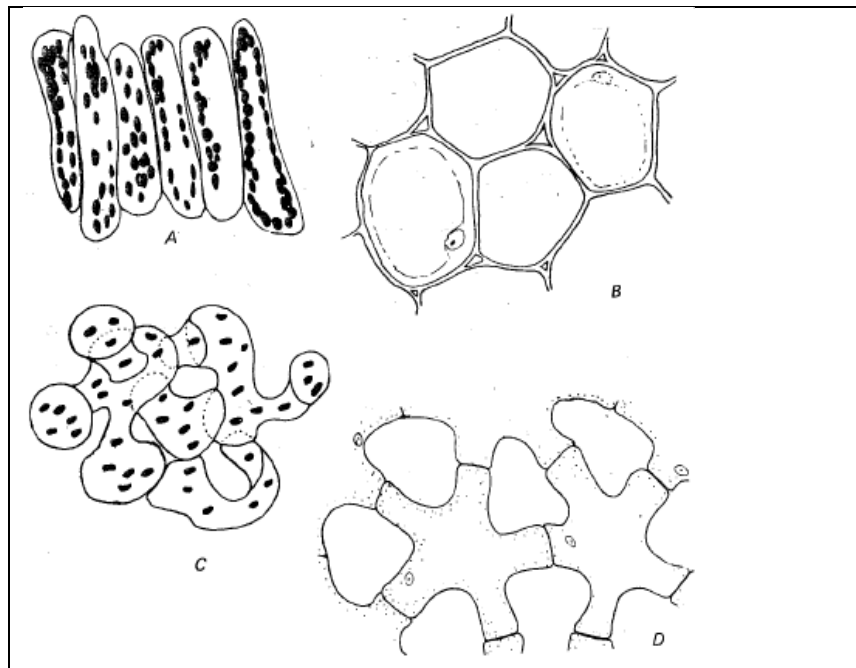


Figura 4. Tipo de parénquima: A) Clorofiliano (Clorénquima) en empalizada; B) Cortical; C) Clorofiliano, lagunoso; D) Aerénquima.

Fuente: Extraído (70)

#### 2.2.2.10 Estudio citogenético

Como parte de la citología dentro de esta se estudia el ciclo celular que sucede en el tejido meristemático en células en proceso de división. Los estudios a nivel celular consta de un procedimiento como: la selección del material vegetal, pre tratamiento de la muestra, fijación, hidrólisis, tinción, preparación de placa (“squash”), análisis al microscopio, obtención de microfotografías, documentación y tabulación de resultados, evaluación del índice mitótico parcial como total, y el cálculo de la duración en horas del ciclo celular considerando un valor medio para un ciclo completo (68; 69).

##### a) Número cromosómico

El número cromosómico (número básico de cromosomas y el nivel de ploidía), provee información importante para resolver problemas

taxonómicos y comprender las tendencias evolutivas (73). El conocimiento del número cromosómico de especies es vital para estudios cito taxonómicos, evolución y relaciones filogenéticas (71; 72).

El número cromosómico dentro de una misma especie puede variar por poliploidía, por lo que nuevos números básicos que no tengan relación directa con los ancestrales pueden surgir si ocurren nuevas reestructuraciones o hibridaciones entre poliploides con diferentes números básicos (76).

**b) Proceso de hibridación**

La especiación híbrida es muy común en el reino vegetal, en especial la especiación originada por poliploidía (77). La disponibilidad de nuevos nichos, promueve que las especies que deseen ocuparlos se adapten modificando su morfología y fisiología, el cual se alcanza mediante mecanismos macro evolutivos como la poliploidía que modifica el genotipo y consecuentemente el fenotipo dependiendo de las nuevas circunstancias del entorno (78).

**c) Poliploidía**

Representa el ADN nuclear o también conocido como “valor C”, que conlleva a cambios en el número cromosómico y en la estructura física de la especie que lo experimente (78).

Este mecanismo de adaptación se clasifica según su origen en autopoliploidía y alopoliploidía. El primero, presenta un sólo tipo de genoma procedente de una única especie parental (monofilética).

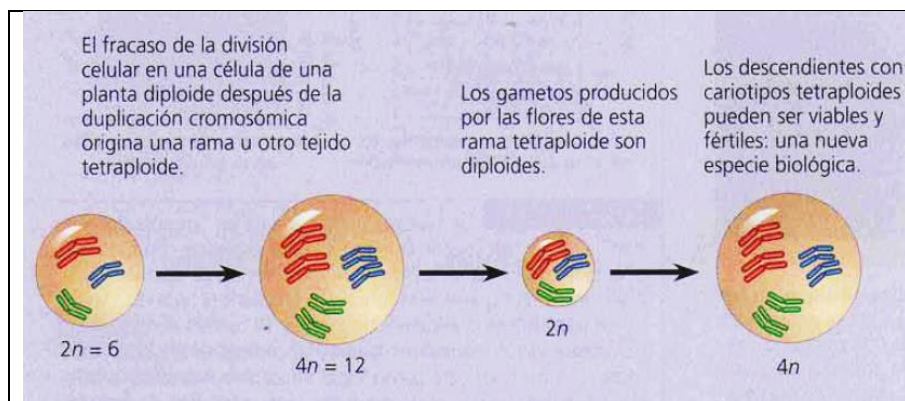


Figura 5. Especiación simpátrica por autopoliploidía en las plantas.

Fuente: Extraído de (79)

El segundo mecanismo, presenta más de un tipo de genoma y, por tanto, procede de la hibridación de dos o más especies (polifilética). En ocasiones, se desconoce el origen de alguno de los genomas de una especie aloploiploide, pudiendo pertenecer a una especie parental extinta o no descubierta. Dentro de los mecanismos citológicos que inducen poliploidía en las plantas se encuentran la duplicación somática y la no reducción de gametos; si bien del primero no se tiene un amplio conocimiento sobre su frecuencia en plantas ni de sus efectos en la hibridación interespecífico, se conoce que este mecanismo es el de mayor generación de poliploides (80).

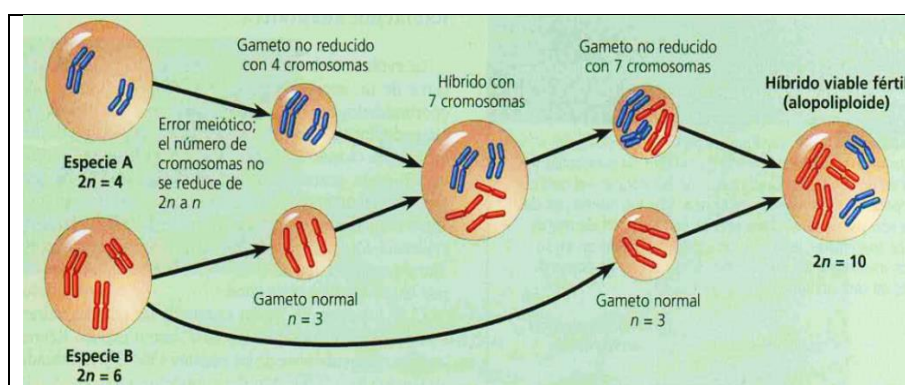


Figura 6. Mecanismo de especiación aloploiploide en las plantas.

Fuente: Extraído de (79)

## 2.2.3 Metodología existente

### 2.2.3.1 Método de morfometría de células guardianas de estomas

Este protocolo fue establecido por (27) con modificaciones.

**a) Colección de muestras**

Se utilizan hojas de 10 árboles de cada población de *Polylepis*. Se escogió 3 folíolos frescos por cada árbol de cada población.

**b) Preparación de muestras**

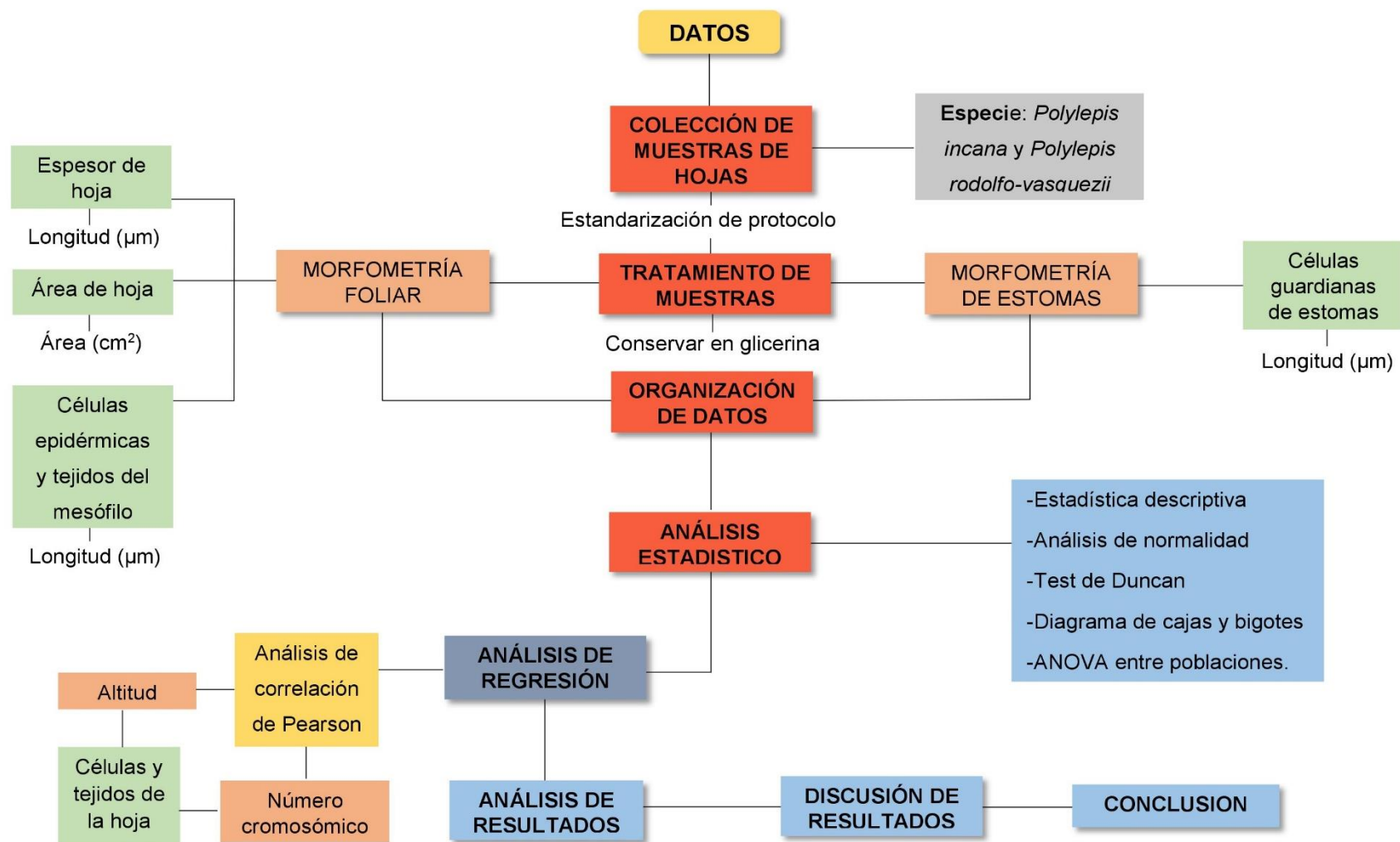
Se descartan los tricomas del envés de las hojas con un bisturí, para las especies que presenten densidad de tricomas. Se fijó cada folíolo por su envés a un portaobjetos con pegamento de cianoacrilato, se eliminó el haz del folíolo hasta evidenciar el tejido epidérmico de la parte superficial del envés, se aplicó acetona para eliminar el remanente de clorofila.

**c) Preparación de placas y medición**

Luego se procede a desprender cuidadosamente con el bisturí la capa del envés y se colocó con una gota de agua destilada sobre el portaobjetos con su respectivo cubreobjetos.

Con el microscopio se fotografió diez células oclusivas por folíolo a un aumento de 400X, se midió su longitud en micrómetros empleando el programa ImageJ 1.49v, posteriormente se realizó análisis estadísticos con los datos obtenidos para correlacionar datos.

## 2.2.4 Diseño de modelo teórico conceptual





## **2.3 Definición de términos básicos**

### **2.3.1 Poliploidía**

El grado de replicación del cromosoma establecido en el cariotipo (88).

### **2.3.2 Cromosomas**

En una célula procarionte o en el núcleo de una célula eucarionte, estructura constituida por ADN o que lo contiene, que lleva la información genética esencial a la célula (88).

### **2.3.3 Adaxial**

Parte del órgano situada hacia el eje portador. Lo contrario de ABAXIAL (89).

### **2.3.4 Abaxial**

Superficie de un órgano situada del lado contrario al eje que la soporta. Cara inferior de la hoja. Se opone a ADAXIAL (89).

### **2.3.5 Mesófilo**

Conjunto de tejidos ubicados entre ambas epidermis y entre los nervios en una hoja (89).

### **2.3.6 Híbridos**

Progenie heterocigota de dos padres genéticamente distintos (88).

### **2.3.7 Taxonomía**

Ciencia de la clasificación de los organismos; ordenamiento de los organismos en grupos sistemáticos tales como especie, género, familia y orden (88).

### **2.3.8 *Polylepis spp***

*Polylepis* (Rosaceae) es un género de plantas de forma de vida arbórea o arbustiva, de 1 – 6 m de altura y un diámetro de copa de 3 – 5 m (90), característico por sus formas retorcidas, una corteza gruesa y escamosa de color rojizo, y pequeñas hojas de color verde grisáceo.

### **2.3.9 Células oclusivas**

Células estomáticas que definen un orificio llamado ostiolo. Tienen la capacidad de hincharse y deshincharse intercambiando agua con otras células epidérmicas anejas (91).

### **2.3.10 Morfometría**

Medición de la forma o estructura de los organismos y sus partes (88).

### **2.3.11 Parénquima**

Tejido vegetal de los denominados "fundamentales". La forma y función de las células parenquimáticas es muy variable, pero todas tienen en común el carecer de pared secundaria o tenerla muy fina y poco o nada lignificada y el ser células vivas con un metabolismo más o menos activo (91).

### **2.3.12 Ploidía**

Es el número de series de cromosomas (91).

### **2.3.13 Citotipos**

Se refiere a un individuo que se distingue de los demás por su ploidía y que tiene un factor cromosómico diferente que otro (91).

### **2.3.14 Altitud**

Es la distancia vertical entre un punto situado sobre la superficie terrestre o la atmósfera y el nivel medio del mar (92).

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método y alcances de la investigación**

##### **3.1.1 Método de la investigación**

###### **3.1.1.1 Método general o teórico de la investigación**

Para este estudio se utilizó el método analítico porque se hicieron mediciones morfométricas de las muestras (hojas).

###### **3.1.1.2 Método específico de la investigación**

Se utilizó el método de la observación porque el conjunto de datos que se presentan naturalmente fueron observados en laboratorio, luego se organizaron y se hizo una interpretación estadística que responderán los objetivos del estudio.

##### **3.1.2 Alcances de la investigación**

###### **3.1.2.1 Tipo de investigación**

La investigación es básica porque se pretendió obtener nuevos conocimientos de descripción morfométrica de células y tejidos de la hoja relacionándolo con la altitud y el número cromosómico. En este estudio se

realizó la correlación de estas variables para la especie *Polylepis rodolfovasquezii* y *Polylepis incana*.

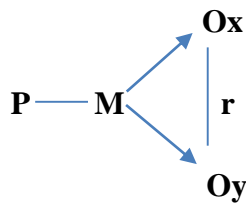
### 3.1.2.2 Nivel de investigación

La investigación es de nivel descriptivo - correlacional. Es descriptivo porque su interés se basó en describir las características de variables para adquirir información, y correlativo porque se reconoció el grado de asociación entre los componentes morfométricos, altitud y el número cromosómico de las especies *P. rodolfovasquezii* y *P. incana*.

## 3.2 Diseño de la Investigación

### 3.2.1 Tipo de diseño de investigación.

Debido a que las características morfométricas (datos) no se manipularán y solo se observarán tal y como se dan en su contexto, se planteó un diseño descriptivo simple y correlacional no experimental, con 3 variables y tres dimensiones, de la siguiente manera:



P: *Polylepis rodolfovasquezii* y *Polylepis incana*

M: Características morfométricas

Ox: Número cromosómico

Oy: Altitud

## 3.3 Población y muestra

### 3.3.1 Población

La población de estudio comprende los árboles pertenecientes a las especies *Polylepis rodolfovasquezii* y *Polylepis incana*, encontrados en los bosques de Paucho, Quilcaycocha, Toldopampa y Dorado respectivamente, ubicados en las

provincias de Concepción (distrito Comas), Satipo (distrito Pampa Hermosa) y Huancayo (distrito El Tambo), pertenecientes a la Región Junín.

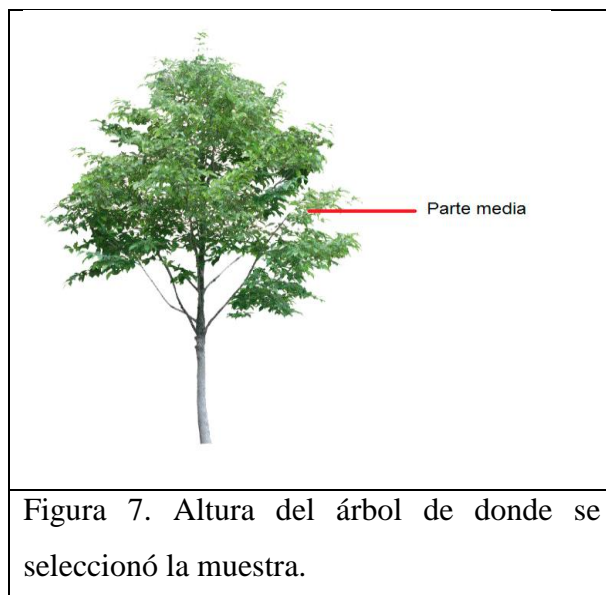
### 3.3.2 Muestra

#### 3.3.2.1 Tamaño de muestra

La muestra es no probabilística, se seleccionaron a los árboles en función a una distancia mínima de 10 m entre cada árbol para evitar la colecta de clones. En este caso, se seleccionaron 20 árboles al azar por bosque que presenten una apariencia y desarrollo promedio (93), siendo un total de 80 árboles seleccionados entre las dos especies estudiadas (*Polylepis incana* y *Polylepis rodolfo-vasquezii*).

#### 3.3.2.2 Selección de la muestra

Para muestras empleadas en los trabajos de laboratorio, de los 20 árboles, se seleccionó la muestra de la parte media del árbol (Figura 7.) para evitar elegir muestras sesgadas.



Fuente: Elaboración propia

Una vez identificado la zona idónea de la parte media del árbol, se colectó una rama expuesta al sol de 25 cm de largo, sin considerar el brote foliar (94).

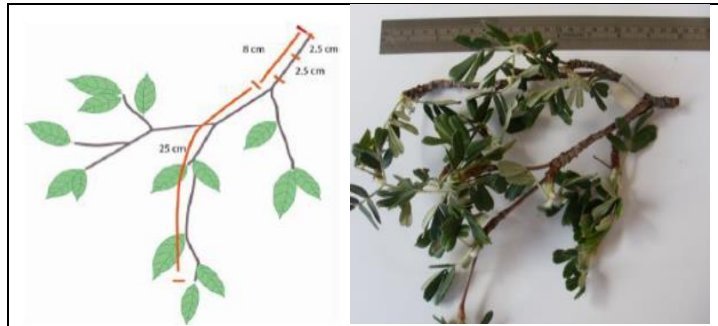


Figura 8. Selección de la muestra (Rama de aproximadamente 25 cm).

Extraído de (39).

### 3.3.2.3 Unidad muestral

La unidad muestral está representada por las hojas que comprenden la muestra.

## 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

#### 3.4.1.1 Fase de campo

##### 3.4.1.1.1 Área de estudio

Se trabajó en cuatro bosques de dos especies del género *Polylepis* los cuales se colectaron en el Departamento de Junín, en los distritos de El Tambo, Comas y Pampa Hermosa.

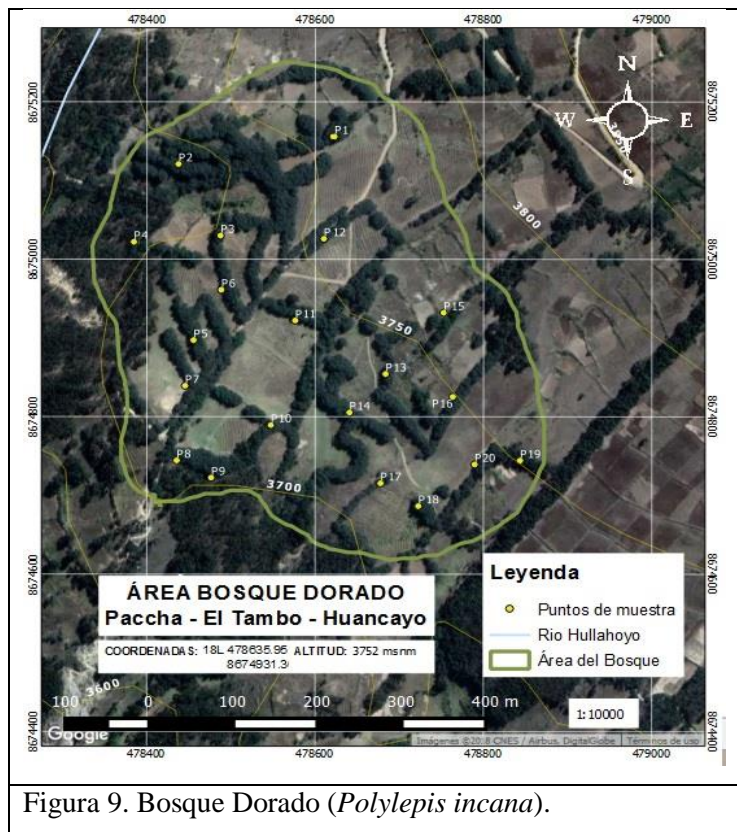


Figura 9. Bosque Dorado (*Polylepis incana*).

Fuente: Elaboración propia

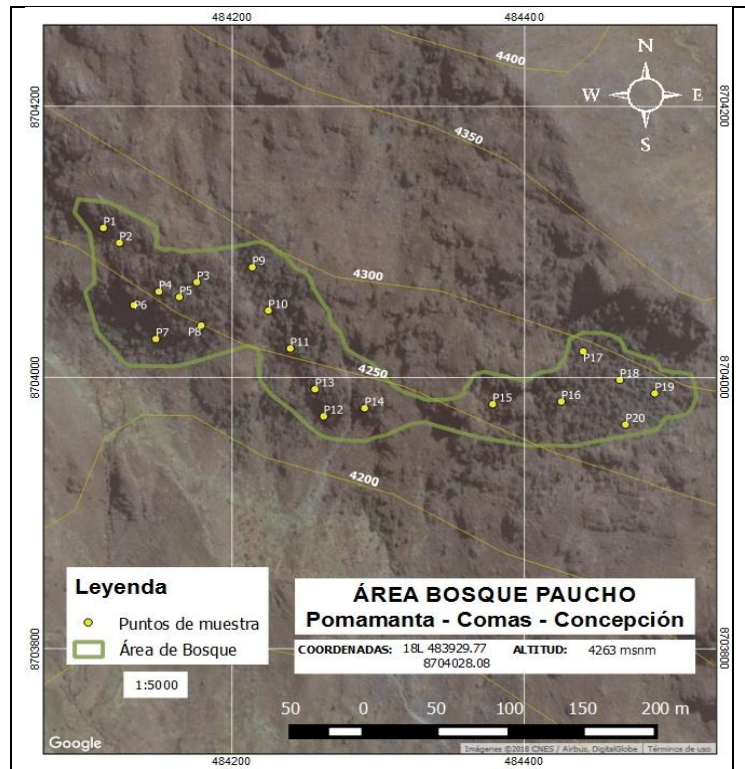


Figura 10. Bosque Paucho (*Polylepis rodolfo-vasquezii*).

Fuente: Elaboración propia

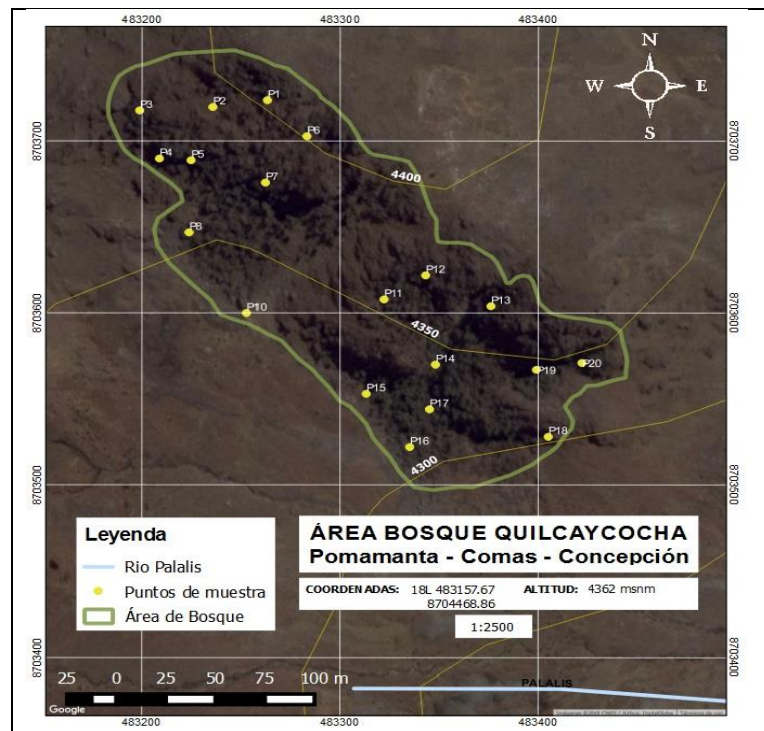




Figura 11. Bosque Quilcaycocha (*Polylepis rodolfovasquezii*).

