

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**“EVALUACIÓN DE LA REPRODUCCIÓN DE *Polylepis weberbaueri*  
Pilger Y *Polylepis albicans* Pilger EN LAS QUEBRADAS LLACA Y  
QUILLCAYHUANCA, ÁNCASH”**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL**

**ERICK MANUEL AGUILAR ESCARCENA**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

# Tesis Polylepis

Doy conformidad

## ORIGINALITY REPORT

12%

SIMILARITY INDEX

12%

INTERNET SOURCES

8%

PUBLICATIONS

7%

STUDENT PAPERS

Dr Eloy Cuellar

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Internet Source	1%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Internet Source	1%
3	<a href="http://cdn.www.gob.pe">cdn.www.gob.pe</a> Internet Source	1%
4	<a href="http://ojs.ecologiaaustral.com.ar">ojs.ecologiaaustral.com.ar</a> Internet Source	<1%
5	<a href="http://edworkforce.house.gov">edworkforce.house.gov</a> Internet Source	<1%
6	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Internet Source	<1%
7	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Student Paper	<1%
8	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Student Paper	<1%
9	<a href="http://repositorio.unasam.edu.pe">repositorio.unasam.edu.pe</a>	

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**“EVALUACIÓN DE LA REPRODUCCIÓN DE *Polylepis weberbaueri*  
Pilger Y *Polylepis albicans* Pilger EN LAS QUEBRADAS LLACA Y  
QUILLCAYHUANCA, ÁNCASH”**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL**

**ERICK MANUEL AGUILAR ESCARCENA**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

---

*Ing. María Isabel Manta Nolasco, Dra.*

*Presidenta*

---

*Ing. Rosa María Hermoza Espezúa, M. Sc.*

*Miembro*

---

*Ing. Sheena Yuliana Sangay Tucto, Dra.*

*Miembro*

---

*Ing. José Eloy Cuellar Bautista, Dr.*

*Asesor*

---

*Ing. Sandra Jackeline Arroyo Alfaro, M. Sc.*

*Co asesora*



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"



**ACTA DE SUSTENTACIÓN**  
**N°012/2024/FCF**

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar el Trabajo de Tesis, titulado "**Evaluación de la reproducción de *Polylepis weberbaueri* Pilger y *Polylepis albicans* Pilger en las quebradas Llaca y Quillcayhuanca, Áncash**", presentado por el **Bach. ERICK MANUEL AGUILAR ESCARCENA**

Oídas las observaciones y las respuestas formuladas, lo declaramos:

*Aprobada*  
.....  
*Sobresaliente*  
.....

con el calificativo de:

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** y recibir el Título de **INGENIERO FORESTAL**.

La Molina, 10 de mayo de 2024

*Maria Isabet Manta Nolasco*  
.....  
Ing. María Isabet Manta Nolasco, Dra.  
Presidenta

*Rosa María Hermoza Espezúa*  
.....  
Ing. Rosa María Hermoza Espezúa  
Miembro

*Sheena Yuliana Sangay Tucto*  
.....  
Ing. Sheena Yuliana Sangay Tucto, Dra.  
Miembro

*José Eloy Cuellar Bautista*  
.....  
Ing. José Eloy Cuellar Bautista, Dr.  
Asesor

*Sandra Jackeline Arroyo Alfaro*  
.....  
Ing. Sandra Jackeline Arroyo Alfaro, M. Sc  
Co asesora

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Carmen y Heric.*

*A mi tía Graciela.*

*A mi hermana Valeria.*

*A Zingo.*

*A todos los amigos, familiares y personas que de alguna u otra forma me apoyaron.*

## AGRADECIMIENTOS

*Expresar mis más sinceros agradecimientos a mi asesor Dr. Eloy Cuellar, Centro de Investigación en Silvicultura y Mejoramiento Forestal – CESILMEF, y co-asesora Mg. Sc. Sandra Arroyo, Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM, por su acompañamiento, paciencia y aportes a lo largo de la elaboración del documento.*

*A mi jurado de tesis, Dra. María Manta, Mg. Sc. Rosa María Hermoza y Dra. Sheena Sangay, por sus comentarios y correcciones a la investigación, los cuales ayudaron a mejorarla sustancialmente.*

*Agradecer al INAIGEM y a su presidenta ejecutiva Dra. Beatriz Fuentealba, en su momento directora de la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña – DIEM, por su confianza y soporte en todas las coordinaciones realizadas.*

*Al proyecto “Caracterización estructural y funcional del bosque de Polylepis, en un gradiente de intervención humano”, contrato N° 404-2019-FONDECYT convocatoria de Proyectos de Investigación Básica 19-01, financiado por CONCYTEC y Prociencia.*

*A mis compañeros del INAIGEM, Melissa Aranda, Robinson Cuadros, Fernando Calderón, Evelyn Hoyos, Giovanni López y todos los colaboradores de la institución, los cuales me ayudaron en salidas de campo, recolección y procesamiento de muestras y por su invaluable apoyo, sin ellos no hubiera sido posible este trabajo.*

*A Laura Morales y Alejandra Domic, por su tiempo y aportes a la planificación de la investigación, así como retroalimentación de los primeros resultados.*

*A Wilbert Cruz, investigador del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, por brindar mayor perspectiva a los resultados.*

*A Rolando Montenegro y Raúl Pacsi, por absolver dudas respecto a parte de la estadística aquí empleada.*

*A Diana Postigo, por ser una persona maravillosa que me ha apoyado todo este tiempo y con la que tengo la suerte de haber concurrido en esta vida.*