Fuente: Elaboración propia

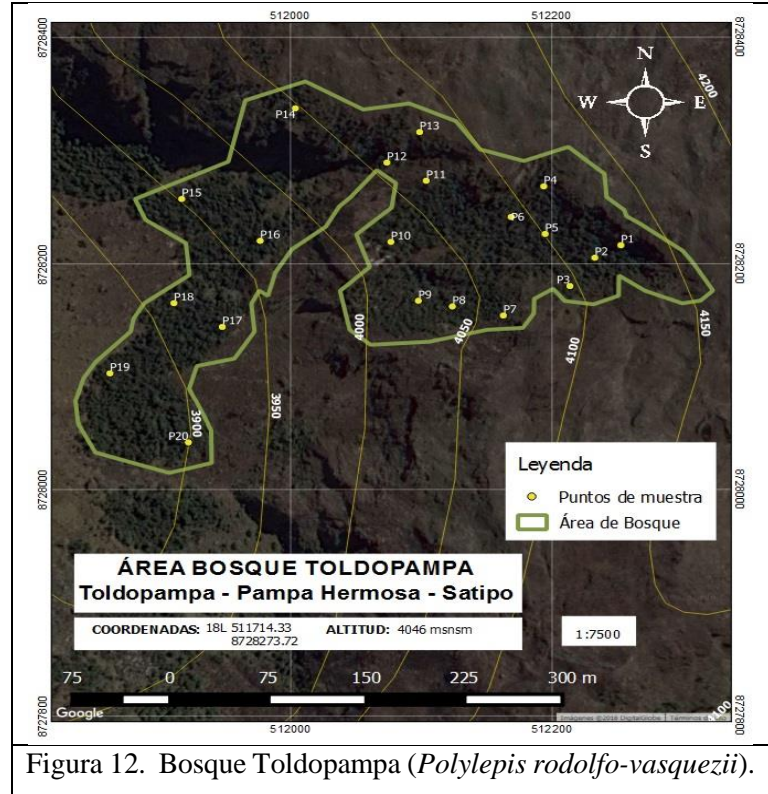


Figura 12. Bosque Toldopampa (*Polylepis rodolfovasquezii*).

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1.1.2 Metodología para el proceso de muestreo

Se seleccionaron 20 árboles de los bosques de Quilcaycocha, Paucho, Toldopampa y el Dorado. Asimismo, de cada árbol seleccionado se colectó una rama sin signos de senescencia y con evidencia de no estar severamente afectado por patógenos. Asimismo, se tomaron las coordenadas UTM de cada árbol.

#### a) Codificación

La codificación que se asignó a cada árbol estuvo en función a las 3 primeras letras del nombre del bosque y la unión con el N° del árbol. Por ejemplo, para el bosque Dorado y el árbol o punto de muestreo N°5 el código fue (DOR-05).

## **b) Transporte de muestras**

Para el transporte de muestras se procedió a almacenarlos en bolsas ziploc (con cierre hermético) y posteriormente a un Cooler.

### **3.4.1.2 Fase de laboratorio**

#### **3.4.1.2.1 Conservación de muestra vegetal**

Para la conservación de las muestras se preparó una mezcla de alcohol al 90 % con glicerina al 80 % (81), y dentro un microtubo Eppendorf de 1 ml se vertió la mezcla junto a la muestra, para luego ser guardado en una gradilla y posterior a ello se almacenaron en condiciones de refrigeración a 4°C.

#### **3.4.1.2.2 Características morfológicas**

##### **a) Células guardianas de estomas**

Para la observación de las células guardianas de estomas se escogieron aleatoriamente 3 hojas de la rama en transición de jóvenes a maduras, luego se procedió a limpiar los tricomas de las hojas que los presentaban, posterior a ello se vertió un poco de SuperGlue (cianocrilato) para luego posarlo en un portaobjetos. Después se inició con el despegue de la hoja del portaobjetos procurando obtener una película del envés de la hoja en la que se observaron los estomas. Posteriormente, en el microscopio se comenzó a visualizar a un aumento de 40X paralelamente a tomar las medidas del largo de las células oclusivas de 10 estomas tomadas aleatoriamente entre toda el área del foliolo. Se hizo este mismo procedimiento para las otras dos hojas.

##### **b) Células epidérmicas y tejidos del parénquima clorofiliano**

Para la observación de las células epidérmicas y del parénquima clorofiliano se utilizaron folíolos en transición de jóvenes a maduras, de las cuales se realizaron cortes transversales de las hojas con preparaciones en fresco. Cada corte fue lo más delgado

posible, se las dejó en alcohol por 5 minutos para quitar restos de clorofila para que la visualización sea lo más claro posible, luego se dejó secar a temperatura ambiente durante 7 minutos para evitar el desprendimiento de las epidermis. Posterior a ello se montaron en portaobjetos y cubreobjetos y se observaron al microscopio para identificar las epidermis, el tejido parenquimatoso (empalizada y esponjoso), y se procedió a tomar medidas, al mismo tiempo se tomaron fotografías con el software de la cámara acoplada al microscopio a un aumento de 10X, la medida de los tejidos se realizó en la parte media para ambos lados que divide el haz vascular principal o primario.

#### **c) Espesor de la hoja**

El espesor de hoja se midió aprovechando la toma de medidas de la epidermis y el tejido parenquimatoso, también en ambas partes que divide el haz vascular principal.

#### **d) Área de la hoja**

Del segmento de 25 cm de la rama colectada, se escogieron 10 hojas, en transición de jóvenes a maduras completamente expandidas. Las hojas extraídas se colocaron en papel bond para posteriormente escanearlas a 2400 ppp (puntos por pulgada) en un scanner Epson L210, evitando que no estén sobrelapadas. Se colocó una regla al lado de las muestras para la referencia de escala. Las muestras fueron procesadas con el programa ImageJ, en donde se obtuvo el área foliar.

### **3.4.2 Técnicas e instrumentos de investigación**

#### **3.4.2.1 Técnicas de investigación**

##### **3.4.2.1.1 Tratamiento de muestras**

Para el tratamiento de muestra se emplearon técnicas que permitieron conservar las muestras por periodos razonables,

además técnicas de cortes de muestra vegetal para obtener imágenes de mejor calidad.

Técnicas de conservación de muestras vegetales

**a) Método de alcohol-glicerina**

Esta técnica de conservación permitió la deshidratación del material, haciéndolo más flexible y para que no se desarrollara hongos; las partes vegetativas se conservaron en un 85 - 90 % de alcohol - glicerina (81).

**b) Cortes histológicos**

Se realizaron cortes de secciones de la muestra, lo más finas posible, para poder ser observadas con el microscopio. Los cortes se hicieron a mano usando bisturí (cortes a mano alzada) (83).

**3.4.2.1.2 Observación microscópica**

Las técnicas de microscopía óptica y sus aplicaciones permitieron distinguir las estructuras internas del mesófilo (células y tejidos) que fueron mostradas a través de la proyección de imágenes a una computadora, que posteriormente permitieron realizar las mediciones, utilizando un software (ToupView) como parte de la cámara que conecta al microscopio.

**3.4.3 Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

**3.4.3.1 Fase de campo**

**a) Colección de muestras**

Para la colección y georeferenciación de muestras se utilizaron:

- **Equipo:** GPS y cámara fotográfica.
- **Material:** Tijeras de podar.

**b) Almacenamiento de muestras**

Para el almacenamiento de las muestras se utilizaron:

- **Materiales:** Bolsas ziploc y marcador.

**c) Transporte de muestras**

Para el transporte de las muestras se utilizó:

- **Material:** Cooler.

**3.4.3.2 Fase de laboratorio**

**a) Tratamiento de muestras**

Para el tratamiento y conservación de las muestras se utilizaron:

- **Equipo:** Nevera.
- **Materiales:** Bisturí, hojas de afeitar, cubre y portaobjetos, papel toalla, luna de reloj, piseta, marcador, gradilla y microtubos Eppendorf.
- **Reactivos:** Agua destilada, alcohol 90 %, glicerina y Superglue (cianoacrilato).

**b) Medición de muestras**

Para la medición de las muestras se utilizaron:

- **Equipos:** Microscopio, cámara de microscopio y laptop.
- **Software:** ImageJ V.1.48 y ToupView V.3.7

**c) Análisis estadístico de muestras:**

Para los análisis estadísticos se utilizaron:

- **Equipo:** Laptop.
- **Software:** Microsoft Excel 2013 y SPSS Statistics 24. Estos fueron utilizados con la licencia de software de la Universidad Continental.

### **3.5 Técnica de tratamiento de datos**

Para el procesamiento de datos se utilizó el software libre ImageJ 1.48V y ToupView V.3.7, para el tratamiento de los datos se utilizaron los programas de procesamiento y análisis estadístico: Microsoft Excel 2013 y SPSS Statistics 24.; se realizaron los siguientes tratamientos.

#### **3.5.1 Estadística descriptiva**

Se aplicó la estadística descriptiva para comprender las características métricas de la estructura general de los datos.

##### **a) Pruebas paramétricas**

Se aplicó pruebas paramétricas para obtener una estimación de los parámetros de la población con base en las muestras estadísticas, como la prueba de Kolmogorov-Smirnov ( $n > 50$ ), para determinar la normalidad de los datos.

##### **b) ANOVA**

Para todos los parámetros se realizó el análisis estadístico de ANOVA con un nivel de confianza del 95 % para conocer si existen diferencias significativas en los componentes evaluados entre los 4 bosques y para ambas especies de *Polylepis sp.*

##### **c) Test de Duncan**

Se aplicó el test para comparar las medias de los  $t$  niveles de un factor y poder observar las diferencias existentes entre las poblaciones o bosques de estudio

después de haberse rechazado la Hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA.

**d) Análisis de regresión**

Se aplicó el análisis de regresión para conocer el grado de asociación - coeficiente de correlación ( $r$ ), entre las variables características morfométricas, número cromosómico y la altitud.

**e) Correlación de Pearson**

Se desarrolló la prueba de correlación para conocer la fuerza y la dirección de la relación lineal y proporcionalidad entre las variables. Para la correlación se utilizaron los datos de características morfométricas, altitud y base de datos externos como número cromosómico de las especies *Polylepis incana* y *Polylepis rodolfo-vasquezii*, que fueron proporcionados por el Proyecto 149 – Concytec.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

##### 4.1.1 Características morfométricas de células y tejidos de la hoja

##### 4.1.1.1 Características morfométricas de células oclusivas de estomas

Las células oclusivas medidas de *P. incana* y *P. rodolfo-vasquezii* (Figura 13), presentaron similitud en su estructura arriñonada, sin embargo, la principal diferencia radica en el tamaño promedio de estas.

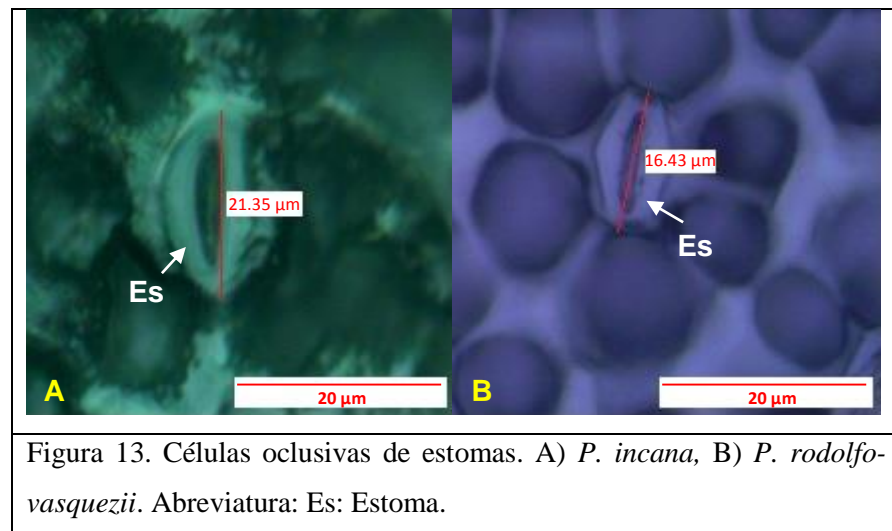


Figura 13. Células oclusivas de estomas. A) *P. incana*, B) *P. rodolfo-vasquezii*. Abreviatura: Es: Estoma.

Fuente: Elaboración propia.

De las muestras analizadas se obtuvo que el bosque con mayor valor promedio para el tamaño de las células oclusivas (Figura 14) fue el Bosque Dorado perteneciente a la especie *P. incana* con un valor promedio de 20.45  $\mu\text{m}$ , seguido del Bosque Toldopampa con 17.05  $\mu\text{m}$ , el Bosque Paucho con 16.45  $\mu\text{m}$  y finalmente el Bosque Quilcaycocha con 15.29  $\mu\text{m}$ , estos tres últimos pertenecientes a la especie *P. rodolfo-vasquezii*.



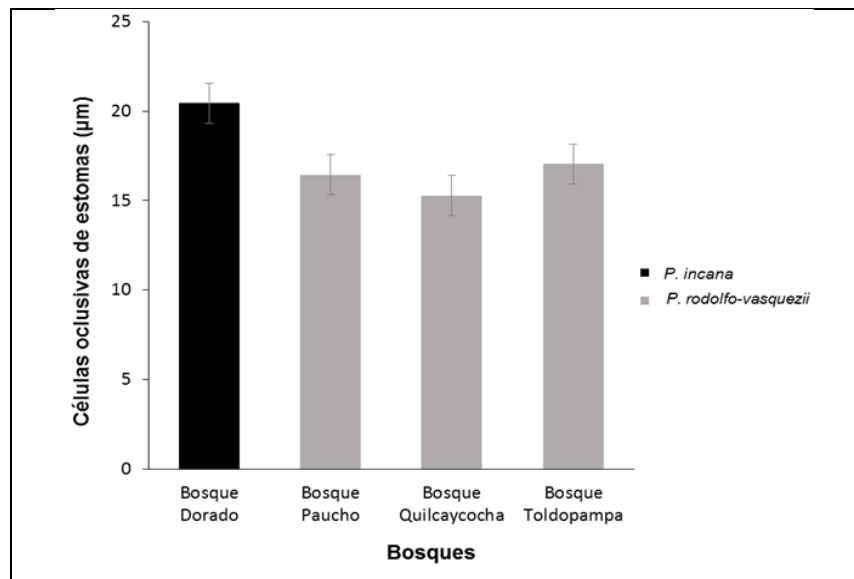


Figura 14. Tamaño promedio de las células oclusivas de estomas ( $\mu\text{m}$ ) de los cuatro bosques de *Polylepis sp.*

Fuente: Elaboración propia.

### Pruebas estadísticas

a. Prueba de normalidad

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

H<sub>0</sub>: Los datos provienen de una distribución normal

H<sub>1</sub>: Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 6. Datos del p-valor para el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en la morfometría de células oclusivas de estomas.

Especie	Bosque	Test K-S
<i>P. incana</i>	Bosque Dorado	0.054
<i>P. rodolfo-vasquezii</i>	Bosque Paucho	0.200*
	Bosque Quilcaycocha	0.200*

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de morfometría de estomas de células oclusivas presentan el **p-valor**  $> 0.05$ , se acepta la  $H_0$ . Los datos provienen de una distribución normal.

b. Prueba ANOVA y test de Duncan para morfometría de células oclusivas de estomas

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

$H_0$ :  $U_1=U_2=U_3=U_4$  No existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis*.

$H_1$ :  $U_1 \neq U_2 \neq U_3 \neq U_4$  Existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis*.

Tabla 7. Análisis de ANOVA, para morfometría de células oclusivas de estomas.

ANOVA					
Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p -Valor
Entre grupos	883.54	3	294.51	87.94	3.11x10 <sup>-38</sup>
Dentro de grupos	790.29	236	3.34		

Fuente: Elaboración propia.

El recuadro sombreado corresponde al **p-valor**  $< 0.05$  por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis sp.*, en la morfometría de células oclusivas de estomas.

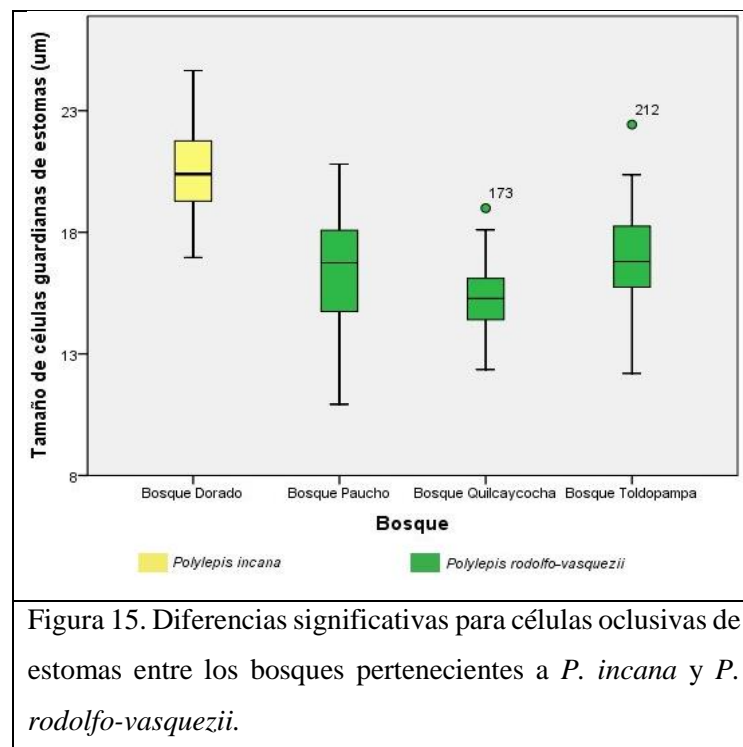
Tabla 8. Datos del p-valor del Test de Duncan para la comparación entre bosques, en los datos de morfometría de células oclusivas de estomas.

Morfometría de células oclusivas de estomas					
Especie	Bosques	N	1	2	3

<i>P. rodolfo-vasquezii</i>	Quilcaycocha	60	15.28		
	Paucho	60		16.45	
	Toldopampa	60		17.04	
<i>P. incana</i>	Dorado	60			20.44
<b>p-valor</b>			1.000	0.076	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del Test de Duncan indican que existen diferencias entre los bosques Quilcaycocha y Dorado, sin embargo, se observa que en el rango 2, los bosques Paucho y Toldopampa no son significativamente diferentes, muestran valores de medias muy cercanas en la morfometría de células oclusivas de estomas ( $\alpha = 0.05$ ), esto podría deberse a las características genéticas similares ya que ambas poblaciones pertenecen a *P. rodolfo-vasquezii*. Ver (Figura 15).



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1.2 Características morfométricas de la epidermis adaxial

La estructura del mesófilo dorsiventral, consta de capas de epidermis, siendo una de ellas la epidermis adaxial ubicada en el haz del foliolo (Figura 16). Se encontró que entre las dos especies de *Polylepis spp.*, existen diferencias respecto al tamaño promedio de la epidermis adaxial que oscilan entre 1.22  $\mu\text{m}$  a 3.49  $\mu\text{m}$ .

De las muestras analizadas (Figura 17) referente al tamaño de las células epidérmicas, se encontró que los bosques pertenecientes a *P. rodolfovasquezii* tienen los 3 mayores valores promedio, el Bosque Quilcaycocha presenta un valor de 25.84  $\mu\text{m}$ , seguido del Bosque Toldopampa con 24.79  $\mu\text{m}$ , el Bosque Paucho con 23.57  $\mu\text{m}$  respectivamente y el Bosque Dorado con 22.35  $\mu\text{m}$  perteneciente a *P. incana*.

Fuente: Elaboración propia

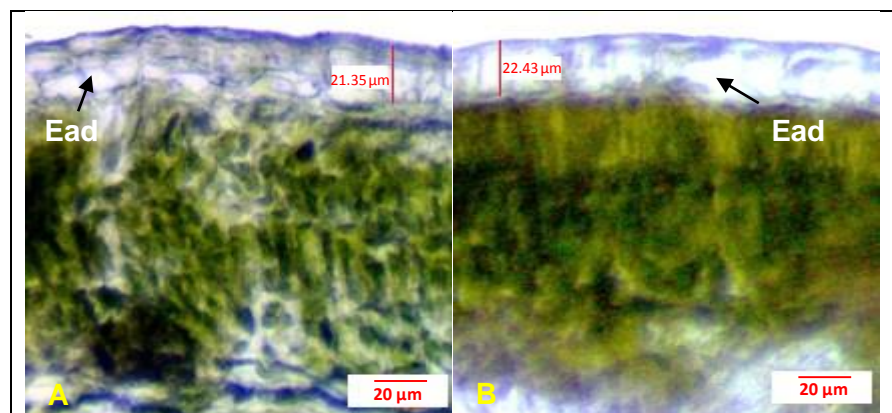
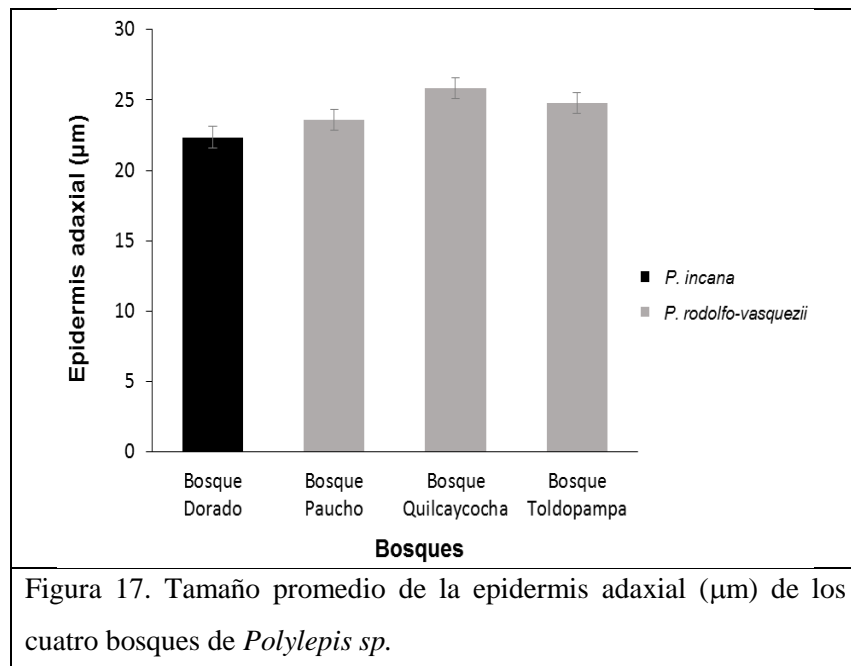


Figura 16. Corte transversal de la hoja. A) *P. incana*, B) *P. rodolfovasquezii*. Abreviatura: Ead: Epidermis adaxial.



Fuente: Elaboración propia

### Pruebas estadísticas

a. Prueba de normalidad

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

H<sub>0</sub>: Los datos provienen de una distribución normal

H<sub>1</sub>: Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 9. Datos del p-valor para el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en la morfometría de epidermis adaxial

Especie	Bosque	Test K-S
<i>P. incana</i>	Bosque Dorado	0.200*
	Bosque Paucho	0.200*
<i>P. rodolfo-vasquezii</i>	Bosque Quilcaycocha	0.200*
	Bosque Toldopampa	0.200*

Fuente: Elaboración propia

Los datos de morfometría de epidermis adaxial presentan el p-valor  $> 0.05$  se acepta la  $H_0$ . Los datos provienen de una distribución normal.

b. Prueba ANOVA y test de Duncan para morfometría de epidermis adaxial

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

$H_0$ :  $U_1=U_2=U_3=U_4$  No existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis*.

$H_1$ :  $U_1 \neq U_2 \neq U_3 \neq U_4$  Existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis*.

Tabla 10. Análisis de ANOVA, para morfometría de epidermis adaxial.

ANOVA					
Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p -Valor
Entre grupos	409.79	3	136.60	55.50	3.48x10 <sup>-27</sup>
Dentro de grupos	580.85	236	2.46		

Fuente: Elaboración propia

El recuadro sombreado corresponde al p-valor  $< 0.05$  por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis sp.*, en la morfometría de epidermis adaxial.

Tabla 11. Datos del p-valor del Test de Duncan para la comparación entre bosques, en los datos de morfometría de epidermis adaxial.

Morfometría de epidermis adaxial						
Especie	Bosques	N	1	2	3	4
<i>P. rodolfo-vasquezii</i>	Quilcaycocha	60	22.35			
	Paucho	60		23.56		
	Toldopampa	60			24.78	
<i>P. incana</i>	Dorado	60				25.84
p-valor			1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del Test de Duncan indican que existen diferencias entre todos los bosques, los rangos generados muestran valores de medias diferentes en la morfometría de epidermis adaxial ( $\alpha = 0.05$ ), esto puede deberse a las condiciones ambientales ( $T^\circ$ , pp y altitud). Ver (Figura 18).

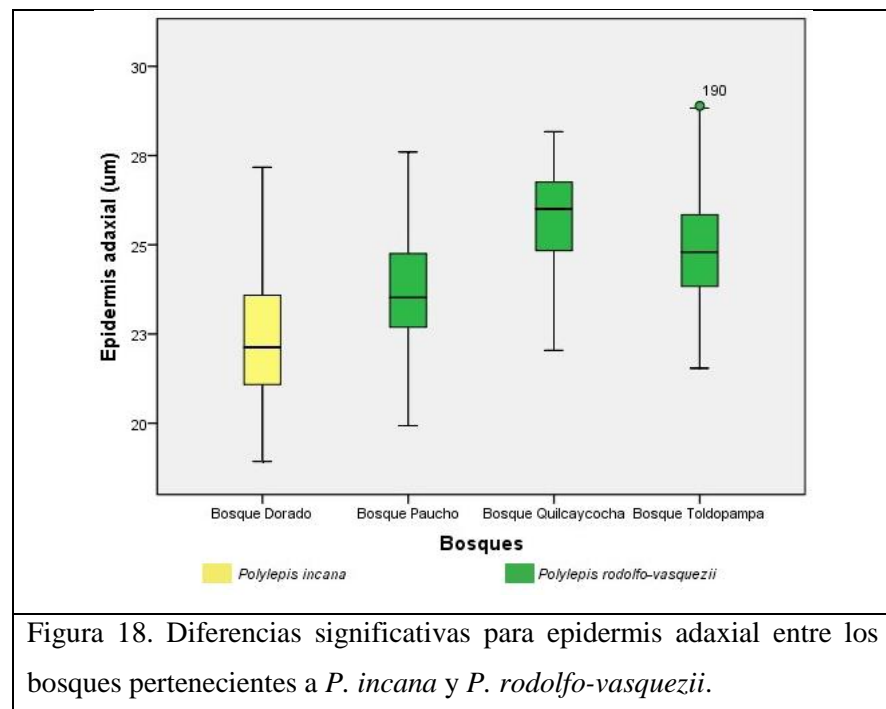


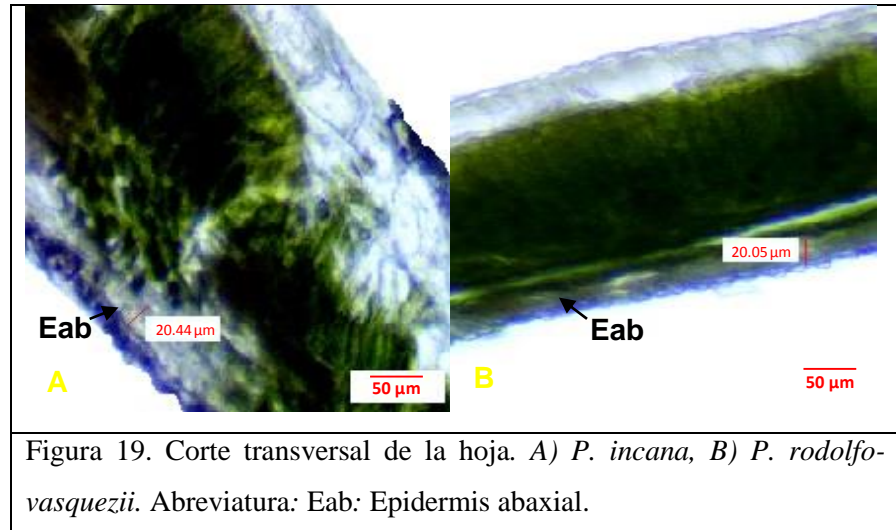
Figura 18. Diferencias significativas para epidermis adaxial entre los bosques pertenecientes a *P. incana* y *P. rodolfo-vasquezii*.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.3 Características morfométricas de la epidermis abaxial

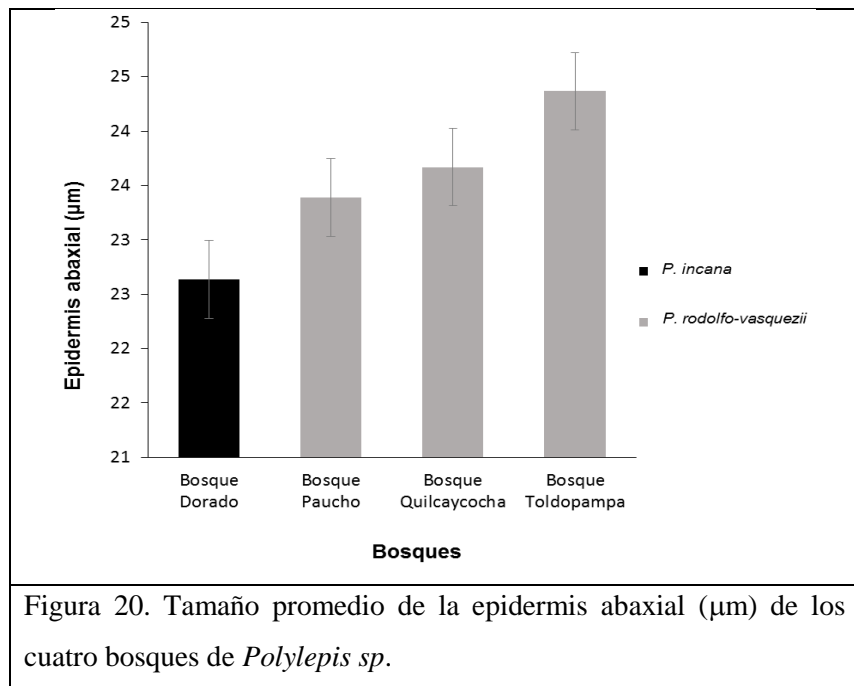
Las observaciones respecto a la epidermis abaxial (Figura 19.) muestran

diferencias entre las dos especies de *Polylepis sp.*, respecto al tamaño promedio de la epidermis adaxial.



Fuente: Elaboración propia

De las muestras analizadas (Figura 20.) se encontró que los bosques de *P. rodolfo-vasquezii* también tienen los 3 mayores valores, el Bosque Toldopampa presenta el valor de 24.37  $\mu\text{m}$ , seguido del Bosque Quilcaycocha con 23.67  $\mu\text{m}$ , el Bosque Paucho con 23.39  $\mu\text{m}$  y el Bosque Dorado con 22.64  $\mu\text{m}$  perteneciente a *P. incana*.



Fuente: Elaboración propia



## Pruebas estadísticas

### a. Prueba de normalidad

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

H<sub>0</sub>: Los datos provienen de una distribución normal

H<sub>1</sub>: Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 12. Datos del p-valor para el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en la morfometría de epidermis abaxial

Especie	Bosque	Test K-S
<i>P. incana</i>	Bosque Dorado	0.200*
	Bosque Paucho	0.200*
<i>P. rodolfo-vasquezii</i>	Bosque Quilcaycocha	0.200*
	Bosque Toldopampa	0.200*

Fuente: Elaboración propia

Los datos de morfometría de epidermis abaxial presentan el p-valor  $> 0.05$  por lo que se acepta la H<sub>0</sub> en donde los datos provienen de una distribución normal.

### b. Prueba ANOVA y test de Duncan para morfometría de epidermis abaxial

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

H<sub>0</sub>:  $U_1=U_2=U_3=U_4$  No existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis*.

H<sub>1</sub>:  $U_1 \neq U_2 \neq U_3 \neq U_4$  Existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis*.

Tabla 13. Análisis de ANOVA, para morfometría de epidermis adaxial.

ANOVA					
Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p -Valor
Entre grupos	91.99	3	30.66	8.70	1.7x10 <sup>-5</sup>
Dentro de grupos	831.59	236	3.52		

Fuente: Elaboración propia

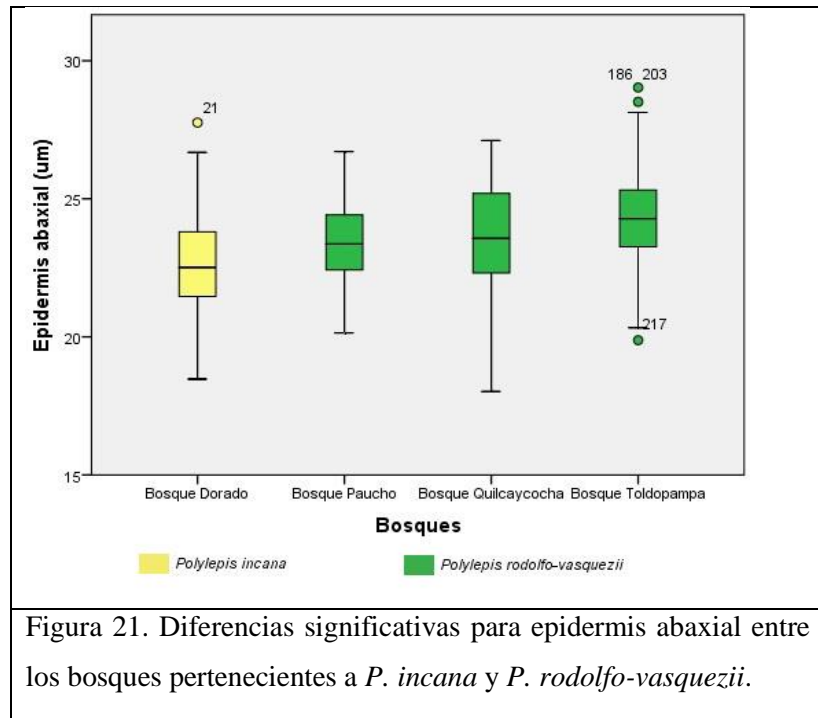
El recuadro sombreado corresponde al p-valor < 0.05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis sp.*, en morfometría de epidermis abaxial.

Tabla 14. Datos del p-valor del Test de Duncan para la comparación entre bosques, en los datos de morfometría de epidermis abaxial.

Morfometría de epidermis abaxial					
Especie	Bosques	N	1	2	3
<i>P. rodolfo-vasquezii</i>	Quilcaycocha	60	22.63		
	Paucho	60		23.38	
	Toldopampa	60		23.66	
<i>P. incana</i>	Dorado	60			24.36
P-valor			1.000	0.413	1.000

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del Test de Duncan indican que existen diferencias entre los bosques Quilcaycocha y Dorado, sin embargo, se observa que en el rango 2, los bosques Paucho y Toldopampa no son significativamente diferentes, muestran valores de medias muy cercanas en la morfometría de epidermis abaxial ( $\alpha = 0.05$ ), esto podría deberse a las características genéticas similares ya que ambas poblaciones pertenecen a *P. vasquezii*. Ver (Figura 21).



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.4 Análisis morfométrico de parénquima de empalizada

Para la observación del tejido parenquimatoso se hicieron cortes transversales del foliolo, para observar la estructura interna del mesófilo (Figura 22.), mostrando biestratos de parénquima de empalizada en ambas especies estudiadas.

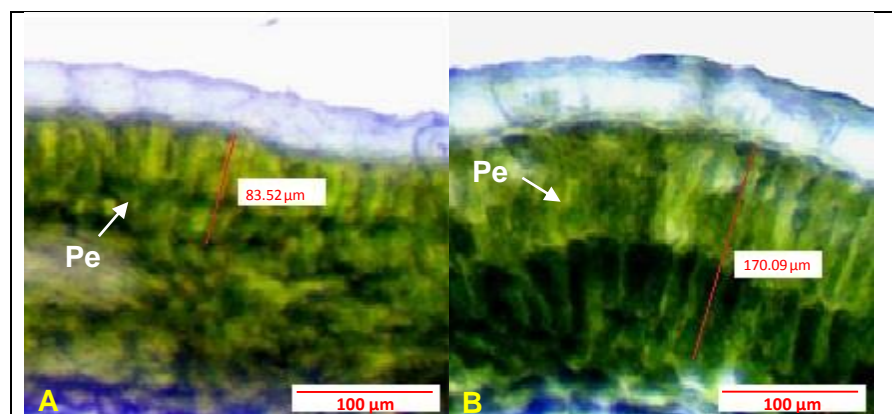
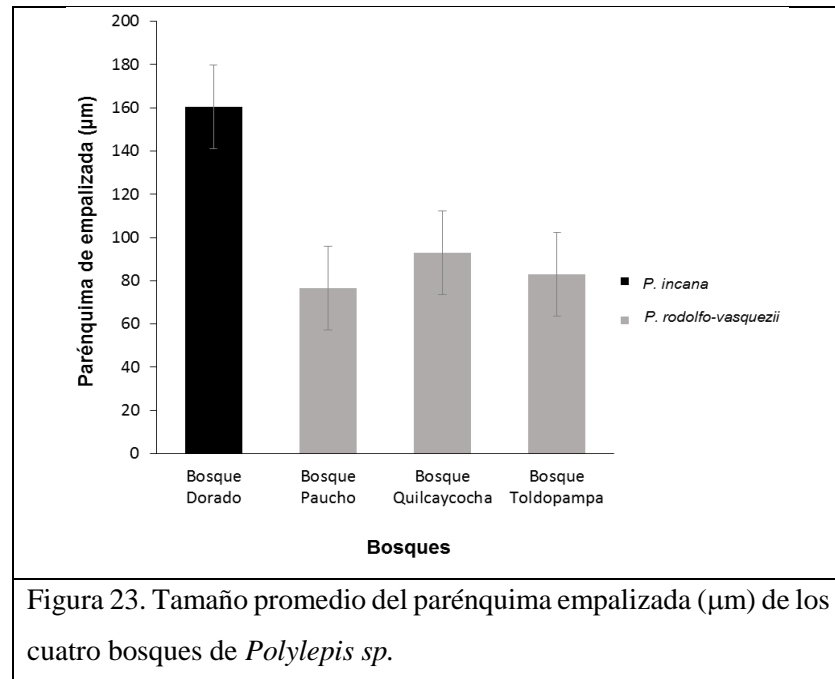


Figura 22. Corte transversal de la hoja. A) *P. incana*, B) *P. rodolfo-vasquezii*. Abr.: Pe: Parénquima empalizada.

Fuente: Elaboración propia

De las muestras analizadas (Figura 23.), la especie con mayor valor fue *P. incana* con 160.34  $\mu\text{m}$  en el Bosque Dorado, seguido del Bosque Quilcaycocha con 92.92  $\mu\text{m}$ , el Bosque Toldopampa con 83.08  $\mu\text{m}$  y el Bosque Paucho con 76.52  $\mu\text{m}$ , estos tres últimos pertenecen a *P. rodolfovasquezii*.



Fuente: Elaboración propia

### Pruebas estadísticas

a. Prueba de normalidad

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

H<sub>0</sub>: Los datos provienen de una distribución normal

H<sub>1</sub>: Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 15. Datos del p-valor para el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, para morfometría de parénquima de empalizada

Especie	Bosque	Test K-S
<i>P. incana</i>	Bosque Dorado	0.200*
	Bosque Paucho	0.200*
<i>P. rodolfo-vasquezii</i>	Bosque Quilcaycocha	0.200*
	Bosque Toldopampa	0.200*

Fuente: Elaboración propia

Los datos de morfometría de parénquima de empalizada presentan el p-valor  $> 0.05$  se acepta la  $H_0$ . Los datos provienen de una distribución normal.

b. Prueba ANOVA y test de Duncan para morfometría de parénquima de empalizada

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

$H_0$ :  $U_1=U_2=U_3=U_4$  No existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis*.

$H_1$ :  $U_1 \neq U_2 \neq U_3 \neq U_4$  Existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis*.

Tabla 16. Análisis de ANOVA, para para morfometría de parénquima de empalizada

ANOVA					
Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p –Valor
Entre grupos	269213.31	3	89737.77	1037,76	1.36x10 <sup>-135</sup>
Dentro de grupos	20407.34	236	86.47		

Fuente: Elaboración propia

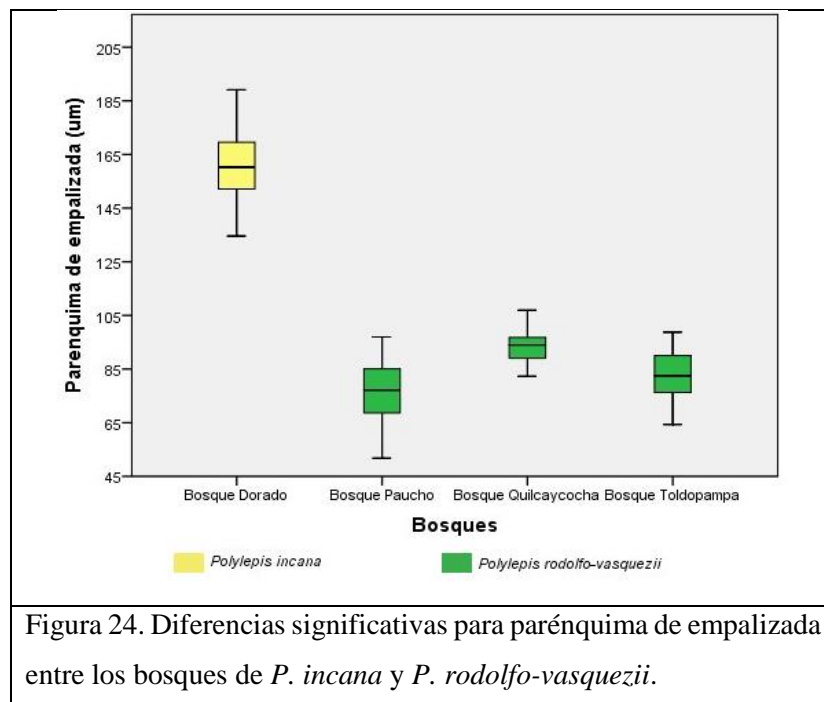
El recuadro sombreado corresponde al p-valor  $< 0.05$  por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis sp.*, en morfometría de parénquima de empalizada.

Tabla 17. Datos del p-valor del Test de Duncan para la comparación entre bosques, en los datos de morfometría de parénquima de empalizada

Morfometría de parénquima de empalizada						
Especie	Bosques	N	1	2	3	4
<i>P. rodolfo-vasquezii</i>	Quilcaycocha	60	76.51			
	Paucho	60		83.07		
	Toldopampa	60			92.92	
<i>P. incana</i>	Dorado	60				160.33
P-valor			1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia

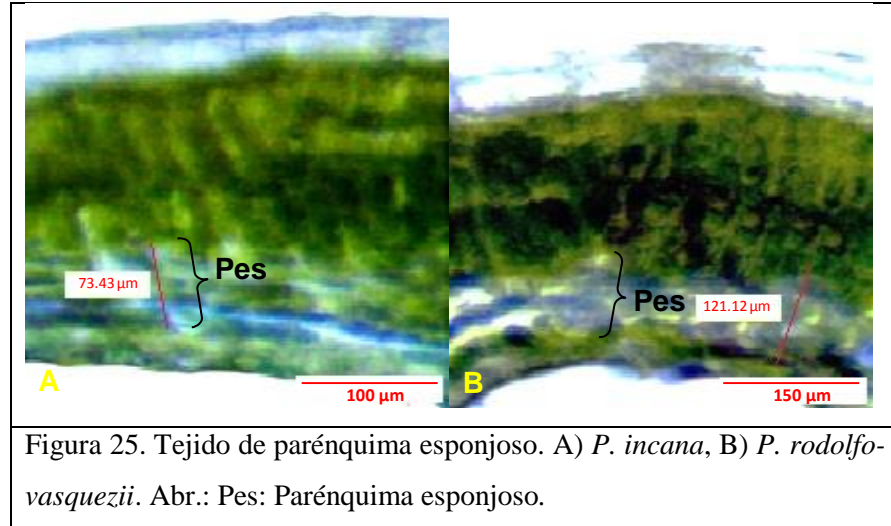
Los resultados del Test de Duncan indican que existen diferencias entre todos los bosques, los rangos generados muestran valores de medias diferentes en la morfometría de parénquima de empalizada ( $\alpha = 0.05$ ), esto puede deberse a las condiciones ambientales ( $T^\circ$ , pp y altitud). Ver (Figura 24).



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.5 Análisis morfométrico de parénquima esponjoso

El tejido esponjoso se sitúa también en la estructura interna del mesófilo, entre el parénquima de empalizada y la epidermis abaxial (Figura 25).



Fuente: Elaboración propia

De los análisis de las muestras (Figura 26.) se obtuvo que la especie con mayor valor fue *P. incana* con 153.84 μm en el Bosque Dorado, seguido del Bosque Quilcaycocha con 94.49 μm, el Bosque Toldopampa con 82.01 μm y el Bosque Paucho con 78.40 μm, estos tres últimos pertenecen a *P. rodolfo-vasquezii*.

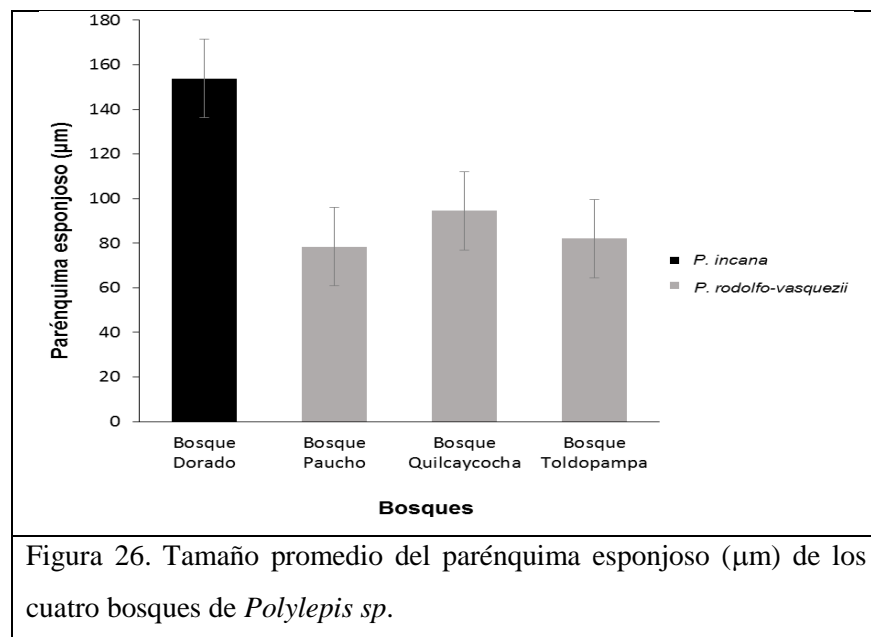


Figura 26. Tamaño promedio del parénquima esponjoso (μm) de los cuatro bosques de *Polylepis sp.*

Fuente: Elaboración propia

## Pruebas estadísticas

### a. Prueba de normalidad

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

H<sub>0</sub>: Los datos provienen de una distribución normal

H<sub>1</sub>: Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 18. Datos del p-valor para el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en la morfometría de parénquima esponjoso

Especie	Bosque	Test K-S
<i>P. incana</i>	Bosque Dorado	0.200*
	Bosque Paucho	0.200*
<i>P. rodolfo-vasquezii</i>	Bosque Quilcaycocha	0.200*
	Bosque Toldopampa	0.200*

Fuente: Elaboración propia

Los datos de morfometría de parénquima esponjoso presentan al p-valor  $> 0.05$  por lo que se acepta la H<sub>0</sub> en donde los datos provienen de una distribución normal.

### b. Prueba ANOVA y test de Duncan para morfometría de parénquima esponjoso

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

H<sub>0</sub>:  $U_1=U_2=U_3=U_4$  No existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis*.

H<sub>1</sub>:  $U_1 \neq U_2 \neq U_3 \neq U_4$  Existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis*.



Tabla 19. Análisis de ANOVA, para morfometría de parénquima esponjoso

ANOVA					
Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p -Valor
Entre grupos	222011.45	3	74003.81	201.62	8.03x10 <sup>-65</sup>
Dentro de grupos	86621.7	236	367.03		

Fuente: Elaboración propia

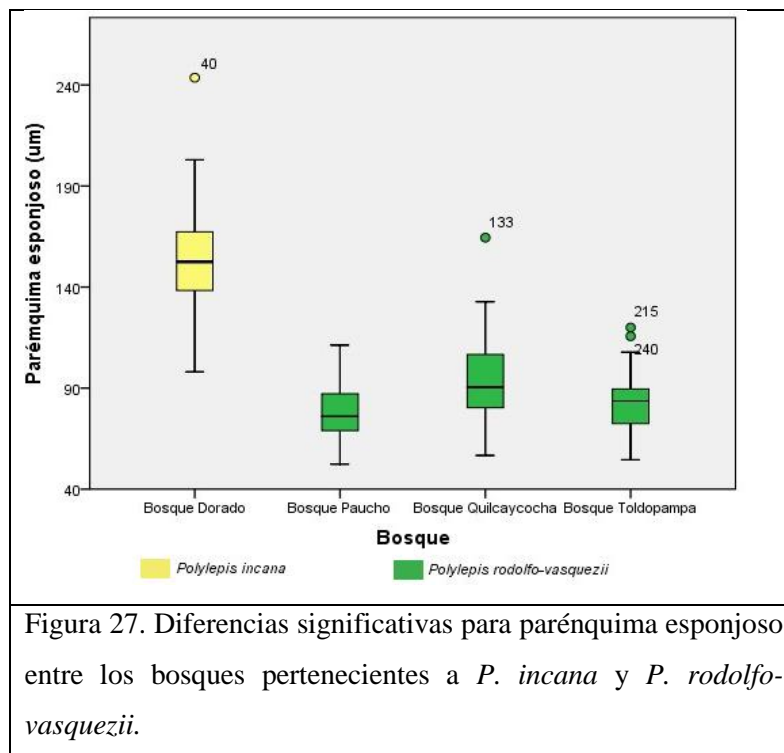
El recuadro sombreado corresponde al p-valor < 0.05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis sp.*, para morfometría de parénquima esponjoso.

Tabla 20. Datos del p-valor del Test de Duncan para la comparación entre bosques, en los datos de morfometría de parénquima esponjoso

Morfometría de parénquima esponjoso					
Especie	Bosques	N	1	2	3
<i>P. rodolfo-vasquezii</i>	Quilcaycocha	60	78.40		
	Paucho	60	82.01		
	Toldopampa	60		94.49	
<i>P. incana</i>	Bosque Dorado	60			153.84
P-valor			0.303	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del Test de Duncan indican que existen diferencias entre los bosques Toldopampa y Dorado, sin embargo, se observa que en el rango 1, los bosques Quilcaycocha y Paucho no son significativamente diferentes, muestran valores de medias muy cercanas en la morfometría de parénquima esponjoso ( $\alpha = 0.05$ ), esto podría deberse a las características genéticas similares ya que ambas poblaciones pertenecen a *P. vasquezii*. Ver (Figura 27).



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.6 Análisis morfométrico de espesor de hoja

De las muestras analizadas para cada bosque se obtuvo que el bosque con mayor espesor de hoja (Figura 28.) es el Bosque Dorado de la especie *P. incana* con un valor promedio de 359.19 µm, seguido del Bosque Quilcaycocha con 237.13 µm, el Bosque Toldopampa con 214.24 µm y el Bosque Paucho con 201.56 µm.

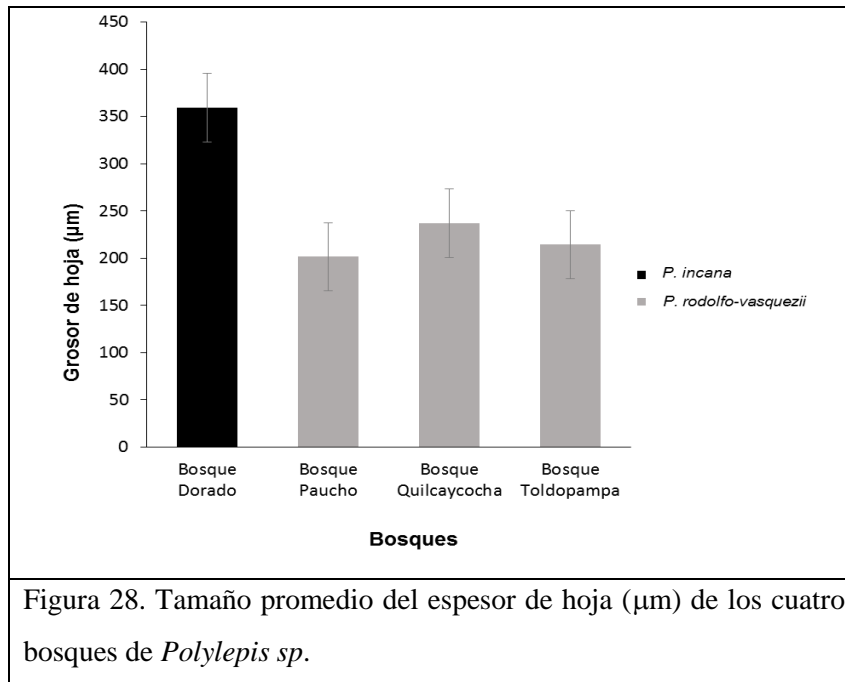


Figura 28. Tamaño promedio del espesor de hoja ( $\mu\text{m}$ ) de los cuatro bosques de *Polylepis sp.*

Fuente: Elaboración propia

### Pruebas estadísticas

#### a. Prueba de normalidad

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

$H_0$ : Los datos provienen de una distribución normal

$H_1$ : Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 21. Datos del p-valor para el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en el espesor de hoja

Especie	Bosque	Test K-S
<i>Polylepis incana</i>	Bosque Dorado	0.200*
<i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i>	Bosque Paucho	0.200*
	Bosque Quilcaycocha	0.200*
	Bosque Toldopampa	0.200*

Fuente: Elaboración propia

Los datos de espesor de hoja presentan el p-valor  $> 0.05$ , por lo que se acepta la  $H_0$  en donde los datos provienen de una distribución normal.

b. Prueba ANOVA y test de Duncan para espesor de hoja

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

H<sub>0</sub>: U<sub>1</sub>=U<sub>2</sub>=U<sub>3</sub>=U<sub>4</sub> No existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis*.

H<sub>1</sub>: U<sub>1</sub>≠U<sub>2</sub>≠U<sub>3</sub>≠U<sub>4</sub> Existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis*.

Tabla 22. Análisis de ANOVA, para espesor de hoja

ANOVA					
Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p -Valor
Entre grupos	940628.95	3	313542.98	575.53	3.24x10 <sup>-10</sup>
Dentro de grupos	128568.41	236	544.78		

Fuente: Elaboración propia

El recuadro sombreado corresponde al p-valor < 0.05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis sp.*, para espesor de hoja.

Tabla 23. Datos del p-valor del Test de Duncan para la comparación entre bosques, en los datos de espesor de hoja

Espesor de hoja						
Especie	Bosques	N	1	2	3	4
<i>P. rodolfo-vasquezii</i>	Quilcaycocha	60	201.55			
	Paucho	60		214.24		
	Toldopampa	60			237.13	
<i>P. incana</i>	Dorado	60				359.19
P-valor			1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del Test de Duncan indican que existen diferencias entre todos los bosques, los rangos generados muestran valores de medias

diferentes en el espesor de hoja ( $\alpha = 0.05$ ), esto puede deberse a las condiciones ambientales ( $T^\circ$ , pp y altitud).. Ver (Figura 29).

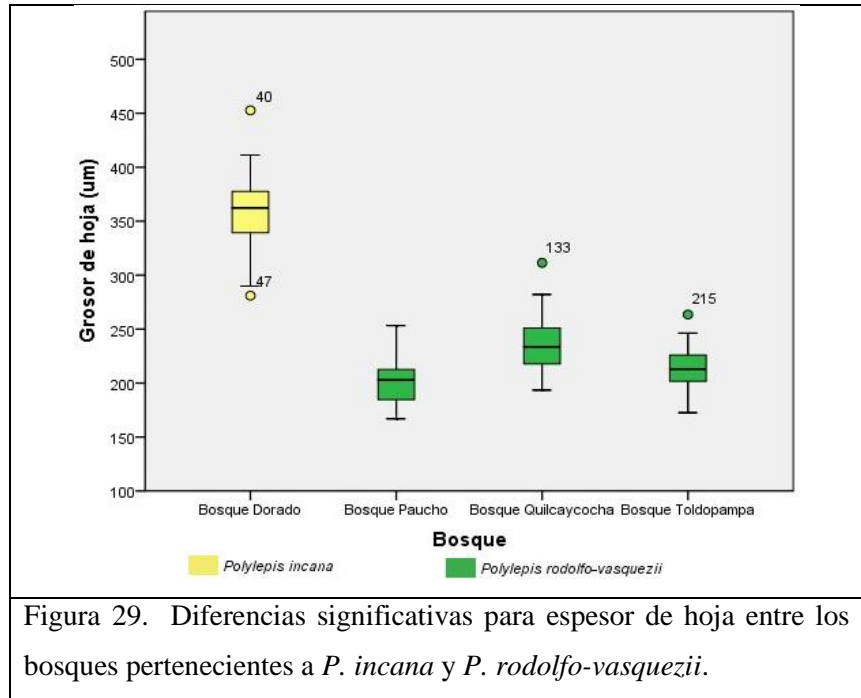


Figura 29. Diferencias significativas para espesor de hoja entre los bosques pertenecientes a *P. incana* y *P. rodolfo-vasquezii*.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.7 Análisis de área de hoja

Las dos especies de *Polylepis sp.*, estudiadas tienen hojas compuestas imparipinnadas, siendo en promedio 3 folíolos por hoja para ambas especies.

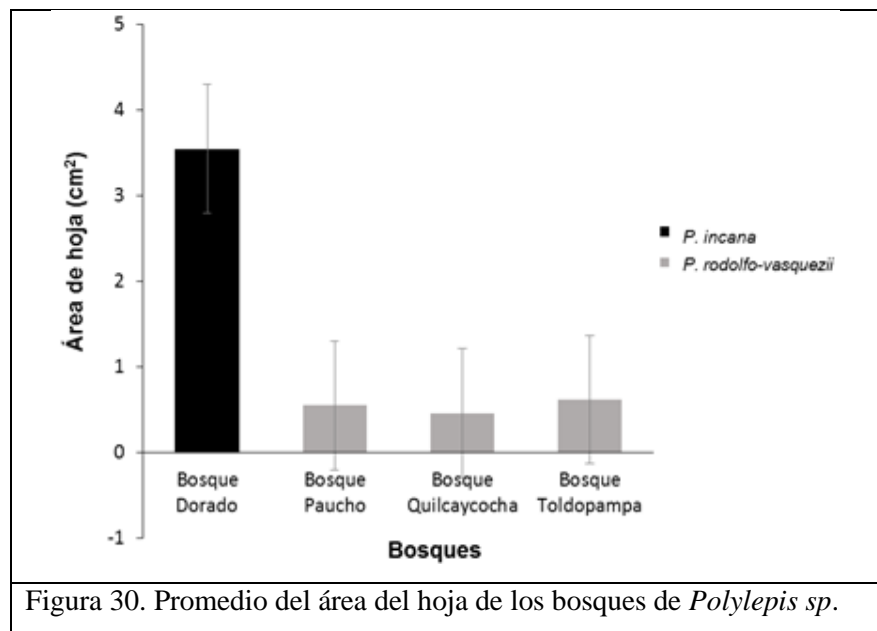


Figura 30. Promedio del área del hoja de los bosques de *Polylepis sp.*

Fuente: Elaboración propia

Para el área de hoja se obtuvo que el bosque con mayor valor (Figura 30.) es el Bosque Dorado con un promedio de 3.54 cm<sup>2</sup>, seguido del Bosque Toldopampa con 0.62 cm<sup>2</sup>, Bosque Paucho 0.55 cm<sup>2</sup> y por último el Bosque Quilcaycocha con 0.46 cm<sup>2</sup>.

### Pruebas estadísticas

a. Prueba de normalidad

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

H<sub>0</sub>: Los datos provienen de una distribución normal

H<sub>1</sub>: Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 24. Datos del p-valor para el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en el área de hoja

Especie	Bosque	Test K-S
<i>P. incana</i>	Bosque Dorado	0.200*
<i>P. rodolfo-vasquezii</i>	Bosque Paucho	0.056
	Bosque Quilcaycocha	0.088
	Bosque Toldopampa	0.200*

Fuente: Elaboración propia

Los datos en el área de hoja presentan el p- valor > 0.05 por lo que se acepta la H<sub>0</sub>, los datos provienen de una distribución normal.

b. Prueba ANOVA y test de Duncan para área de hoja

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

H<sub>0</sub>: U<sub>1</sub>=U<sub>2</sub>=U<sub>3</sub>=U<sub>4</sub> No existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis*.

H<sub>1</sub>: U<sub>1</sub>≠U<sub>2</sub>≠U<sub>3</sub>≠U<sub>4</sub> Existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis*.

Tabla 25. Análisis de ANOVA, para área de hoja

ANOVA					
Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p -Valor
Entre grupos	405.84	3	135.28	2317.84	9.89x10 <sup>-175</sup>
Dentro de grupos	13.77	236	0.05		

Fuente: Elaboración propia

El recuadro sombreado corresponde al p-valor < 0.05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir existen diferencias significativas entre los bosques de *Polylepis sp.*, para área de hoja.

Tabla 26. Datos del p-valor del Test de Duncan para la comparación entre bosques, en los datos de área de hoja

Área de hoja					
Especie	Bosques	N	1	2	3
<i>P. rodolfo-vasquezii</i>	Quilcaycocha	60	0.460		
	Paucho	60		0.552	
	Toldopampa	60		0.619	
<i>P. incana</i>	Dorado	60			3.543
P-valor			1.000	0.130	1.000

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del Test de Duncan indican que existen diferencias entre los bosques Quilcaycocha y Dorado, sin embargo, se observa que en el rango 2, los bosques Paucho y Toldopampa no son significativamente diferentes, muestran valores de medias muy cercanas en el área de hoja ( $\alpha = 0.05$ ), esto podría deberse a las características genéticas similares ya que ambas poblaciones pertenecen a *P. vasquezii*. Ver (Figura 31).

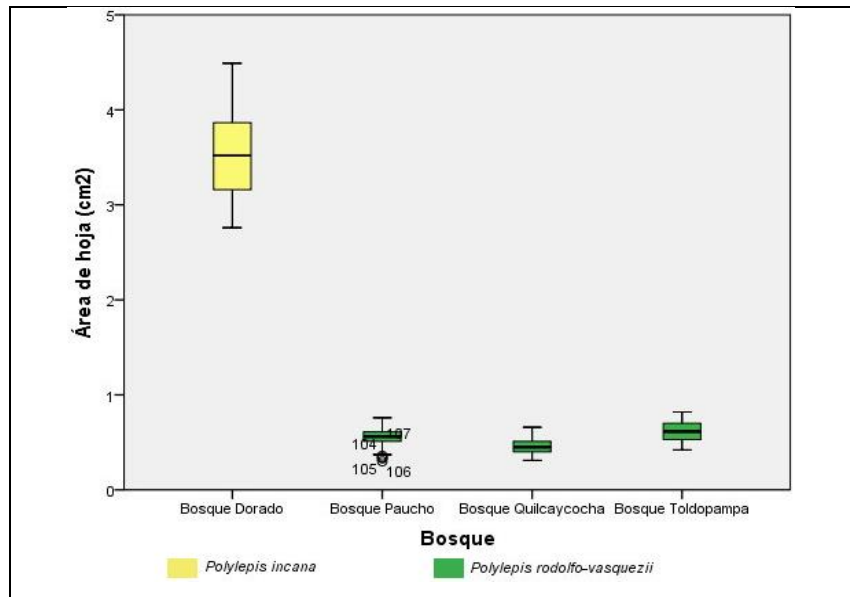


Figura 31. Diferencias significativas para espesor de hoja entre los bosques pertenecientes a *P. incana* y *P. rodolfo-vasquezii*.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2 Correlación de la morfometría de células y tejidos del mesófilo con la altitud

Valores de las medias de células y tejidos del mesófilo y altitud de los 4 bosques estudiados en este proyecto: Bosque Dorado, Bosque Toldopampa, Bosque Quilcaycocha y Bosque Paucho, pertenecientes a *P. incana* y *P. rodolfo-vasquezii*.

##### a. Análisis de correlación

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

$H_0$ :  $r = 0$  No existe correlación lineal entre las variables.

$H_1$ :  $r \neq 0$  Existe correlación lineal entre las variables.



Tabla 27. Valores de medias de las características morfométricas de la hoja y de la altitud de los bosques estudiados

	<b>Bosques</b>			
	<i>P. rodolfo-vasquezii</i>			<i>P. incana</i>
	Toldopampa	Paucho	Quilcaycocha	Dorado
<b>Altitud (msnm)</b>	4046	4263	4362	3752
<b>E. Adaxial (µm)</b>	24.79	23.57	25.84	22.35
<b>E. Abaxial (µm)</b>	2437	23.39	23.67	22.64
<b>P. Empalizada (µm)</b>	83.08	76.52	92.92	160.34
<b>P. Esponjoso (µm)</b>	82.01	78.40	94.49	153.84
<b>Espesor de hoja (µm)</b>	214.24	201.56	237.13	359.19
<b>Área de hoja (cm<sup>2</sup>)</b>	0.62	0.55	0.46	3.54

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2.1 Análisis de correlación lineal de epidermis adaxial con altitud

Los valores obtenidos indican que la asociación entre las variables tamaño de epidermis adaxial y altitud es alta ( $r = 0.768$ ), y que el coeficiente de correlación es significativamente diferente de cero ( $p\text{-valor} > 0.05$ ), se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Tabla 28. Análisis de correlación entre el tamaño de la epidermis adaxial (µm) y altitud (msnm).

<b>Tamaño de Epidermis adaxial</b>	<b>Altitud</b>	
	Correlación de Pearson	0.768
	p- valor	0.231
N	4	

Fuente: Elaboración propia

b. Análisis de regresión

Tabla 29. Análisis de regresión entre el tamaño de la epidermis adaxial ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm)

<b>Coefficiente de determinación <math>R^2</math></b>	<b>Ecuación</b>	<b>Error estándar de la estimación</b>
0.589	$y = 0.0043x + 6.5159$	1.1843

\*x: Altitud

\*y: Tamaño de epidermis adaxial

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de determinación indica que el 59 % ( $r = 0.768$ ) de la variación del tamaño de epidermis adaxial se explica por variación de la altitud, y que existen otras variables como la disponibilidad hídrica, temperatura entre otras que pueden estar incluidos en el porcentaje complementario de variación.

c. Prueba ANOVA, para el análisis de regresión entre el tamaño de epidermis adaxial ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm).

Tabla 30. Análisis de ANOVA, para el análisis de la regresión entre el tamaño de epidermis adaxial ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm)

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Regresión</b>	4.036	1	4.036	2.877	0.231
<b>Residuo</b>	2.805	2	1.402		
<b>Total</b>	6.841	3			

Fuente: Elaboración propia

El p-valor  $> 0.05$  de modo que no podemos establecer una relación lineal robusta que prediga con fiabilidad el tamaño de la epidermis adaxial con respecto a la altitud.

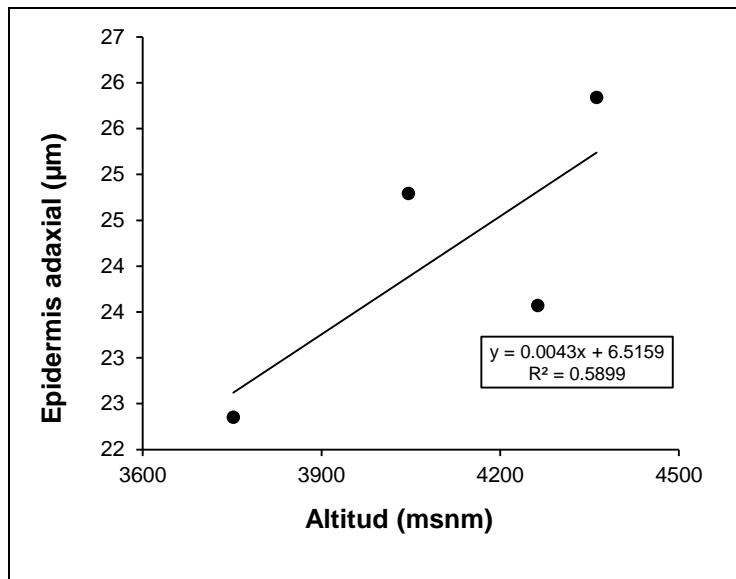


Figura 32. Regresión lineal entre las variables tamaño de epidermis adaxial (µm) y altitud (msnm).

Fuente: Elaboración propia

La figura 32., muestra el diagrama de regresión en el que se comparan la altitud de los 4 bosques que expresan correlación alta en el tamaño de epidermis adaxial.

#### 4.1.2.2 Análisis de correlación lineal de epidermis abaxial con altitud

a. Análisis de correlación

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

H<sub>0</sub>:  $r = 0$  No existe correlación lineal entre las variables.

H<sub>1</sub>:  $r \neq 0$  Existe correlación lineal entre las variables.

Tabla 31. Análisis de correlación entre el tamaño de la epidermis abaxial (µm) y altitud (msnm).

		<b>Altitud</b>
<b>Tamaño de Epidermis abaxial</b>	Correlación de Pearson	0.4808
	p- valor	0.519
	N	4

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos indican que la asociación entre las variables tamaño de epidermis abaxial y altitud es moderada ( $r = 0.480$ ), y que el coeficiente de correlación es significativamente diferente de cero ( $p\text{-valor} > 0.05$ ), se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

b. Análisis de regresión

Tabla 32. Análisis de regresión entre el tamaño de la epidermis abaxial ( $\mu\text{m}$ ) y la altitud (msnm)

<b>Coefficiente de determinación <math>R^2</math></b>	<b>Ecuación</b>	<b>Error estándar de la estimación</b>
0.23	$y = 0.0013x + 18.296$	0.767

\*x: Altitud

\*y: Tamaño de epidermis Abaxial

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de determinación indica que el solo 23 % ( $r = 0.480$ ) de la variación del tamaño de epidermis abaxial se explica por variación de la altitud, ello podría deberse a su ubicación en el envés de la hoja que limita el contacto directo con la radiación y que además variables como la disponibilidad hídrica, temperatura entre otras pueden estar incluidos en el porcentaje complementario de variación.

c. Prueba ANOVA, para el análisis de regresión entre el tamaño de epidermis abaxial ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm).

Tabla 33. Análisis de ANOVA, para el análisis de la regresión entre el tamaño de epidermis adaxial ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm)

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Regresión</b>	0.354	1	0.354	0.600	0.519
<b>Residuo</b>	1.179	2	0.589		
<b>Total</b>	1.533	3			

Fuente: Elaboración propia

El p-valor  $> 0.05$  de modo que no podemos establecer una relación lineal robusta que prediga con fiabilidad el tamaño de la epidermis abaxial con respecto a la altitud.

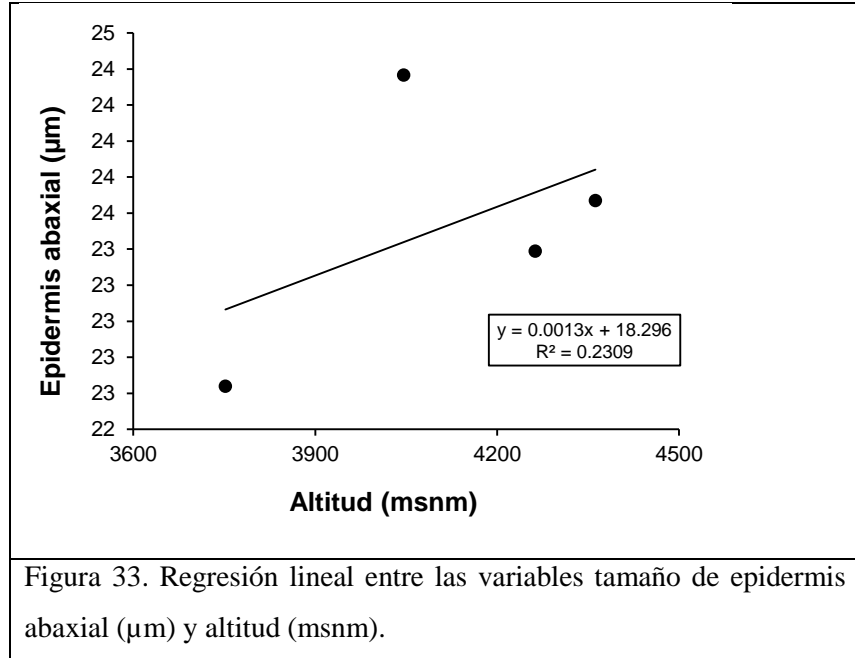


Figura 33. Regresión lineal entre las variables tamaño de epidermis abaxial ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm).

Fuente: Elaboración propia

La figura 33., muestra el diagrama de regresión en el que se comparan la altitud de los 4 bosques que expresan correlación moderada en el tamaño de epidermis abaxial.

#### 4.1.2.3 Análisis de correlación lineal parénquima de empalizada con la altitud

a. Análisis de correlación

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

$H_0$ :  $r = 0$  No existe correlación lineal entre las variables.

$H_1$ :  $r \neq 0$  Existe correlación lineal entre las variables.

Tabla 34. Análisis de correlación entre el tamaño de la epidermis abaxial ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm).

	<b>Altitud</b>	
<b>Tamaño del parénquima de empalizada</b>	Correlación de Pearson	0.824
	p- valor	0.175
	N	4

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos indican que la asociación entre las variables tamaño del parénquima de empalizada y altitud es alta ( $r = 0.824$ ), y que el coeficiente de correlación es significativamente diferente de cero ( $p\text{-valor} > 0.05$ ), se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

b. Análisis de regresión

Tabla 35. Análisis de regresión entre el tamaño del parénquima de empalizada ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm)

<b>Coefficiente de determinación <math>R^2</math></b>	<b>Ecuación</b>	<b>Error estándar de la estimación</b>
0.679	$y = -0.1179x + 587.41$	26.862

\*x: Altitud

\*y: Tamaño del parénquima de empalizada

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de determinación indica que el solo 68 % ( $r = 0.824$ ) de la variación del tamaño del parénquima de empalizada se explica por la variación de la altitud, y que existen otras variables como la disponibilidad hídrica, temperatura entre otras que pueden estar incluidos en el porcentaje complementario de variación.

c. Prueba ANOVA, para el análisis de regresión entre el tamaño del parénquima de empalizada ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm).

Tabla 36. Análisis de ANOVA, para el análisis de la regresión entre el tamaño del parénquima de empalizada ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
<b>Regresión</b>	3047.251	1	3047.251	4.233	0.175
<b>Residuo</b>	1439.637	2	719.818		
<b>Total</b>	4486.889	3			

Fuente: Elaboración propia

El p-valor  $> 0.05$  de modo que no podemos establecer una relación lineal robusta que prediga con fiabilidad el tamaño del parénquima de empalizada con respecto a la altitud.

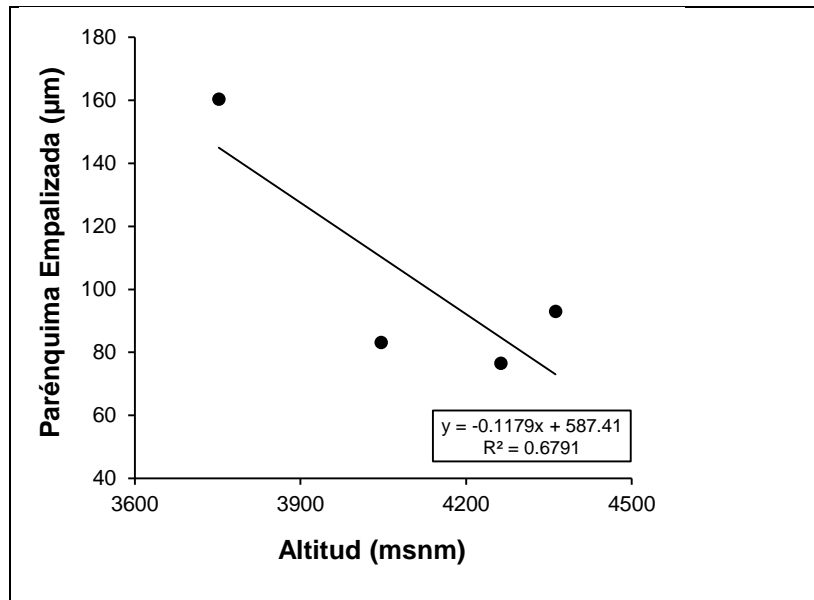


Figura 34. Regresión lineal entre las variables tamaño del parénquima de empalizada ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm).

Fuente: Elaboración propia

La figura 34., muestra el diagrama de regresión en el que se comparan la altitud de los 4 bosques que expresan correlación alta en el tamaño de parénquima de empalizada.

#### 4.1.2.4 Análisis de correlación lineal de parénquima esponjoso con altitud

- a. Análisis de correlación

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

H<sub>0</sub>:  $r = 0$  No existe correlación lineal entre las variables.

H<sub>1</sub>:  $r \neq 0$  Existe correlación lineal entre las variables.

Tabla 37. Análisis de correlación entre el tamaño del parénquima esponjoso ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm).

	<b>Altitud</b>	
<b>Tamaño del parénquima esponjoso</b>	Correlación de Pearson	0.800
	p- valor	0.199
	N	4

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos indican que la asociación entre las variables tamaño del parénquima de empalizada y altitud es alta ( $r = 0.800$ ), y que el coeficiente de correlación es significativamente diferente de cero ( $p\text{-valor} > 0.05$ ), se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

b. Análisis de regresión

Tabla 38. Análisis de regresión entre el tamaño parénquima esponjoso ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm)

<b>Coefficiente de determinación R<sup>2</sup></b>	<b>Ecuación</b>	<b>Error estándar de la estimación</b>
0.640	$y = -0.104x + 529.04$	25.807

\*x: Altitud

\*y: Tamaño del parénquima esponjoso

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de determinación indica que el solo 64 % ( $r = 0.800$ ) de la variación del tamaño del parénquima esponjoso se explica por la variación de la altitud, y que existen otras variables como la disponibilidad hídrica, temperatura entre otras que pueden estar incluidos en el porcentaje complementario de variación.



- c. Prueba ANOVA, para el análisis de regresión entre el tamaño del parénquima esponjoso ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm).

Tabla 39. Análisis de ANOVA, para el análisis de la regresión entre el tamaño del parénquima esponjoso ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
<b>Regresión</b>	2368.189	1	2368.189	3.555	0.199
<b>Residuo</b>	1332.001	2	666.000		
<b>Total</b>	3700.190	3			

Fuente: Elaboración propia

El p-valor  $> 0.05$  de modo que no podemos establecer una relación lineal robusta que prediga con fiabilidad el tamaño del parénquima esponjoso respecto a la altitud.

La figura 35., muestra el diagrama de regresión en el que se comparan la altitud de los 4 bosques que expresan correlación alta en el tamaño de parénquima esponjoso.

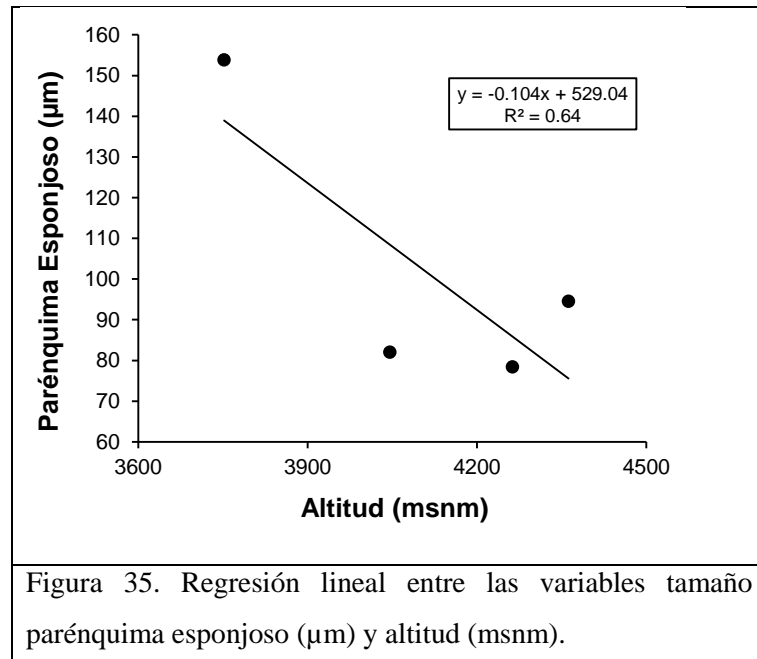


Figura 35. Regresión lineal entre las variables tamaño parénquima esponjoso ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm).

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2.5 Análisis de correlación lineal espesor de hoja con altitud

a. Análisis de correlación

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

$H_0$ :  $r = 0$  No existe correlación lineal entre las variables.

$H_1$ :  $r \neq 0$  Existe correlación lineal entre las variables.

Tabla 40. Análisis de correlación entre el espesor de hoja ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm).

		<b>Altitud</b>
<b>Espesor de hoja</b>	Correlación de Pearson	0.808
	p- valor	0.191
	N	4

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos indican que la asociación entre las variables espesor de hoja y altitud es alta ( $r = 0.808$ ), y que el coeficiente de correlación es significativamente diferente de cero ( $p\text{-valor} > 0.05$ ), se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

b. Análisis de regresión

Tabla 41. Análisis de regresión entre el espesor de hoja ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm)

<b>Coefficiente de determinación <math>R^2</math></b>	<b>Ecuación</b>	<b>Error estándar de la estimación</b>
0.654	$y = -0.2164x + 1141.4$	52.059

\*x: Altitud

\*y: Espesor de hoja

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de determinación indica que el solo 65 % ( $r = 0.808$ ) de la variación del espesor de hoja se explica por la variación de la altitud, y que existen otras variables como la disponibilidad hídrica, temperatura entre

otras que pueden estar incluidos en el porcentaje complementario de variación.

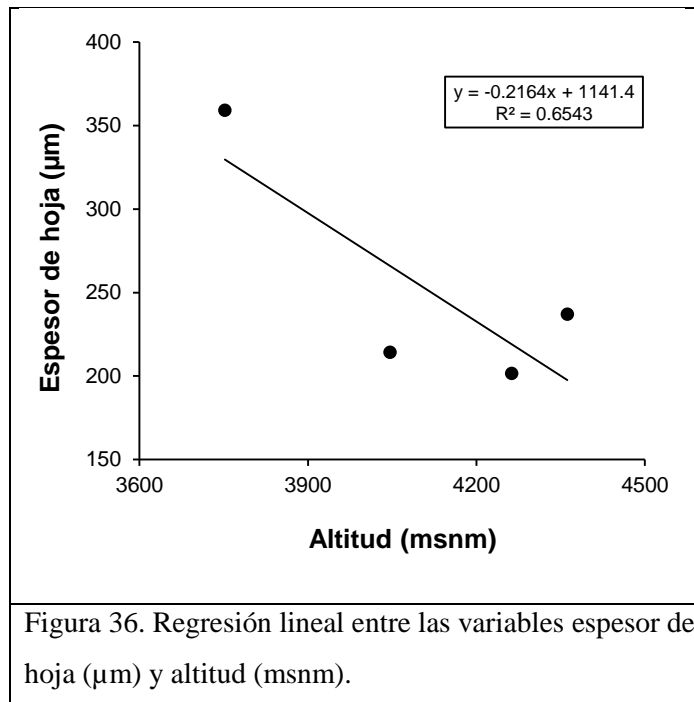
- c. Prueba ANOVA, para el análisis de regresión entre el espesor de hoja ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm).

Tabla 42. Análisis de ANOVA, para el análisis de la regresión entre el espesor de hoja ( $\mu\text{m}$ ) y altitud (msnm).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
<b>Regresión</b>	10256.947	1	10256.947	3.784	0.191
<b>Residuo</b>	5420.201	2	2710.100		
<b>Total</b>	15677.149	3			

Fuente: Elaboración propia

El p-valor  $> 0.05$  de modo que no podemos establecer una relación lineal robusta que prediga con fiabilidad el espesor de hoja respecto a la altitud.



Fuente: Elaboración propia

La figura 36., muestra el diagrama de regresión en el que se comparan la altitud de los 4 bosques que expresan correlación alta en el espesor de hoja.

#### 4.1.2.6 Análisis de correlación lineal de área de hoja con altitud

a. Análisis de correlación

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

H<sub>0</sub>:  $r = 0$  No existe correlación lineal entre las variables.

H<sub>1</sub>:  $r \neq 0$  Existe correlación lineal entre las variables.

Tabla 43. Análisis de correlación entre el área de hoja (cm<sup>2</sup>) y altitud (msnm).

		<b>Altitud</b>
<b>Área de hoja</b>	Correlación de Pearson	0.892
	p- valor	0.108
	N	4

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos indican que la asociación entre las variables área de hoja y altitud es alta ( $r = 0.892$ ), y que el coeficiente de correlación es significativamente diferente de cero ( $p\text{-valor} > 0.05$ ), se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>).

b. Análisis de regresión

Tabla 44. Análisis de regresión entre el área de hoja (cm<sup>2</sup>) y altitud (msnm)

<b>Coefficiente de determinación R<sup>2</sup></b>	<b>Ecuación</b>	<b>Error estándar de la estimación</b>
0.796	$y = -0.005x + 21,644$	0.831

\*x: Altitud

\*y: Área de hoja

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de determinación indica que el solo 80 % ( $r = 0.892$ ) de la variación del área de hoja se explica por la variación de la altitud, y que

existen otras variables como la disponibilidad hídrica, temperatura entre otras que pueden estar incluidos en el porcentaje complementario de variación.

- c. Prueba ANOVA, para el análisis de regresión entre el área de hoja ( $\text{cm}^2$ ) y altitud (msnm).

Tabla 45. Análisis de ANOVA, para el análisis de la regresión entre el área de hoja ( $\text{cm}^2$ ) y altitud (msnm).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
<b>Regresión</b>	5.382	1	5.382	7.792	0.108
<b>Residuo</b>	1.381	2	0.690		
<b>Total</b>	6.764	3			

Fuente: Elaboración propia

El p-valor  $> 0.05$  de modo que no podemos establecer una relación lineal robusta que prediga con fiabilidad el área de hoja respecto a la altitud.

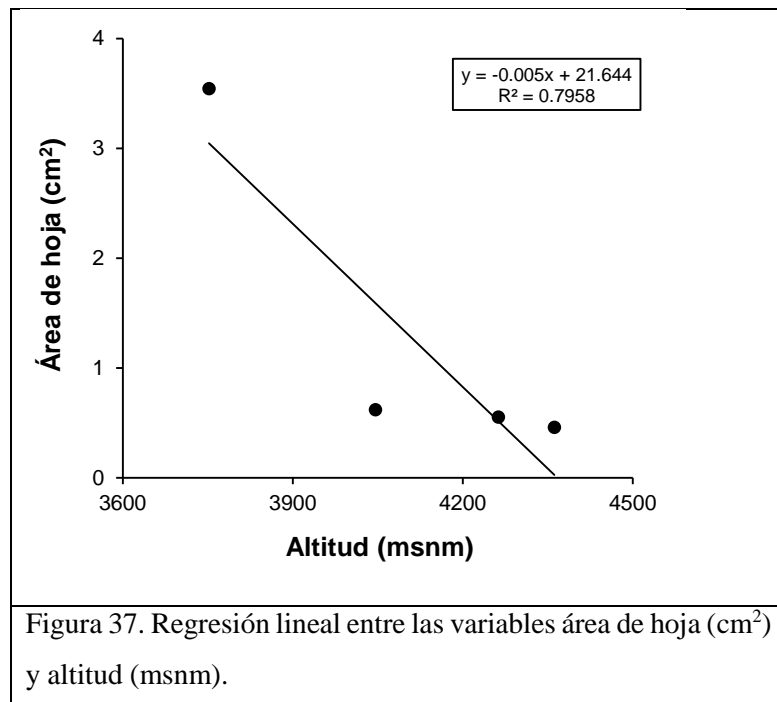


Figura 37. Regresión lineal entre las variables área de hoja ( $\text{cm}^2$ ) y altitud (msnm).

Fuente: Elaboración propia

La figura 37., muestra el diagrama de regresión en el que se comparan la altitud de los 4 bosques que expresan correlación alta en el área de hoja.

#### 4.1.3 Correlación de la morfometría de células oclusivas de estomas con el número cromosómico

##### 4.1.3.1 Análisis de correlación lineal tamaño de células oclusivas de estomas con número de cromosomas

Se realizó una comparación de medias de los valores medidos de seis especies de *Polylepis sp.*, estudiadas en el Ecuador (30), y en el Perú. Las especies estudiadas en este proyecto provienen de cuatro bosques: Bosque Dorado, Bosque Toldopampa, Bosque Quilcaycocha y Bosque Paucho pertenecientes a las especies *Polylepis incana* y *Polylepis rodolfo-vasquezii*.

Tabla 46. Media de los valores medidos de células oclusivas de estomas y cromosomas para seis especies de *Polylepis sp.*, y ploidía.

Espece	Lugar	País	Estomas ( $\mu\text{m}$ )	Cromosomas (2n)	Ploidía (x = 7)*
<i>P. incana</i>	Paccha	Perú	20.44	36	5x
	Illinizas	Ecuador	9.71	38	5x
<i>P. rodolfo-vasquezii</i>	Paucho	Perú	16.45	52	7x
	Quilcaycocha	Perú	15.29	52	7x
	Toldopampa	Perú	17.04	52	7x
<i>P. racemosa</i>	Papallacta	Ecuador	21.70	80	11x
	Oyacachi	Ecuador	17.60	80	11x
<i>P. serícea</i>	Yanacocha	Ecuador	14.09	82	11x
<i>P. pauta</i>	Oyacachi	Ecuador	13.09	72	10x
	Papallacta	Ecuador	12.20	72	10x
<i>P. microphylla</i>	Ozogoche	Ecuador	10.72	78	11x

(x = 7)\*: Número base de cromosomas del género, según Segovia (27).

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 44., se pueden observar los valores de ploidía siendo  $2n = 5x$  (pentaploide) para la especie *P. incana*; y  $7x = 52$  (heptaploide) la especie *P. rodolfo-vasquezii*, siendo este más poliploide al poseer 7 pares de juegos de cromosomas y teóricamente muestra mayor adaptabilidad al medio.

### Pruebas estadísticas

a. Análisis de correlación

Hipótesis:  $\alpha = 0.05$

$H_0$ :  $r = 0$  No existe correlación lineal entre las variables.

$H_1$ :  $r \neq 0$  Existe correlación lineal entre las variables.

Tabla 47. Análisis de correlación entre el tamaño de las células oclusivas de estomas ( $\mu\text{m}$ ) y número cromosómico ( $2n$ ).

		Número de cromosomas
<b>Tamaño de células oclusivas de estomas</b>	Correlación de Pearson	-0.033
	p- valor	0.923
	N	11

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos indican que la asociación entre las variables tamaño de células oclusivas de estomas y el número de cromosomas es negativa muy baja, ( $r = -0.033$ ), ya que los datos son estadísticamente similares ( $p > 0.05$ ), se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

b. Análisis de regresión

Tabla 48. Análisis de regresión entre el tamaño de células oclusivas de estomas ( $\mu\text{m}$ ) y número de cromosomas ( $2n$ ).

Coefficiente de determinación $R^2$	Ecuación	Error estándar de la estimación
0.001	$y = -0.0073x + 15.763$	4.01391

\*x: Numero cromosómico

\*y: Tamaño de células oclusivas de estomas

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de determinación indica que solo el 0.1 % ( $r = -0.033$ ) de la variación del tamaño de células oclusivas de estomas se explica por la variación del número cromosómico, esto debido a que los datos considerados para el análisis tienen diferencias desde el tamaño de la hoja y su posición geográfica.

- c. Prueba ANOVA, para el análisis de regresión entre el tamaño de células oclusivas de estomas ( $\mu\text{m}$ ) y número de cromosomas ( $2n$ ).

Tabla 49. Análisis de ANOVA, para el análisis de la regresión entre el tamaño de células oclusivas de estomas ( $\mu\text{m}$ ) y número de cromosomas ( $2n$ ).

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Regresión</b>	0.161	1	0.161	0.010	0.923
<b>Residuo</b>	145.003	9	16.111		
<b>Total</b>	145.164	10			

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que el  $p\text{-valor} > 0.05$ , de modo que no podemos establecer una relación lineal robusta que prediga con fiabilidad el tamaño de células oclusivas de estomas a partir del número cromosómico.



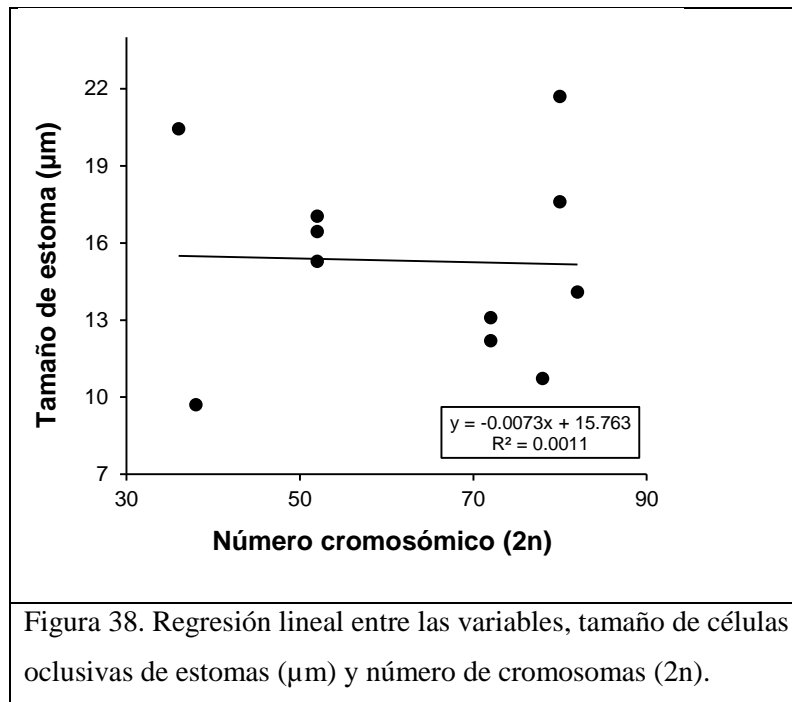


Figura 38. Regresión lineal entre las variables, tamaño de células oclusivas de estomas ( $\mu\text{m}$ ) y número de cromosomas ( $2n$ ).

Fuente: Elaboración propia

La figura 38., no muestra una relación lineal ( $r^2 = 0.0011$ ), ya que los datos considerados para el análisis no tienen una correspondencia directa ni inversa entre el tamaño de estomas y el número cromosómico en general, *Polylepis rodolfo-vasquezii*, presenta un tamaño de estoma igual a  $16.45 \mu\text{m}$  y un número de cromosomas igual a 52 y *Polylepis incana*, presenta un tamaño de estomas de  $20.44 \mu\text{m}$  y un número de cromosomas igual a 36, tal como se muestra en la Tabla 46.

## 4.2 Discusión de resultados

El género *Polylepis* normalmente habita en altitudes altas, sus adaptaciones funcionales están marcadas por sus características genéticas orientadas a soportar condiciones extremas como el frío y las condiciones secas, sin embargo su distribución se ve limitada por factores naturales y antropogénicos (95). Éste género andino constituye un reto para estudios sistemáticos por la serie de procesos que ocurren a nivel interespecífico como hibridización, y poliploidía (28), que originan varios fenómenos biológicos y ambientales asociados con su presencia (108; 109).

Esta investigación tuvo como objetivo general describir las características morfométricas de *P. incana* y *P. rodolfo-vasquezii*. El género *Polylepis* presenta pocos estudios y peor aún la especie *P. rodolfo-vasquezii*, recién descubierta hace menos de tres años en la región. Los objetivos específicos fueron describir las características morfométricas de cuatro bosques pertenecientes a las especies mencionadas y determinar la relación entre las células y tejidos del mesófilo con la altitud y la relación entre el tamaño de células oclusivas de estomas con el número de cromosomas.

Respecto a las características morfométricas de ambas especies, se encontró que a pesar de que el Bosque Quilcaycocha, Toldopampa y Paucho pertenecen a una misma especie (*P. rodolfo-vasquezii*), muestran diferencias significativas a nivel de poblaciones en algunos componentes medidos, en contraste al Bosque Dorado (*P. incana*), posee mayor diferenciación significativa respecto a poblaciones de la otra especie.

Para el tamaño de células oclusivas de estomas, el Bosque Dorado perteneciente a *P. incana* presentó el mayor tamaño de las células oclusivas de estomas con un valor promedio de 20.45  $\mu\text{m}$ , asimismo referente al tamaño de las células de la epidermis se encontró que dicho componente muestra una relación alta respecto a la altitud, el estudio estima que en un 59 % se puede explicar la variación del tamaño de la epidermis adaxial a partir de la altitud. Según Goldstein, Körner y Hoch, la gran mayoría de las especies vegetales muestra adaptaciones a temperaturas bajas sobre todo a altitudes por encima de los 4.000 msnm, estas adaptaciones pueden ser morfológicas (100, 62, 63), originando células y tejidos de menor tamaño para optimizar la asimilación de los pocos nutrientes disponibles en este tipo de ecosistemas.

Para el tamaño de parénquima clorofiliano (empalizada y esponjoso), se encontró que *P. incana* representado por el Bosque Dorado obtuvo el mayor valor promedio para ambos componentes y que su variación es explicada en un 64 - 68 % a partir de la variación de la altitud. Además, de que el engrosamiento o espesor de la hoja varía en función a la variación del parénquima clorofiliano. Según Colmenares (40), el incremento del número de capas de células del parénquima de empalizada tiene relación directa con la altitud. En este estudio, para *P. incana*, el número de capas de células del parénquima de empalizada se mantiene en dos, al contrario *P. rodolfo-vasquezii* muestra menores valores promedio en tamaño, el número de capas de células del parénquima de empalizada es tres, dicho

contraste coincide con lo mencionado por Colmenares y también por Arroyo (39) que menciona que a nivel de individuos de una población, las hojas expuestas a luz débil son más delgadas debido a que poseen menos capas de células del mesófilo en empalizada, células más cortas en comparación a las hojas expuestas a mayor intensidad de sol y que producen mayor cantidad de clorofila. Es importante mencionar en este estudio, si bien es cierto que a mayor altitud aumenta el número de capas de parénquima de empalizada no necesariamente mantiene una relación directa con el aumento del espesor de hoja.

Para el espesor de hoja, el mayor tamaño está directamente relacionado con el tamaño del parénquima clorofiliano, el mayor valor lo presenta *P. incana* representado por el Bosque Dorado con 359.19  $\mu\text{m}$  y la altitud puede explicar el 65 % de la variación del espesor.

Colmenares (40), menciona que en la estación seca respecto a la húmeda, se producen diferencias tales como engrosamiento cuticular, diferencias en la densidad estomática y el aumento en el espesor de la hoja, el cual se debe al pronunciado incremento del parénquima de empalizada más que del esponjoso.

El mayor valor de área de hoja fue encontrado en el Bosque Dorado perteneciente a *P. incana* con un valor de 3.54  $\text{cm}^2$ , y el menor valor en el Bosque Quilcaycocha con 0.46  $\text{cm}^2$ , perteneciente a *P. rodolfo-vasquezii*, siendo explicado en un 80 % el aumento del área a partir de la disminución de la altitud. Según Ancibor, ello puede deberse a que en altitudes mayores, predominan las plantas de tamaño reducido (99), pues la atmósfera pobre en polvo y vapor de agua no puede servir de filtro protector contra las radiaciones, razón por la cual las plantas se protegen limitando su tamaño (100).

También Colmenares (40) menciona que, un carácter dado por el efecto altitudinal es la reducción del área foliar debido a que dicha reducción también afecta la asimilación de  $\text{CO}_2$ , y como consecuencia decrece el área foliar disponible para la intercepción de luz y afecta entonces la tasa de crecimiento relativa (101), siendo contrastado con los resultados del estudio: el Bosque Dorado (*Polylepis incana*), obtuvo el mayor valor de área de hoja, ubicado a una altitud de 3752 msnm a diferencia de los bosques pertenecientes a *Polylepis rodolfo-vasquezii* con altitudes de: 4362 msnm (Bosque Quilcaycocha), 4263 msnm (Bosque Paucho) y 4046 msnm (Bosque Toldopampa). Además, esta afirmación se comprueba al realizarse un análisis a nivel de poblaciones pertenecientes a una misma

especie en este caso *P. rodolfo-vasquezii*, debido a que el Bosque Quilcaycocha representa al menor valor del área de hoja y este a su vez se encuentra a mayor altitud.

Simpson (41), realizó el estudio de anatomía de las hojas de poblaciones de 12 especies de *Polylepis*, encontrando modificaciones en la estructura interna de la hoja que se correlacionan con los hábitats variables de los diferentes taxones. Según Colmenares (37) en su estudio encontró que en *P. seríceea Wedd.*, se observaron diferencias estructurales por el efecto altitudinal como reducción del área foliar y aumento de tejido clorofiliano, además de diferencias derivadas del efecto hídrico estacional como engrosamiento cuticular y diferencias en la densidad estomática.

Un bosque a gran altitud como el de *Polylepis rodolfo-vasquezzi* experimenta cambios en su fisiología como respuesta de adaptabilidad a su entorno e influenciado por el grado de ploidía, en este caso es mucho mayor que el de *Polylepis incana*.

En el estudio realizado por Caiza (30), se evidenció una correlación positiva de 0.56 entre la longitud de estomas y el número cromosómico para las especies *P. incana*, *P. racemosa*, *P. sericea*, *P. pauta* y *P. microphylla* en el Ecuador. Por esta razón, se creó conveniente agregar dichos valores promedios de esas especies estudiadas junto a los obtenidos en este estudio (*P. incana* y *P. rodolfo-vasquezii*), y así obtener una relación existente mucho más significativa entre las 6 especies. El valor obtenido fue de  $r = -0.033$ , que muestra una correlación negativa muy débil, denota lo complejo del comportamiento de este género a nivel de especies, este resultado tiene una postura contradictoria a teorías planteadas como la de Oliveira (102), en la que menciona, las dimensiones de estomas y en general el tamaño de los órganos es mayor con el aumento del número de cromosomas, y la teoría de Masterson menciona que ello es debido a que el tamaño celular tiene una relación arraigada con el contenido de ADN (31).

Este valor tiene explicación en el tamaño de células oclusivas de estomas de las especies en estudio (*P. incana* y *P. rodolfo-vasquezii*), y el número cromosómico de la misma, debido a que la especie *P. rodolfo-vasquezii* para los cuatro bosques tiene un valor promedio del tamaño de células oclusivas de: 15.29  $\mu\text{m}$ , 16.45  $\mu\text{m}$  y 17.04  $\mu\text{m}$ , pertenecientes a los bosques: Quilcaycocha, Paucho y Toldopampa respectivamente, con un promedio de número cromosómico de  $2n=52$  (Heptaploide). Para el Bosque Dorado

perteneciente a la especie *P. incana* se obtuvo un valor promedio del tamaño de células oclusivas de 20.44  $\mu\text{m}$ , con un promedio de número cromosómico de  $2n=36$  (Pentaploide), siendo estos valores incongruentes con la teoría mencionada, a mayor número cromosómico mayor tamaño de las células vegetales.

Jordan (103), menciona que la alta variación del tamaño de los estomas, incluyendo las células oclusivas, y la baja variación respecto al tamaño genómico entre individuos de la misma especie muestra que el cambio en el tamaño de las células ocurre después de darse procesos de poliploidización, cambios representativos en el genoma que llegan a darse de forma rápida (104). Además, se ha definido que el tamaño de las células oclusivas está dado por el tamaño genómico influenciado y adaptado evolutivamente a las condiciones macroambientales (103).

Asimismo, el aumento del nivel de ploidía trae consecuencias morfológicas y fisiológicas como cambios en la regulación metabólica (17) y relación de los componentes celulares (105).

Por estas razones, se presume que los factores macroambientales intervienen en gran medida, afectando la correlación entre el tamaño de células oclusivas de estomas y número de cromosomas. Añadiendo a ello, el grado de correlación real sería mucho más robusto y significativo cuando se tenga información de los componentes estudiados de la mayoría de las 28 especies que conforman este género.

Es importante mencionar que la metodología del estudio permitió obtener y describir las características morfométricas de cada especie, sin embargo, por lo complejo que resulta el estudio de este género poco estudiado, se presentaron dificultades que no se habían previsto y que no se tuvieron en consideración como el estudio de la variable ambiental climatología, radiación y precipitación, variables que al igual que la altitud poseen influencia en las adaptaciones fisiológicas provocadas en las plantas.

## CONCLUSIONES

1. Las características morfométricas de las células y tejidos de la hoja de las especies *Polylepis incana* y *Polylepis rodolfo-vasquezii* muestran diferencias significativas a nivel de especies y poblaciones de una misma especie, sin embargo, las diferencias que se observaron a nivel de población son menos marcadas debido a que los bosques Paucho, Quilcaycocha y Toldopampa están poblados sólo por la especie *Polylepis rodolfo-vasquezii*.
2. La altitud influye significativamente en la mayoría de las correlaciones respecto a cambios de tamaño en los tejidos y células de la hoja en las dos especies de *Polylepis*, tal como se observó en las correlaciones con área de hoja ( $r = 0.892$ ) y parénquima de empalizada ( $r = 0.820$ ).
3. El tamaño de células oclusivas, de estomas y número cromosómico tienen una correlación negativa muy baja ( $r = -0.033$ ), por lo tanto, no existe una relación directa ni inversa de estas variables en las dos especies de *Polylepis*.

## RECOMENDACIONES

1. Son necesarios estudios en otras especies del género *Polylepis* que no fueron considerados en esta investigación, sobre todo en relación a la citogenética, morfometría de células y tejidos del mesófilo, así como su relación con las variables temperatura, radiación, precipitación, entre otros.
2. Así mismo es necesario realizar estudios más profundos sobre la variación del tamaño de células y tejidos en gradientes altitudinales, para observar patrones de comportamiento genético y morfométrico de otros bosques con especies que no se consideraron en este estudio.
3. En otros estudios podría considerarse aumentar la cantidad de muestras para obtener datos más robustos y amplios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BUSH, Mark, FLENLEY, John y GOSLING, Willian. *Tropical Rainforest Responses to Climatic Change*. 2007. ISBN 9783642053825.
2. OLSON, D.M. y DINERSTEIN, E. Global 200: conserving the world's distinctive ecoregions. Science Program WWFUS. Washington, USA. . 1997. P. 1997.
3. PENNINGTON, R Toby, LAVIN, Matt, SÄRKINEN, Tiina, LEWIS, Gwilym P, KLITGAARD, Bente B y HUGHES, Colin E. Contrasting plant diversification histories within the Andean biodiversity hotspot. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010. Vol. 107, no. 31, p. 13783–13787.
4. MYERS, Norman, MITTERMEIER, Russell A, MITTERMEIER, Cristina G, FONSECA, Gustavo A B y KENT, Jennifer. Biodiversity hotspots for conservation priorities. . 2000. Vol. 403, no. February, p. 853–858.
5. IUCN. Red List of Threatened Species. [online]. 2011. [Accessed 7 agosto 2017]. Available from: <http://discover.iucnredlist.org/search?key=polylepis>
6. JAMESON, Joanne S y RAMSAY, Paul M. Changes in high-altitude Polylepis forest cover and quality in the Cordillera de Vilcanota , Peru. . 2007. Vol. 8, p. 0–8. DOI 10.1016/j.biocon.2007.04.008.
7. KESSLER, Michael. Bosques de Polylepis. *Botánica económica de los Andes centrales* [online]. 2006. P. 110–120.
8. MENDOZA, Wilfredo y CANO, Asunción. Diversidad del género *Polylepis* ( Rosaceae , Sanguisorbeae ) en los Andes peruanos. *Revista Peruana de Biología*. 2011. Vol. 18, no. 2, p. 197–200.
9. SIMPSON, Beryl B. Speciation and specialization of Polylepis in the Andes. . 1986. Vol. 304–315, p. 1986.
10. MINAGRI, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. *Aprueban Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre*. 2006.



11. SEGOVIA-SLACEDO, María Claudia. *Los riegos de la reforestación en los paramos con especies exóticas: el caso Polylepis racemosa* [online]. 2011. Available from: [www.paramo.org](http://www.paramo.org)
12. FAO. LA FAO, LOS BOSQUES Y EL CAMBIO CLIMÁTICO. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. 2007. P. 425–460.
13. IUCN. Bosques y biodiversidad. [online]. 2010. [Accessed 20 marzo 2016]. Available from: [https://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur\\_trabajo/sur\\_bosquesam/sur\\_bosques\\_biodiversidad/](https://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur_trabajo/sur_bosquesam/sur_bosques_biodiversidad/)
14. TEJEDOR-GARAVITO, N, ÁLVAREZ, E, CARO, S Arango, MURAKAMI, a Araujo, BLUNDO, C, ESPINOZA, T E Boza y TORRE, M a La. Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Ecosistemas*. 2012. Vol. 21, p. 148–166.
15. SERVAT, GRACE y MENDOZA, WILFREDO. FLORA Y FAUNA DE CUATRO BOSQUES DE *Polylepis* (ROSACEAE) EN LA CORDILLERA DEL VILCANOTA (CUSCO, PERU). . 2002.
16. FJELDSÅ, Jon y KESSELER, M. Conserving the biological diversity of *Polylepis* woodlands of the highland of Peru and Bolivia. A Contribution to Sustainable Natural Resource Management in the Andes. . 1996. P. 250 pp. DOI 10.1126/science.1244693.
17. ALCÁNTAR VÁZQUEZ, Pablo Juan. La poliploidía y su importancia evolutiva. . 2014. No. December 2014, p. 2–14.
18. SOLTIS, Pamela S., MARCHANT, D. Blaine, VAN DE PEER, Yves y SOLTIS, Douglas E. Polyploidy and genome evolution in plants. *Current Opinion in Genetics and Development* [online]. 2015. Vol. 35, p. 119–125. DOI 10.1016/j.gde.2015.11.003.
19. WENDEL, Jonathan F. Genome evolution in polyploids. *Plant Molecular Biology*. 2000. Vol. 42, no. 1, p. 225–249. DOI 10.1023/A:1006392424384.

20. ADAMS, Keith L. y WENDEL, Jonathan F. Novel patterns of gene expression in polyploid plants. *Trends in Genetics*. 2005. Vol. 21, no. 10, p. 536–539. DOI 10.1016/j.tig.2005.08.002.
21. TURNER, Bruce. Evolutionary genetics of fish. *Advances in Genetics*. 1984. Vol. 29, no. C, p. 119–228. DOI 10.1016/S0065-2660(08)60108-X.
22. MABLE, B. K. Polyploids and hybrids in changing environments: Winners or losers in the struggle for adaptation. *Heredity* [online]. 2013. Vol. 110, no. 2, p. 95–96. DOI 10.1038/hdy.2012.105.
23. OTTO, Sarah P. The Evolutionary Consequences of Polyploidy. *Cell*. 2007. Vol. 131, no. 3, p. 452–462. DOI 10.1016/j.cell.2007.10.022.
24. SELTMANN, Peggy, RENISON, Daniel, COCUCCI, Andrea, HENSEN, Isabell y JUNG, Klaus. Fragment size, pollination efficiency and reproductive success in natural populations of wind-pollinated *Polylepis australis* (Rosaceae) trees. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 2007. Vol. 202, no. 7, p. 547–554. DOI 10.1016/j.flora.2006.12.002.
25. CIERJACKS, Arne, IGLESIAS, Juan Enrique, WESCHE, Karsten y HENSEN, Isabell. Impact of sowing, canopy cover and litter on seedling dynamics of two *Polylepis* species at upper tree lines in central Ecuador. *Journal of Tropical Ecology* [online]. 2007. Vol. 23, no. 3, p. 309–318. DOI 10.1017/S0266467407004051.
26. QUIJIA LAMIÑA, Paulina y PROAÑO K, M. Estudio Citogenético de las especies del Género *Polylepis* ( *P . incana* y *P . racemosa* ) en el Ecuador. . 2010.
27. SCHMIDT-LEBUHN, A. N., FUCHS, J., HERTEL, D., HIRSCH, H., TOIVONEN, J. y KESSLER, M. An Andean radiation: Polyploidy in the tree genus *Polylepis* (Rosaceae, Sanguisorbeae). *Plant Biology*. 2010. Vol. 12, no. 6, p. 917–926. DOI 10.1111/j.1438-8677.2009.00297.x.
28. SEGOVIA SALCEDO, María Claudia y QUIJIA LAMIÑA, Paulina. Citogeografía de cuatro especies de *Polylepis* ( Rosaceae ) en el Ecuador : Información relevante para el manejo y conservación de los bosques andinos. . 2014. P. 20.

29. RAMÍREZ-GODINA, Francisca, ROBLEDO-TORRES, Valentín, FOROUGHBAKHCH-POURNAVAB, Rahim, BENAVIDES-MENDOZA, Adalberto y ALVARADO-V??ZQUEZ, Marco Antonio. Viabilidad de polen, densidad y tamaño de estomas en autotetraploides y diploides de *Physalis Ixocarpa*. *Botanical Sciences*. 2013. Vol. 91, no. 1, p. 11–18. DOI 10.17129/botsoci.399.
30. CAIZA, Joselin C, VARGAS, Dominique, OLMEDO, Camila, ARBOLEDA, Mario, BOADA, Anahí, OSMAR, Acurio y SEGOVIA-SALCEDO, Maria Claudia. Morfometría de estomas y polen como indicador indirecto de poliploidía en especies del género *Polylepis* ( Rosaceae ) en Ecuador. . 2017.
31. MASTERSON, Jane. Stomatal Size. *Science (New York, N.Y.)*. 1994. Vol. 264, no. 22.
32. YANG, Na, RONG, Erhua, LI, Qianru, DONG, Juan, DU, Tianqin y ZHAO, Xiaoming. Tetraploid Induction and Identification of *Gossypium arboreum*. . 2015. No. April, p. 436–444.
33. BELLO, Francesco De, MACEK, Petr y MACKOVA, Jana. Acta Oecologica Morphological and ecophysiological traits shaping altitudinal distribution of three *Polylepis* treeline species in the dry tropical Andes q. *Acta Oecologica* [online]. 2009. Vol. 35, no. 6, p. 778–785. DOI 10.1016/j.actao.2009.08.013.
34. GELVARTAS, Julius. Geometric morphometrics. *Italian Journal of Zoology*. 2013. P. 1–4.
35. VILLALBA VALDIVIA, Isabel y VALENZUELA GAMARRA, Luis. A new species of *Polylepis* ( Rosaceae ) from Peru Una nueva especie de *Polylepis* ( Rosaceae ) para Perú. . 2015. Vol. 22, no. 2, p. 329–338.
36. ZURITA, CARLOS, SEGOVIA SALCEDO, CLAUDIA, JADAN, MONICA y PEÑA, CRISTIAN. Analisis cromosomico de la especie *polylepis incana* en tres poblaciones de la zona centro norte del ecuador. . 2013. P. 1–17.

37. COLMENARES-ARTEAGA, Maribel, RADA, Fermín y REBECA, Luque. Anatomía Foliar de *Polylepis sericea* Wedd. (Rosaceae) a dos altitudes en los Altos andes venezolanos. *Plantula*. 2005. Vol. 3, no. 3, p. 148.
38. MONTALVO PROAÑO, Jose Luis. *Determinación del número cromosómico Polylepis pauta y Polylepis sericea presentes en la provincia de Pichincha*. 2013.
39. ARROYO ALFAROSANDRA, JACKELINE. MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA DE TRES ESPECIES DE POLYLEPIS P. microphylla (Wedd.) Bitter, P. racemosa Ruiz & Pav. y P. subsericans J.F. Macbr. (ROSACEAE) EN TRES NIVELES ALTITUDINALES, EN YANACOCCHA, URUBAMBA - CUSCO. . 2015. P. 169.
40. COLMENARES ARTEAGA, Maribel. Estudio del crecimiento de *Polylepis sericea* Wedd. en el páramo venezolano. . 2002. P. 67.
41. SIMPSON, Beryl B. A Revision of the Genus *Polylepis* ( Rosaceae : Sanguisorbeae ). . 1979.
42. AMBIENTE, Ministerio del. *Perú Reino de bosques*. Primera Ed. Lima, 2014. ISBN 978-612-4174-17.
43. KARGER, Dirk Nikolaus, CONRAD, Olaf, BÖHNER, Jürgen, KAWOHL, Tobias, KREFT, Holger, SORIA-AUZA, Rodrigo Wilber, ZIMMERMANN, Niklaus E., LINDER, H. Peter y KESSLER, Michael. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data* [online]. 2017. Vol. 4, p. 1–20. DOI 10.1038/sdata.2017.122.
44. ROMOLEROUX, Katya. Rosaceae in the Páramo of Ecuador. . 1992. P. 85–94.
45. ROMOLEROUX, Katya. Flora of Ecuador 56. . 1996. P. 71–89.
46. PÉREZ DE PAZ, Julia. Rosaceae-sanguisorbeae de Macronesia: generos Marcetella, Bencomia y Dendriopoterium. Palinología, biogeografía, sistemas sexuales y filogenia. *Bot. macaronesica* [online]. 2004. Vol. 126, p. 95–126. Available from: <http://kdb.kew.org/kdb/detailedresult.do?id=105303>

47. YALLICO, Ernesto. Distribución de *Polylepis* en el sur de Puno. [online]. 1992. P. 134.
48. KERR, Malin Sofia. A phylogenetic and biogeographic analysis of *Sanguisorbeae* (Rosaceae), with emphasis on the Pleistocene radiation of the high Andean genus *Polylepis*. *Dissertation*. 2004. P. 1–202.
49. SCHMIDT-LEBUHN, Alexander N., KESSLER, Michael y KUMAR, Mahendra. Promiscuity in the Andes: Species Relationships in *Polylepis* (Rosaceae, *Sanguisorbeae*) Based on AFLP and Morphology. *Systematic Botany* [online]. 2006. Vol. 31, no. 3, p. 547–559. DOI 10.1600/036364406778388629.
50. KESSLER, Michael. The genus *Polylepis* (Rosaceae) in Bolivia. *Candollea*. 1995. Vol. 50, no. 1, p. 131–171.
51. PNUMA. Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente - Centro de Seguimiento de la Conservación Mundial. [online]. 2004. [Accessed 8 agosto 2017].
52. BAKKER, J., MOSCOL OLIVERA, M. y HOOGHMSTRA, H. Holocene environmental change at the upper forest line in northern Ecuador. *The Holocene*. 2008. Vol. 18, no. 6, p. 877–893. DOI 10.1177/0959683608093525.
53. HENSEN, Isabell, CIERJACKS, Arne, HIRSCH, Heidi, KESSLER, Michael, ROMOLEROUX, Katya, RENISON, Daniel y WESCHE, Karsten. Historic and recent fragmentation coupled with altitude affect the genetic population structure of one of the world's highest tropical tree line species. *Global Ecology and Biogeography*. 2011. Vol. 21, no. 4, p. 455–464. DOI 10.1111/j.1466-8238.2011.00691.x.
54. KESSLER, Michael, SCHMIDT-LEBUHN, Alexander N, KESSLER, Bitter M, KESSLER, P Kuntze M y BITTER, P M. Taxonomical and distributional notes on *Polylepis* (Rosaceae). . 2006. Vol. 6, p. 1–10.
55. BECK, S. G. y ELLENBERG, H. Entwicklungsmöglichkeiten im Andenhochland in ökologischer Sicht. Göttingen. . 1977.

56. GEYGER, E. Untersuchungen zum Wasserhaushalt der Vegetation nordwestargentinischen Andenhochland. . 1985. P. 1–134.
57. WEBERBAUER, A. Die Pflanzenwelt der peruanischen Anden. . 1911. P. 776.
58. TROLL, C. Die Cordillera Real. . 1929. P. 279–312.
59. KOEPCKE, H. Synökologische Studien and der Westseite der peruanischen Anden. . 1961.
60. KESSLER, Michael. *The “Polylepis problem”: Where do we stand?* 2002. ISBN 0949-3026.
61. KESSLER, Michael y DRIESCH, Peter. Causas E Historia De La Destruccion De Bosques Altoandinos En Bolivia. . 1993. No. 21, p. 1–18.
62. KÖRNER, C. Alpine plant life. Functional plant ecology of high mountain ecosystems. . 1999. No. November, p. 343.
63. HOCH, G. y KÖRNER, C. Growth, demography and carbon relations of *Polylepis* trees at the world’s highest treeline. *Functional Ecology*. 2005. Vol. 19, no. 6, p. 941–951. DOI 10.1111/j.1365-2435.2005.01040.x.
64. W, Mendoza. *Taxonomía y distribución de las especies peruanas de Polylepis Ruiz & Pav. (Rosaceae, Magnoliopsida)*. UNMSM, 2010.
65. MENDOZA, Wilfredo. EL GÉNERO POLYLEPIS EN EL PERÚ: Taxonomía, Morfología y Distribución. *Journal of Chemical Information and Modeling*. 2013. Vol. 53, no. 9, p. 121. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004.
66. ADAMS, Dean C., ROHLF, F. James y SLICE, Dennis E. A field comes of age: Geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix*. 2013. Vol. 24, no. 1, p. 7–14. DOI 10.4404/hystrix-24.1-6283.
67. ZELDITCH, M L, SWIDERSKI, D L, SHEETS, Hd David y FINK, W L. Geometric morphometrics for biologists: A primer. *Elsevier* [online]. 2004. P. 457. DOI 10.1016/B978-0-12-386903-6.00001-0.

68. ADAMS, Dean C., ROHLF, F. James y SLICE, Dennis E. Geometric morphometrics: Ten years of progress following the “revolution”. *Italian Journal of Zoology* [online]. 2004. Vol. 71, no. 1, p. 5–16. DOI 10.1080/11250000409356545.
69. BOOKSTEIN, Fred L. Biometrics, biomathematics and the morphometric synthesis. *Bulletin of mathematical biology*. 1996. Vol. 58, no. 2, p. 313–365. DOI 10.1016/0092-8240(95)00329-0.
70. VALLA, Juan J. *Botánica: morfología de las plantas superiores*. 2005. Argentina, 2005. ISBN 978-950-504-378-1.
71. TALLEDO, D., ESCOBAR, B. y ALLEMAN, V. El ciclo celular en vegetales; su estudio, importancia y aplicaciones. . 1995. Vol. 2, p. 13–31.
72. TALLEDO, D. y ESCOBAR, C. Citogenética de *Oxalis tuberosa* : ciclo celular y número cromosómico. *Biotempo* (Universidad Ricardo Palma, Lima, Peru). . 1995. P. 33 – 46.
73. FERNÁNDEZ, Aveliano, LAVIA, Graciela, KRAPOVICKAS, Antonio y SEIJO, Guillermo. CROMOSOMAS DE MALVÁCEAS. . 2003. Vol. 12, p. 141–145.
74. MATOS, Angela y MOLINA, Julla. Estudio citogenético en células radicales de *Aloe vera* L. *Rev. Fae. Agron. (LUZ)*. 1997. Vol. 14, no. 14, p. 173–182.
75. THOMPSON, John N. Evaluating the Dynamics of Coevolution Among Geographically Structured Populations. . 1997. Vol. 78, no. 6, p. 1619–1623.
76. LACADENA, Juan Ramón. *Citogenética*. 1996.
77. NARANJO, C.A., MOLINA, M.C. y POGGIO, LIDIA. Evidencias de un número básico  $X=5$  en el género *Zea* y su importancia en estudios del origen del maíz. . 1990. P. 43–53.
78. THOMPSON, John N., NUISMER, Scott L. y MERG, Kurt. Plant polyploidy and the evolutionary ecology of plant/animal interactions. *Biological Journal of the Linnean Society*. 2004. Vol. 82, no. 4, p. 511–519. DOI 10.1111/j.1095-8312.2004.00338.x.
79. CAMPBELL, N y REECE, J. *Biología*. 2007. ISBN 978-84-7903-998-1.

80. RAMSEY, Justin y SCHEMSKE, Douglas W. Pathways , Mechanisms , and Rates of Polyploid Formation in Flowering Plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 1998. Vol. 29, no. 1998, p. 467–501. DOI 10.1146/annurev.ecolsys.29.1.467.
81. SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, Arturo y GONZÁLEZ LEDESMA, Manuel. Técnicas de Recolecta de Plantas y Herborización. *La Sistemática, Base del Conocimiento de la Biodiversidad*. 2007. P. 123–133.
82. ARIAS, Marta Eugenia, ALBORNOZ, Patricia Liliana, DEBESO, Mario Alberto, HUARTE, Carlos Guillermo y MARTINEZ, Susana Elisa. *ATLAS DE ANATOMÍA VEGETAL*. 2015.
83. HERRERO, J. *PRACTICA N° 2. La técnica histológica (2): Preparación del material para ser cortado*. 2011.
84. GUERRA, F Javier Diez. Técnicas de microscopía optica. *Arbor Ciencia Pensamiento Y Cultura*. 2004. Vol. 698, no. Febrero, p. 225–258. 225 Arbor CLXXVII, 698 (Febrero 2004), 225-258 pp.
85. UNSE. *MICROSCOPIA. Facultad de Agronomía y Agroindustrias*. 2013. Santiago del Estero, Argentina.
86. CURTIS, Helena, BARNES, Sue y SCHNEK, Adriana. *Biología*. . 2008. P. 857.
87. CERDA, Hugo. Medios, Instrumentos, Técnicas y Métodos en la Recolección de Datos e Información. *Dirección de Investigaciones y Postgrado* [online]. 1991.
88. NATIONAL AGRICULTURAL LIBRARY | UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Glossary of Agricultural Terms*. 2017.
89. SÁENZ LAÍN, Concepción. GLOSARIO DE TÉRMINOS BOTÁNICOS. *Lazaroa*. 2004. Vol. 25, p. 93–112. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004.
90. AZÓCAR, Aura, RADA, Fermín y GARCÍA-NÚÑEZ, Carlos. Functional characteristics of the arborescent genus *Polylepis* along a latitudinal gradient in the high andes. *Interciencia*. 2007. Vol. 32, no. 10, p. 663–668.



91. ESCUELA UNIVERSITARIA INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA. Glosario de histología. [online]. 2017. [Accessed 8 agosto 2017]. Available from: <http://lan.inea.org:8010/web/materiales/web/histologia/glosario.htm>
92. ASOCIADOS, Metrólogos, WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION y WMO. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation: Part III - quality assurance and management of observing systems. *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* [online]. 2005. Vol. I & II, no. 8, p. 1–5.
93. VILLAS, Centro Tecnológico Agropecuario Cinco. Método para la toma de muestras foliares 1. . 2008. P. 5–7.
94. MADIDI. Protocolo para la medición de características funcionales Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi. . 2012. P. 2–12.
95. TOIVONEN, Johanna M. *Determinants of Polylepis ( Rosaceae ) Forest Distribution and Treeline Formation in the High Andes*. 2014. ISBN 9789512957446.
96. MCPHERSON, Lecture Marc A. The role of polyploidy in the speciation of flowering plants. . 2000. Vol. 12, no. 1917, p. 3–4.
97. VAMOSI, Jana C y DICKINSON, Timothy A. POLYPLOIDY AND DIVERSIFICATION : A PHYLOGENETIC INVESTIGATION IN ROSACEAE. . 2006. Vol. 167, no. 2, p. 349–358.
98. GOLDSTEIN, G y MEINZER, F. Environmental biology of a tropical treeline species, *Polylepis sericea*. . 1994. P. 129–149.
99. ANCIBOR, Elena. Estudio Anatómico de la Vegetación de la Puna de Jujuy. . 1980. Vol. 24, no. 2, p. 157–202. DOI 10.1111/j.1541-0420.2007.00904.x.
100. TORRES R., F., GAVIRIA, J. y PERAZA, J. Anatomía foliar de *Oritrophium* (H.B.K) Cuatrec. del páramo de Sierra Nevada, Estación Loma Redonda. *Plantula*. 1996. Vol. 1, no. 1, p. 65–73.
101. LAMBERS, H, CHAPIN, F. S y PONS, T. *Plant physiological ecology*. . 1998. P. 3.

102. DE OLIVEIRA, Vanessa M., FORNI-MARTINS, Eliana R., MAGALHÃES, Pedro M. y ALVES, Marcos N. Chromosomal and morphological studies of diploid and polyploid cytotypes of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni (Eupatorieae, Asteraceae). *Genetics and Molecular Biology*. 2004. Vol. 27, no. 2, p. 215–222. DOI 10.1590/S1415-47572004000200015.
103. JORDAN, Gregory J., CARPENTER, Raymond J., KOUTOULIS, Anthony, PRICE, Aina y BRODRIBB, Timothy J. Environmental adaptation in stomatal size independent of the effects of genome size. *New Phytologist*. 2014. Vol. 205, no. 2, p. 608–617. DOI 10.1111/nph.13076.
104. LEITCH, Ilia J. y BENNETT, Michael D. Polyploidy in angiosperms. *Trends in Plant Science*. 1997. Vol. 2, no. 12, p. 470–476. DOI 10.1016/S1360-1385(97)01154-0.
105. COMAI, Luca. The advantages and disadvantages of being polyploid. *Nature Reviews Genetics*. 2005. Vol. 6, no. 11, p. 836–846. DOI 10.1038/nrg1711.

## **ANEXOS**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><b><u>Problema General:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué relación existe entre las características morfométricas de la hoja de <i>Polylepis rodolfovasquezii</i> y <i>Polylepis incana</i> con la altitud y el número cromosómico en la región Junín, 2017?</li> </ul> <p><b><u>Problemas específicos:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles son las características morfométricas de las células oclusivas de los estomas, epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima</li> </ul>	<p><b><u>Objetivo General:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Describir las características morfométricas de la hoja de <i>Polylepis rodolfovasquezii</i> y <i>Polylepis incana</i> y su relación con la altitud y el número cromosómico en la Región Junín, 2017.</li> </ul> <p><b><u>Objetivos específicos:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Describir las características de morfometría de las células oclusivas de los estomas, epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de</li> </ul>	<p><b><u>General:</u></b></p> <p><b>Hi:</b> Las características morfométricas de las hojas de <i>Polylepis rodolfovasquezii</i> serán diferentes a <i>Polylepis incana</i>.</p> <p><b>Hi:</b> Existe una alta correlación entre las características morfométricas de la hoja con la altitud y el número cromosómico.</p> <p><b><u>Específicas:</u></b></p> <p><b>H<sub>0</sub>:</b> Las características morfométricas de las células oclusivas de estomas, epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima esponjoso y empalizada de <i>Polylepis rodolfovasquezii</i> serán iguales a <i>Polylepis incana</i>.</p>	<p><b><u>Variable 1:</u></b></p> <p>Características morfométricas</p> <p><b>Tipo:</b></p> <p>Dependiente</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p>-Longitud de células oclusivas de estomas. -Longitud de epidermis adaxial y abaxial. -Longitud de parénquima empalizada y esponjoso. -Espesor de hoja. -Área de hoja</p>	<p><b><u>Tipo de investigación:</u></b></p> <p>Básica</p> <p><b><u>Nivel de Investigación:</u></b></p> <p>Descriptivo -Correlacional</p> <p><b><u>Método General:</u></b></p> <p>Analítico</p> <p><b><u>Diseño de investigación:</u></b></p> <p>No experimental</p> <p><b><u>Tipo de diseño:</u></b></p> <p>Descriptivo simple y correlacional</p> <p><b><u>Población:</u></b></p> <p>La población de estudio comprende los arboles pertenecientes a las</p>

<p>esponjoso y empalizada de <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> y <i>Polylepis incana</i> presentes en la Región Junín, 2017?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es la relación del tamaño de la epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima esponjoso y empalizada con la altitud de los bosques de <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> y <i>Polylepis incana</i> presentes en la Región Junín, 2017?</li> <li>• ¿Cuál es la relación de la longitud de las células oclusivas de los estomas con el número cromosómico de <i>Polylepis rodolfo-</i></li> </ul>	<p>hoja, parénquima esponjoso y empalizada de las especies <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> y <i>Polylepis incana</i> presentes en la Región Junín, 2017.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la relación del tamaño de la epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima esponjoso y empalizada con la altitud de los bosques de las especies <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> y <i>Polylepis incana</i> presentes en la Región Junín, 2017.</li> <li>• Determinar la relación de longitud de las células oclusivas de los</li> </ul>	<p><b>H<sub>1</sub>:</b> Las características morfométricas de las células oclusivas de estomas, epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima esponjoso y empalizada de <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> serán diferentes a <i>Polylepis incana</i>.</p> <p><b>H<sub>0</sub>:</b> La relación del tamaño del tamaño de la epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima esponjoso y empalizada con la altitud de los bosques de <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> y <i>Polylepis incana</i> será menor que 0.7</p> <p><b>H<sub>1</sub>:</b> La relación del tamaño del tamaño de la epidermis adaxial y abaxial, espesor de hoja, área de hoja, parénquima esponjoso y empalizada con la altitud de los bosques de <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> y <i>Polylepis incana</i> será mayor que 0.7</p> <p><b>H<sub>0</sub>:</b> La relación de la longitud de las células oclusivas de los estomas con</p>	<p><b>Variable 2:</b> Altitud</p> <p><b>Tipo:</b> Independiente</p> <p><b>Dimensiones:</b> Distancia vertical</p> <p><b>Variable 3:</b> Número cromosómico</p> <p><b>Tipo:</b> Independiente</p> <p><b>Dimensiones:</b> Juego de cromosomas</p>	<p>especies <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> y <i>Polylepis incana</i>, encontrados en los bosques de Paucho, Quilcaycocha, Toldopampa y Dorado respectivamente, ubicados en las provincias de Concepción (Distrito Comas), Satipo (Distrito Pampa Hermosa) y Huancayo (El Tambo), pertenecientes a la Región Junín.</p> <p><b>Muestra:</b> Ramas de 25 cm de cada individuo.</p> <p><b>Unidad Muestral:</b> Hojas</p> <p><b>Técnicas de recolección:</b> Técnica de recopilación de información primaria y secundaria</p> <p><b>Técnicas de procesamiento:</b> Test Kolmogorov-Smirnov ANOVA</p>
---	--	---	---	---

<p><i>vasquezii</i> y <i>Polylepis incana</i> presentes en la Región Junín, 2017?</p>	<p>estomas con el número cromosómico de las especies <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> y <i>Polylepis incana</i> presentes en la Región Junín, 2017.</p>	<p>el número cromosómico de los bosques de <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> y <i>Polylepis incana</i> será menor que 0.7.</p> <p><b>H<sub>1</sub>:</b> La relación de la longitud de las células oclusivas de los estomas con el número cromosómico de los bosques de <i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i> y <i>Polylepis incana</i> será mayor que 0.7.</p>	<p>Test de Duncan Análisis de Regresión lineal Correlación de Pearson</p>
---	---	--	---

**ANEXO Nro. 1**

**Matriz de consistencia ISO (690)**

**ANEXO Nro. 02**

**Tablas de datos del estudio**

Tabla 1. Datos obtenidos de medida de epidermis adaxial de los cuatro bosques pertenecientes a las especies *P. rodolfo-vasquezii* y *P. incana*

<b>Epidermis adaxial (µm)</b>				
<b>N° de medida</b>	<b><i>P. rodolfo-vasquezii</i></b>			<b><i>P. incana</i></b>
	<b>Bosque Toldopampa</b>	<b>Bosque Paucho</b>	<b>Bosque Quilcaycocha</b>	<b>Bosque Dorado</b>
1	24,43	21,04	26,13	19,67
2	26,27	23,11	27,11	21,31
3	24,84	22,97	27,57	23,02
4	26,18	20,51	25,53	25,59
5	22,13	25,52	26,53	20,80
6	28,83	22,88	25,56	23,21
7	23,96	20,53	26,65	24,03
8	24,50	25,46	25,87	18,93
9	26,39	24,50	25,47	23,48
10	28,89	23,60	27,40	19,52
11	25,72	23,56	25,74	23,76
12	23,94	24,63	24,82	21,51
13	24,52	23,75	26,47	23,72
14	24,89	23,83	25,89	21,72
15	24,85	23,03	26,12	21,26
16	23,85	24,53	25,01	23,39
17	24,73	23,79	27,24	20,11
18	21,54	23,93	25,77	20,35
19	22,82	20,14	23,17	20,16
20	22,58	25,83	27,52	19,94
21	25,68	21,17	24,49	27,17
22	25,55	22,38	27,51	24,51
23	26,16	20,61	27,64	24,73
24	24,44	24,17	26,01	24,31

25	24,45	22,40	27,47	21,28
26	23,00	23,36	26,60	23,92
27	25,09	21,33	24,67	20,90
28	25,42	23,26	26,27	20,92
29	26,59	25,50	26,31	23,45
30	26,68	23,45	27,00	22,18
31	25,64	25,13	26,68	23,18
32	25,43	22,02	28,17	23,45
33	24,75	25,20	24,26	22,31
34	22,59	27,60	22,04	24,01
35	24,62	23,90	27,47	21,41
36	22,99	25,37	24,24	21,02
37	22,84	23,34	25,76	21,12
38	23,40	24,57	26,52	22,25
39	24,06	23,23	26,83	23,42
40	25,34	24,88	22,50	21,05
41	26,67	21,88	23,62	23,52
42	27,91	22,50	26,54	23,77
43	23,45	21,37	27,56	22,04
44	22,48	22,33	24,83	23,18
45	24,85	23,08	26,31	25,59
46	25,07	23,36	26,84	20,94
47	26,00	23,48	24,21	22,07
48	23,28	24,59	24,49	22,63
49	26,00	25,13	24,81	21,22
50	26,51	24,57	26,58	21,81
51	23,21	25,57	26,14	20,45
52	24,85	19,93	24,42	24,11
53	26,30	23,62	25,95	23,65
54	24,74	23,32	24,84	20,52
55	25,96	25,91	25,43	21,86



56	23,82	25,86	25,47	23,99
57	23,98	25,89	23,95	21,12
58	25,49	25,53	26,00	23,13
59	24,47	23,21	25,27	21,65
60	21,56	23,02	27,25	21,92
Promedio	<b>24,79</b>	<b>23,57</b>	<b>25,84</b>	<b>22,35</b>
SD	<b>1,56</b>	<b>1,65</b>	<b>1,32</b>	<b>1,67</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Datos obtenidos de medida de epidermis abaxial de los cuatro bosques pertenecientes a las especies *P. rodolfo-vasquezii* y *P. incana*

<b>Epidermis abaxial (<math>\mu\text{m}</math>)</b>				
N° de medidas	<i>P. rodolfo-vasquezii</i>			<i>P. incana</i>
	<b>Bosque Toldopampa</b>	<b>Bosque Paucho</b>	<b>Bosque Quilcaycocha</b>	<b>Bosque Dorado</b>
1	25,81	20,14	23,43	23,49
2	27,47	23,34	24,74	26,68
3	24,47	25,69	23,29	25,21
4	24,98	20,70	25,07	20,30
5	23,62	20,48	22,93	25,44
6	29,03	25,43	23,11	20,53
7	23,55	25,67	23,04	19,23
8	27,14	21,87	26,44	21,93
9	25,36	23,25	23,44	22,63
10	24,09	25,76	22,74	22,27
11	25,41	20,18	25,71	22,61
12	24,69	21,61	25,02	23,94
13	24,77	24,89	24,85	23,13
14	24,25	21,94	22,29	23,32
15	25,02	23,55	24,85	22,46
16	24,53	22,26	23,35	21,77

17	23,14	22,81	18,02	21,93
18	23,34	25,86	22,49	20,08
19	24,64	23,10	22,09	21,98
20	21,91	22,46	22,17	22,02
21	23,75	23,32	26,86	27,76
22	27,26	25,21	25,19	22,57
23	28,51	24,74	21,54	22,82
24	24,11	24,32	27,11	24,36
25	22,64	24,68	18,37	20,93
26	23,69	24,00	24,38	22,71
27	24,03	23,08	20,47	21,39
28	26,30	23,10	26,80	21,91
29	25,91	25,24	24,38	20,13
30	22,59	23,01	26,30	21,84
31	22,16	25,07	21,78	24,82
32	24,35	23,96	25,48	22,80
33	24,11	21,94	26,44	22,61
34	23,13	24,45	22,76	23,13
35	22,61	23,66	24,95	22,23
36	21,89	23,07	22,13	21,36
37	19,88	23,51	23,19	23,67
38	23,57	23,03	24,60	21,44
39	20,77	20,95	26,34	20,91
40	23,18	23,81	24,25	21,11
41	28,11	22,74	22,92	25,39
42	28,13	23,46	21,30	25,73
43	22,03	23,06	26,38	24,95
44	25,27	24,00	25,13	24,13
45	23,34	22,87	18,70	22,08
46	24,21	23,50	23,47	21,62
47	26,50	24,10	20,77	20,84

48	24,54	24,38	26,32	21,48
49	24,84	26,71	25,21	23,54
50	22,62	25,57	22,34	21,09
51	24,48	20,46	22,88	24,02
52	25,70	22,26	20,47	24,20
53	25,28	22,39	25,20	24,14
54	24,70	22,29	22,26	18,47
55	25,93	23,25	24,85	22,81
56	23,91	23,39	24,03	23,96
57	22,52	23,82	18,73	23,67
58	24,31	24,79	26,62	21,53
59	23,59	20,75	23,66	20,95
60	20,33	24,33	26,50	22,27
Promedio	<b>24,37</b>	<b>23,39</b>	<b>23,67</b>	<b>22,64</b>
SD	<b>1,88</b>	<b>1,53</b>	<b>2,21</b>	<b>1,76</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Datos obtenidos de medida de parénquima de empalizada de los cuatro bosques pertenecientes a las especies *P. rodolfo-vasquezii* y *P. incana*

<b>Parénquima Empalizada (<math>\mu\text{m}</math>)</b>				
N° de medida	<i>P. rodolfo-vasquezii</i>			<i>P. incana</i>
	<b>Bosque Toldopampa</b>	<b>Bosque Paucho</b>	<b>Bosque Quilcaycocha</b>	<b>Bosque Dorado</b>
1	76,86	73,57	95,43	152,29
2	78,13	60,74	94,93	161,00
3	82,98	60,74	83,29	155,96
4	67,75	68,88	95,64	142,15
5	71,03	84,86	96,78	151,94
6	75,64	66,70	96,74	168,42
7	87,61	64,40	94,25	157,67
8	77,03	76,20	91,35	162,09

9	80,17	64,42	95,64	150,91
10	73,47	78,82	87,64	154,78
11	82,66	81,46	98,98	159,51
12	84,11	78,27	94,03	165,25
13	90,99	81,34	95,65	176,20
14	85,26	78,09	89,32	156,49
15	92,73	88,92	98,07	141,20
16	95,59	69,99	88,06	146,30
17	97,22	80,87	85,98	146,17
18	75,64	71,59	104,74	143,37
19	94,10	69,50	91,05	170,67
20	75,84	88,03	82,50	158,57
21	72,81	96,96	97,24	166,37
22	74,38	68,08	85,96	171,74
23	76,93	62,63	87,60	172,84
24	71,86	64,58	90,41	164,03
25	81,57	70,89	95,43	149,98
26	70,09	86,81	91,37	166,09
27	77,15	61,87	95,46	135,71
28	85,50	78,68	95,14	151,93
29	86,78	71,25	96,76	176,66
30	79,50	72,28	88,78	155,52
31	85,62	80,70	94,81	157,75
32	91,30	87,67	93,61	166,33
33	80,57	72,67	98,88	189,15
34	82,32	91,52	97,66	172,00
35	96,27	86,44	96,69	142,24
36	98,78	82,13	98,14	176,03
37	93,73	74,02	91,22	153,46
38	86,52	88,64	99,04	175,05
39	84,08	85,90	90,24	147,41

40	93,50	83,73	92,58	166,95
41	73,01	73,61	94,55	166,38
42	76,77	68,39	93,87	172,49
43	74,44	65,99	85,32	171,95
44	70,30	65,19	92,06	143,53
45	64,32	65,11	85,42	158,97
46	81,29	84,63	106,94	167,20
47	81,12	51,79	87,61	140,00
48	75,28	79,77	85,80	155,44
49	88,60	74,90	97,99	173,02
50	85,96	67,34	82,34	134,57
51	92,26	89,89	96,97	166,31
52	89,78	87,69	89,96	177,23
53	94,95	71,41	91,94	182,83
54	80,66	88,03	89,73	152,44
55	89,15	85,29	97,07	157,49
56	90,28	87,08	88,76	164,08
57	88,53	83,00	86,64	153,46
58	94,84	92,34	98,14	175,45
59	97,02	83,38	96,11	165,57
60	82,12	71,51	91,00	163,59
Promedio	<b>83,08</b>	<b>76,52</b>	<b>92,92</b>	<b>160,34</b>
SD	<b>8,46</b>	<b>9,81</b>	<b>5,12</b>	<b>12,09</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Datos obtenidos de medida de parénquima esponjoso de los cuatro bosques pertenecientes a las especies *P. rodolfo-vasquezii* y *P. incana*

Parénquima Empalizada ( $\mu\text{m}$ )				
N° de medida	<i>P. rodolfo-vasquezii</i>			<i>P. incana</i>
	Bosque Toldopampa	Bosque Paucho	Bosque Quilcaycocha	Bosque Dorado

1	91,13	100,58	86,46	168,56
2	84,12	67,89	81,43	158,06
3	107,81	74,66	77,94	151,37
4	81,26	77,54	95,49	133,33
5	77,35	82,77	86,97	100,43
6	88,60	71,13	89,51	122,97
7	76,02	71,15	77,64	144,26
8	75,36	86,43	72,17	203,01
9	99,30	70,82	86,23	152,81
10	69,57	63,07	126,86	124,80
11	91,81	58,36	108,70	132,96
12	72,33	68,90	107,67	178,11
13	54,58	101,20	164,46	155,49
14	55,60	83,09	83,66	142,99
15	93,71	65,99	124,66	105,00
16	88,38	58,22	68,43	134,30
17	90,59	69,53	90,98	150,85
18	81,71	91,57	93,46	188,98
19	85,79	57,97	64,16	171,42
20	84,20	85,83	96,58	149,69
21	90,65	79,90	112,40	152,14
22	74,25	64,07	78,04	168,96
23	69,81	72,56	56,69	160,10
24	79,30	63,57	96,56	157,29
25	84,20	111,12	121,65	143,43
26	83,54	69,38	88,54	146,95
27	71,33	66,44	100,92	143,55
28	92,38	88,06	85,48	171,73
29	85,13	52,34	102,93	119,48
30	77,26	88,18	74,53	162,71
31	82,52	109,07	132,76	163,00

32	92,15	62,53	120,04	127,94
33	72,59	81,62	132,48	151,52
34	65,51	76,86	132,00	137,54
35	120,00	90,93	100,09	157,21
36	85,38	80,53	88,75	146,32
37	85,13	75,75	99,51	164,10
38	71,00	111,25	110,71	158,89
39	85,68	75,98	85,92	164,78
40	104,21	90,65	88,20	243,61
41	88,20	73,13	102,16	189,38
42	72,03	83,79	94,08	168,97
43	99,32	73,66	65,36	187,62
44	91,80	69,40	72,23	183,19
45	60,01	97,21	80,20	110,13
46	75,55	80,57	102,83	154,74
47	83,71	89,39	82,79	98,06
48	80,06	84,44	89,96	136,09
49	86,89	83,60	70,83	148,76
50	62,94	67,81	85,53	147,91
51	84,91	88,39	107,57	166,70
52	71,39	58,20	66,89	167,94
53	86,00	80,26	105,76	143,12
54	56,35	70,06	74,00	123,58
55	60,01	69,06	92,98	139,19
56	82,89	66,07	76,54	159,35
57	103,97	72,37	109,65	164,10
58	64,82	110,58	113,59	191,15
59	72,85	76,12	80,45	136,86
60	115,67	92,43	104,56	202,96
Promedio	<b>82,01</b>	<b>78,40</b>	<b>94,49</b>	<b>153,84</b>
SD	<b>13,60</b>	<b>13,88</b>	<b>20,17</b>	<b>25,68</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Datos obtenidos de medida de espesor de hoja de los cuatro bosques pertenecientes a las especies *P. rodolfo-vasquezii* y *P. incana*

<b>Espesor de hoja (<math>\mu\text{m}</math>)</b>				
<b>N° de medida</b>	<b><i>P. rodolfo-vasquezii</i></b>			<b><i>P. incana</i></b>
	<b>Bosque Toldopampa</b>	<b>Bosque Paucho</b>	<b>Bosque Quilcaycocha</b>	<b>Bosque Dorado</b>
1	218,23	215,33	231,44	364,00
2	215,99	175,08	228,20	367,05
3	240,10	184,06	212,08	355,56
4	200,17	183,63	241,72	321,36
5	194,13	213,63	233,21	298,61
6	222,10	186,14	234,91	335,13
7	211,14	181,75	221,57	345,18
8	204,03	209,96	215,83	405,95
9	231,22	182,99	230,77	349,82
10	196,02	191,25	264,62	321,37
11	225,60	183,56	259,11	338,83
12	205,07	193,41	251,53	388,81
13	194,86	231,18	311,41	378,53
14	190,00	206,95	221,16	344,51
15	236,31	201,49	273,69	289,91
16	232,35	173,00	204,84	325,76
17	235,68	197,00	222,21	339,05
18	202,23	205,75	246,45	372,77
19	227,35	166,87	200,47	384,22
20	204,53	222,15	228,76	350,20
21	212,89	221,35	273,64	375,29
22	201,44	179,74	216,69	387,76
23	201,41	180,54	193,47	380,48
24	199,71	176,64	240,09	369,98
25	212,86	229,09	262,92	335,62



26	200,32	203,55	230,89	359,66
27	197,60	172,72	241,51	321,54
28	229,60	213,10	233,68	366,49
29	224,41	174,33	250,37	339,71
30	206,03	206,92	216,61	362,25
31	215,94	239,97	276,02	368,75
32	233,23	196,18	267,29	340,51
33	202,02	201,43	282,05	385,58
34	193,55	220,43	274,45	356,67
35	263,50	224,93	249,19	343,09
36	229,04	211,10	233,26	364,73
37	221,58	196,62	239,68	362,34
38	204,49	247,49	260,86	377,62
39	214,59	206,06	229,33	356,51
40	246,23	223,07	227,53	452,72
41	215,99	191,36	243,25	404,67
42	204,84	198,14	235,78	390,94
43	219,24	184,08	204,62	406,55
44	209,85	180,92	214,25	374,03
45	172,52	206,27	210,61	316,76
46	206,12	212,06	260,08	364,49
47	217,33	188,76	215,37	280,97
48	203,16	213,18	226,56	335,64
49	226,33	210,34	218,83	366,53
50	198,03	185,29	216,79	325,37
51	224,86	224,31	253,56	377,47
52	211,72	188,08	201,74	393,48
53	232,53	197,68	248,84	373,74
54	186,45	203,70	210,82	315,00
55	201,05	203,51	240,32	341,33
56	220,90	202,40	214,79	371,37

57	239,00	205,08	238,96	362,34
58	209,46	253,24	264,35	411,25
59	217,93	203,46	225,48	345,03
60	239,68	211,29	249,31	410,73
Promedio	<b>214,24</b>	<b>201,56</b>	<b>237,13</b>	<b>359,19</b>
SD	<b>16,51</b>	<b>18,82</b>	<b>23,32</b>	<b>31,18</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Datos obtenidos de medida de área de hoja de los cuatro bosques pertenecientes a las especies *P. rodolfo-vasquezii* y *P. incana*

Área de hoja cm <sup>2</sup>				
N° Hoja	<i>P. rodolfo-vasquezii</i>			<i>P. incana</i>
	Bosque Toldopampa	Bosque Paucho	Bosque Quilcaycocha	Bosque Dorado
1	0,49	0,59	0,45	4,36
2	0,56	0,50	0,44	3,91
3	0,56	0,63	0,45	4,19
4	0,51	0,63	0,46	3,98
5	0,69	0,64	0,46	4,42
6	0,58	0,49	0,48	3,96
7	0,72	0,55	0,57	3,83
8	0,72	0,55	0,58	3,29
9	0,63	0,55	0,55	3,29
10	0,71	0,51	0,57	3,68
11	0,66	0,50	0,59	2,76
12	0,72	0,46	0,57	2,89
13	0,59	0,56	0,48	3,76
14	0,49	0,54	0,47	3,91
15	0,52	0,56	0,42	3,42
16	0,59	0,63	0,43	3,11
17	0,53	0,58	0,41	3,87

18	0,49	0,58	0,46	3,54
19	0,58	0,55	0,41	3,24
20	0,60	0,45	0,42	3,47
21	0,58	0,55	0,42	3,51
22	0,58	0,51	0,35	3,16
23	0,53	0,50	0,33	3,09
24	0,51	0,53	0,34	3,01
25	0,50	0,64	0,32	4,49
26	0,47	0,56	0,31	3,38
27	0,50	0,58	0,32	3,40
28	0,51	0,76	0,35	3,48
29	0,50	0,73	0,32	3,16
30	0,42	0,72	0,33	3,49
31	0,54	0,60	0,66	3,57
32	0,49	0,49	0,65	3,56
33	0,48	0,53	0,61	3,66
34	0,60	0,66	0,65	3,86
35	0,53	0,52	0,60	3,65
36	0,59	0,56	0,66	3,66
37	0,70	0,58	0,44	4,02
38	0,66	0,53	0,39	3,03
39	0,70	0,55	0,41	4,08
40	0,69	0,62	0,44	3,45
41	0,71	0,56	0,40	3,56
42	0,70	0,57	0,41	4,44
43	0,68	0,37	0,45	2,97
44	0,73	0,34	0,49	3,12
45	0,77	0,36	0,49	2,99
46	0,80	0,33	0,52	3,08
47	0,81	0,30	0,51	3,06
48	0,82	0,34	0,48	2,76

49	0,63	0,68	0,51	3,62
50	0,81	0,66	0,49	4,08
51	0,71	0,62	0,52	4,46
52	0,70	0,62	0,47	2,98
53	0,64	0,60	0,49	3,63
54	0,63	0,75	0,46	4,36
55	0,62	0,60	0,42	3,54
56	0,61	0,53	0,39	3,25
57	0,80	0,48	0,40	3,12
58	0,62	0,57	0,39	3,53
59	0,63	0,57	0,37	3,32
60	0,72	0,52	0,40	3,20
Promedio	<b>0,62</b>	<b>0,55</b>	<b>0,46</b>	<b>3,54</b>
SD	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,09</b>	<b>0,45</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Datos obtenidos de medida de células guardianas de estomas de los cuatro bosques pertenecientes a las especies *P. rodolfo-vasquezii* y *P. incana*

Células guardianas de estomas ( $\mu\text{m}$ )				
N° de medida	<i>P. rodolfo-vasquezii</i>			<i>P. incana</i>
	Bosque Toldopampa	Bosque Paucho	Bosque Quilcaycocha	Bosque Dorado
1	15,04	18,01	15,37	21,67
2	15,74	19,50	14,76	21,45
3	17,10	14,31	17,08	21,71
4	17,60	17,71	15,91	20,46
5	15,83	19,62	12,36	21,36
6	16,63	19,10	14,45	22,20
7	16,66	15,08	15,90	20,44
8	17,28	16,68	14,33	19,75
9	17,08	19,77	15,13	17,80

10	15,43	20,53	16,52	19,84
11	16,35	20,50	15,60	21,41
12	16,77	20,80	15,95	21,63
13	15,89	14,70	16,05	21,05
14	17,06	14,39	13,20	21,77
15	15,63	15,51	16,53	19,19
16	16,19	14,50	16,77	19,37
17	18,53	15,23	14,82	20,35
18	13,32	14,36	15,34	19,40
19	15,07	14,19	16,50	19,49
20	15,75	13,80	15,44	17,38
21	16,36	14,78	14,97	18,90
22	14,82	17,70	13,57	18,47
23	15,48	17,25	14,23	24,65
24	14,30	15,44	15,63	24,18
25	16,74	15,64	16,90	19,60
26	16,77	18,04	17,44	17,27
27	17,17	18,40	13,97	19,01
28	18,23	18,45	13,25	18,46
29	16,29	18,47	13,04	19,43
30	18,87	16,41	13,14	19,70
31	19,97	18,27	14,92	17,79
32	22,43	18,39	15,92	18,32
33	18,27	17,05	14,60	21,53
34	20,37	17,79	15,21	21,83
35	19,28	12,96	12,91	21,76
36	19,87	11,46	12,84	21,75
37	17,71	18,40	15,26	20,05
38	18,07	16,02	14,76	20,02
39	18,18	13,48	14,80	21,91
40	16,95	13,59	14,32	21,86

41	20,14	10,93	17,58	23,15
42	19,72	12,78	14,95	22,59
43	17,68	16,79	15,61	23,01
44	17,88	16,72	15,12	21,87
45	19,85	14,95	15,26	16,96
46	18,93	17,32	15,29	18,16
47	18,17	14,60	16,82	22,43
48	19,14	14,26	18,10	22,30
49	15,02	16,36	13,96	19,40
50	12,20	15,71	16,11	19,84
51	14,22	18,13	14,89	21,49
52	16,62	16,93	14,36	20,85
53	16,67	17,01	18,99	19,70
54	18,66	16,21	16,63	19,89
55	14,80	18,44	15,87	19,00
56	14,85	16,80	14,20	22,92
57	15,83	16,77	16,29	18,78
58	16,82	17,30	15,30	20,48
59	14,68	17,03	16,20	21,34
60	19,88	15,79	16,10	18,39
Promedio	<b>17,05</b>	<b>16,45</b>	<b>15,29</b>	<b>20,45</b>
SD	<b>1,79</b>	<b>2,39</b>	<b>1,26</b>	<b>1,82</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Conteos cromosómicos para la especie *P. incana*

<i>Polylepis incana</i>			
N° individuo	Células contadas	N° Haploide	N° diploide
1	77	16	32
2	1	21	42
3	2	19	38
4	1	17,5	35
5	1	17	34
6	2	22	44
7	1	20	40
8	2	19	38
9	3	20	40
10	1	21	42
11	2	16	32
12	3	17	34
13	4	17	34
14	1	20	40
15	1	16	32
16	1	21,5	43
17	3	16	32
18	5	22	44
19	7	20	40
20	9	20	40
21	11	19	38
22	13	18	36
23	15	19	38
24	16	21	42
25	17	20	40
26	18	16	32

27	1	19	38
28	3	18	36
29	5	16	32
30	7	21	42
31	9	19	38
32	11	17	34
33	13	19	38
34	15	19	38
35	17	21	42
36	19	18	36
37	20	17	34
38	1	20	40
39	3	16	32
40	5	19	38
41	7	19	38
42	9	17	34
43	11	16	32
44	13	16	32
45	15	18	36
46	17	18	36
47	20	20	40
48	23	17	34
49	26	16	32
50	1	17	34
51	3	16,5	33
52	5	17	34
53	7	16	32
54	9	17	34
55	11	16	32
56	13	17	34
57	18	18	36



58	22	19	38
59	25	17	34
60	29	16	32
<b>Promedio</b>			<b>36</b>

Fuente: Proyecto N°149 - Concytec

Tabla 9. Conteos cromosómicos para la especie *P. rodolfo-vasquezii*

<i>Polylepis rodolfo-vasquezii</i>			
N° individuo	Células contadas	N° Haploide	N° diploide
1	1	28	56
2	2	25	50
3	3	28	56
4	4	25	50
5	5	29	58
6	1	26	52
7	2	28	56
8	3	30	60
9	4	28	56
10	5	28	56
11	1	25	50
12	2	32	64
13	3	25	50
14	4	25	50
15	1	22	44
16	2	22	44
17	1	22	44
18	1	23	46
19	2	22	44
20	3	20	40
21	4	25	50

22	5	20	40
23	1	28	56
24	2	30	60
25	3	25	50
26	4	24	48
27	5	28	56
28	6	26	52
29	7	30	60
30	1	27	54
31	2	24	48
32	3	29	58
33	1	28	56
34	2	22	44
35	3	30	60
36	1	30	60
37	2	26	52
38	3	27	54
39	1	26	52
40	2	26	52
41	3	32	64
42	4	32	64
43	2	28	56
44	3	28	56
45	4	25	50
46	5	28	56
47	6	28	56
48	7	28	56
49	8	30	60
50	9	29	58
51	10	30	60
52	1	28	56

53	2	23	46
54	3	26	52
55	4	23	46
56	5	20	40
57	6	22	44
58	7	22	44
59	8	21	42
60	9	25	50
<b>Promedio</b>			<b>52</b>

Fuente: Proyecto N°149 - Concytec

ANEXO Nro. 3

Certificado de identificación de especie *P. rodolfo-vasquezii*



Universität  
Zürich<sup>UZH</sup>

Institut für Systematische Botanik  
und Botanischer Garten

Universität Zürich  
Institut für Systematische Botanik und Botanischer  
Garten  
Zollikerstrasse 107  
CH-8008 Zürich  
Telefon +41 44 634 84 11  
Telefax +41 44 634 84 03  
[www.sysbot.uzh.ch](http://www.sysbot.uzh.ch)

“Año del buen servicio al ciudadano”

CONSTANCIA N° 002 – 2017

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA SISTEMÁTICA Y EVOLUTIVA  
UNIVERSIDAD DE ZÜRICH  
Zürich - Suiza

MSc. Tatiana Erika Boza Espinoza

DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (Planta completa), recibida del proyecto “Estudio citogenético y molecular de la diversidad genética y estructura poblacional de bosques de *Polylepis sp* con fines de conservación en la región Junín”, de la Universidad Continental S.A.C., ha sido estudiada y clasificada como: *Polylepis rodolfo-vasquezii* L. Valenzuela & I. Villalba, y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación APG IV (2016):

**DIVISIÓN:** Magnoliophyta

**CLASE:** Magnoliopsida

**SUB CLASE:** Rosids

**ORDEN:** Rosales

**FAMILIA:** Rosaceae

**GÉNERO:** *Polylepis*

**ESPECIE:** *Polylepis rodolfo-vasquezii* L. Valenzuela &  
I. Villalba

Nombre vulgar: “Ingua, Queñual”

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines de estudios.

Zürich, 14 de agosto de 2017

MSc. Tatiana Erika Boza Espinoza  
Herbario de la Universidad de Zürich (Z)

**ANEXO Nro. 4**  
**Bosques estudiados de *Polylepis* sp.**



Foto 1. Bosque Dorado (*P. incana*) – Distrito de El Tambo – Huancayo.



Foto 2. Bosque Toldopampa (*P. rodolfo-vasquezii*) – Distrito de Pampa Hermosa – Satipo.





Foto 3. Bosque Paucho (*P. rodolfo-vasquezii*) – Distrito de Comas – Concepción.



Foto 4. Bosque Quilcaycocha (*P. rodolfo-vasquezii*) – Distrito de Comas – Concepción.



Foto 5. Recolección de muestras en el Bosque Paucho (*P. rodolfo-vasquezii*) – Distrito de Comas – Concepción.



Foto 6. Grupo del proyecto en el Bosque Quilcaycocha (*P. rodolfo-vasquezii*) – Distrito de Comas – Concepción. Fuente: Proyecto N° 149 - Concytec.





Foto 7. Recolección de muestras en temporada de invierno



Foto 8. Etiquetado de muestras colectadas.





Foto 9. Trabajo de laboratorio, en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Continental.



Foto 10. Ingreso al Bosque de Protección Pui-Pui, Área Natural Protegida donde fue descubierta la especie *P. rodolfo-vasquezii*.



Foto 11. Observación de características morfométricas en el microscopio.

ANEXO Nro. 5  
Gráficos de antecedentes



Figura 1. Los Andes Tropicales considerado como prioridad de conservación a nivel mundial o llamado “Hotspots”. Fuente: (4)



Figura 2. Flor y hoja de sandía diploide (A) y tetraploide (B). Fuente: (29).



## ANEXO Nro. 6

### Permiso de ingreso a Bosques de *Polylepis* sp.


#### ACTA DE ACUERDO

Siendo 07 de marzo del 2016, se reunieron en la sala de asambleas del Centro Poblado de Pomamanta los representantes del mismo y los representantes del equipo técnico-científico del proyecto "Estudio citogenético y molecular de la diversidad genética y estructura poblacional de bosques de *Polylepis* sp. con fines de conservación en la región Junín", con el objeto de llegar a un consenso con respecto al permiso de colecta de muestras en los bosques de *Polylepis*, llegando al siguiente Acuerdo:

Que los representantes del Centro Poblado de Pomamanta, previo informe por parte de los investigadores según el formato de preguntas del SERFOR, aprueban el ingreso de los investigadores del proyecto "Estudio citogenético y molecular de la diversidad genética y estructura poblacional de bosques de *Polylepis* sp. con fines de conservación en la región Junín", para realizar colecta de muestras biológicas de los bosques de *Polylepis* pertenecientes a esta jurisdicción; comprometiéndose los investigadores a minimizar los impactos negativos y brindar un informe el cual contenga datos sobre el estado de conservación y sugerencias acerca de actividades a realizar para mejorar su gestión de estos bosques; asimismo los representantes del Centro Poblado de Pomamanta se comprometen a brindar las facilidades necesarias a los investigadores.

Firman este acuerdo los representantes legales de ambas partes.

  
ENRIQUE A. RAMOS QUISPE  
Presidente del Centro Poblado

  
Fressia Nathalie Ames Martínez  
Miembro del Equipo Técnico del Proyecto

  
Harold Rusbelth Quispe Melgar  
Miembro del Equipo Técnico del Proyecto


Figura 3. Acta de acuerdo para el ingreso a los bosques de *P. rodolfo-vasquezzi* en Pomamanta - Comas - Concepción.


## ACTA DE ACUERDO

Siendo 7:30 pm del 31 de marzo de 2017 se reunieron en la sala de asamblea de la comunidad campesina de TOLDOPAMPA/PAMPA HERMOSA/SATIPO/JUNIN los representantes del mismo y los representantes del equipo técnico-científico del proyecto "Estudio científico y molecular de la diversidad genética y estructura poblacional de bosques de Polylepis. Con fines de conservación en la región de Junín" con el objeto de llegar a un consenso con respecto al permiso de colectar de muestras en los bosques de polylepis, llegando al siguiente acuerdo.

Que los representantes de la comunidad campesina de TOLDOPAMPA/PAMPA HERMOSA/SATIPO/JUNIN, previo informe por parte de los investigadores según el formato de preguntas del SERFOR, aprueban el ingreso de los investigadores del proyecto "Estudio científico y molecular de la diversidad genética y estructura poblacional de bosques de Polylepis. Con fines de conservación en la región de Junín" Para realizar colecta de muestra biológicas de las muestras de Polylepis pertenecientes a esta jurisdicción, comprometiéndose los investigadores a minimizar los impactos negativos y brindar un informe el cual contenga datos sobre el estado de conservación y sugerencia acerca de actividades a realizar para mejorar su gestión de estos bosques: asimismo los representantes de la comunidad campesina de TOLDOPAMPA/ PAMPA HERMOSA/SATIPO/JUNIN se comprometen a brindar las facilidades necesarias a los investigadores.

Firman este acuerdo los representantes legales de ambas partes.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente de la comunidad campesina  
AVELLANEDA SOLANO YOEL  
DNI: 41787990

  
\_\_\_\_\_  
Fressia Nathalie Ames Martinez  
Miembro del equipo técnico del proyecto

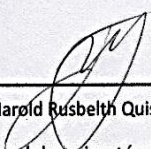
  
\_\_\_\_\_  
Harold Rusbelth Quispe Melgar  
Miembro del equipo técnico del proyecto

Figura 4. Acta de acuerdo para el ingreso a los bosques de *P. rodolfo-vasquezzi* en Toldopampa – Pampa Hermosa - Satipo.

ANEXO Nro. 7

Material biológico escaneado

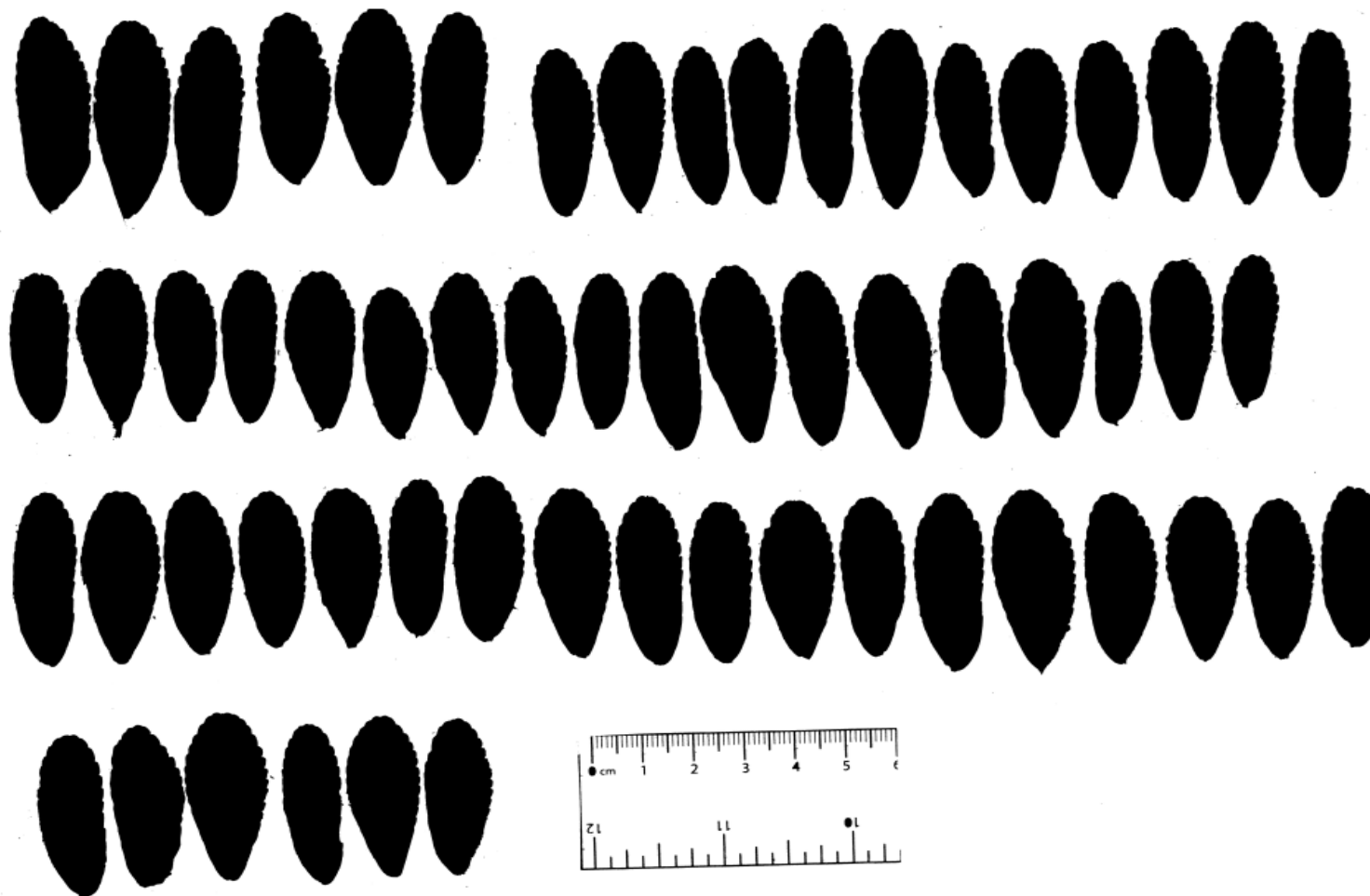


Figura 5. Hojas escaneadas para la obtención del área de hoja para *P. incana*.



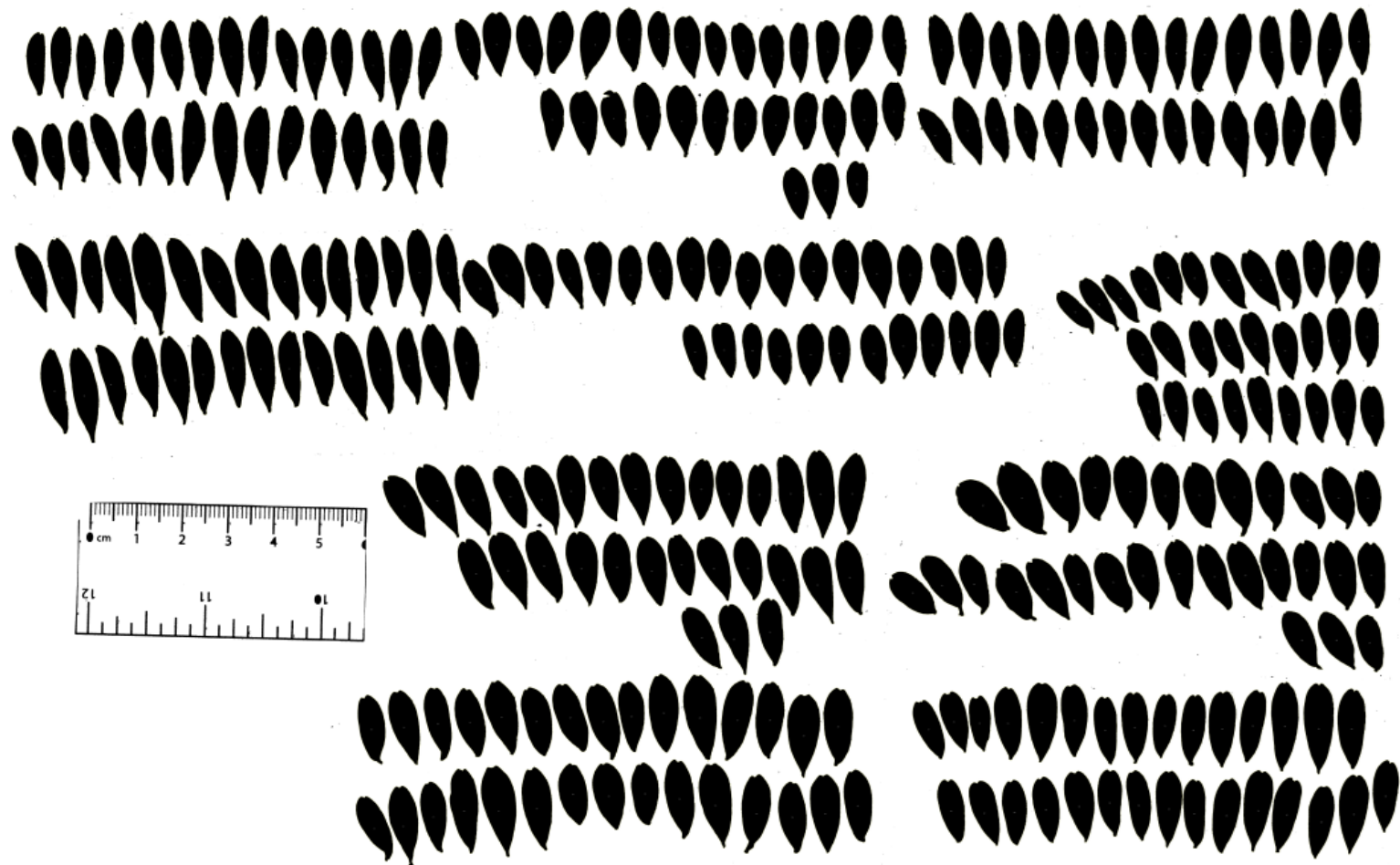


Figura 6. Hojas escaneadas para la obtención del área de hoja para *P. rodolfo-vasquezii*.