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1.	Bosques del Perú .....	3
2.1.1.	Bosques ante el cambio climático .....	4
2.1.2.	Bosques relictos altoandinos .....	5
2.2.	Parque Nacional Huascarán.....	5
2.2.1.	Formaciones vegetales.....	6
2.3.	Género <i>Polylepis</i> .....	7
2.3.1.	Descripción botánica .....	8
2.4.	Reproducción de plantas.....	13
2.4.1.	Fenología reproductiva .....	14
2.4.2.	Estructuras reproductivas .....	16
2.4.3.	Regeneración natural .....	16
III.	METODOLOGÍA.....	18
3.1.	Área de estudio .....	18
3.1.1.	Ubicación.....	18
3.1.2.	Quebrada Llaca.....	18
3.1.3.	Quebrada Quillcayhuanca.....	19
3.1.4.	Población .....	19
3.1.5.	Clima .....	21
3.1.6.	Suelos .....	23
3.2.	Materiales, equipos y programas .....	25
3.2.1.	Materiales .....	25

3.2.2.	Equipos .....	25
3.2.3.	Programas .....	26
3.3.	Métodos .....	26
3.3.1.	Selección de la muestra .....	26
3.3.2.	Registro y cuantificación de variables.....	28
3.3.3.	Análisis de datos.....	34
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
4.1.	Determinación de eventos de fenología reproductiva .....	37
4.1.1.	Distribución espacial en copa de la producción de estructuras reproductivas 37	
4.1.2.	Evaluación de la temporalidad en la producción de estructuras reproductivas 43	
4.1.3.	Modelos de producción máxima de flores y frutos .....	52
4.2.	Caracterización anatómica y morfológica de las estructuras reproductivas.....	57
4.3.	Efecto del cambio estacional sobre plántulas de regeneración natural .....	65
4.3.1.	Resultados de cuadrantes de plántulas .....	65
4.3.2.	Evaluación del cambio estacional en variables de plántulas .....	71
V.	CONCLUSIONES.....	79
VI.	RECOMENDACIONES .....	80
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	81
VIII.	ANEXOS.....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de cuantificación de variables para la investigación .....	34
Tabla 2: Estadísticos y <i>p-values</i> de pruebas para evaluación del uso de métodos paramétricos sobre la producción de estructuras reproductivas .....	39
Tabla 3: Estadísticos y <i>p-values</i> de pruebas estadísticas para comparaciones de la producción de estructuras reproductivas entre los puntos cardinales con restricción de individuos .....	40
Tabla 4: <i>P-values</i> de las comparaciones emparejadas entre puntos cardinales utilizando pruebas de Wilcoxon para muestras dependientes .....	40
Tabla 5: Índice y estadístico de sobredispersión de modelo de producción máxima de fenofase por especie.....	53
Tabla 6: MLG de producción de máxima de fenofase seleccionados por especie en base al AICc .....	54
Tabla 7: Estimación de coeficientes y estadísticos para el MLG de producción máxima de frutos de <i>Polylepis albicans</i> .....	54
Tabla 8: Medidas promedio ( $\pm$ desviación estándar) de alto y ancho de estructuras reproductivas de <i>Polylepis weberbaueri</i> y <i>Polylepis albicans</i> .....	61
Tabla 9: Distribución espacial de los cuadratines con regeneración natural en los puntos cardinales y por tipo de bosque y quebrada.....	65
Tabla 10: Descripción de los cuadratines instalados, número promedio de plántulas y valores promedio de alturas y número de hoja por época y por quebrada.....	67
Tabla 11: Estadísticos y <i>p-values</i> de pruebas para evaluación del uso de métodos paramétricos sobre variables de interés .....	71
Tabla 12: Estadísticos y <i>p-values</i> de pruebas de Wilcoxon para muestras pareadas sobre variables de interés a nivel <i>Polylepis</i> spp., <i>Polylepis weberbaueri</i> y <i>Polylepis albicans</i> para comparaciones entre épocas .....	74
Tabla 13: Estadísticos y <i>p-values</i> de pruebas de Mann Whitney sobre variables de interés durante el período de evaluación, época seca y época de lluvias para comparaciones entre especies .....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Emisiones nacionales de GEI por sectores económicos en el 2012.....	3
Figura 2: <i>Passiflora trifoliata</i> en árbol de <i>Polylepis albicans</i> , plantación Quillcayhuanca ..	7
Figura 3: <i>Polylepis weberbaueri</i> Pilg. ....	10
Figura 4: Distribución geográfica de las especies del complejo <i>Sericea</i> .....	11
Figura 5: <i>Polylepis sericea</i> Wedd. ( <i>Polylepis albicans</i> Pilg.).....	12
Figura 6: Inflorescencias de <i>Polylepis weberbaueri</i> (Superior - izquierda) y <i>Polylepis albicans</i> (Inferior - derecha), plantación Quillcayhuanca .....	13
Figura 7: Curva de reclutamiento (Curva C) en base al modelo Janzen-Connell .....	17
Figura 8: Mapa de ubicación de los bosques de <i>Polylepis</i> de las quebradas Llaca y Quillcayhuanca .....	20
Figura 9: Quebrada Llaca en Época Seca, julio 2021.....	22
Figura 10: Quebrada Llaca en Época de Lluvias, febrero 2022 .....	22
Figura 11: Climatograma quebrada Llaca (4 350 msnm, años 1998-2017).....	24
Figura 12: Climatograma quebrada Quillcayhuanca (3 850 msnm, años 1998-2017).....	24
Figura 13: Mapa de ubicación de los bosques de estudio en el ámbito del Parque Nacional Huascarán .....	27
Figura 14: Medición de la altura del árbol con clinómetro SUUNTO dependiendo de la posición del evaluador y la pendiente.....	29
Figura 15: Distribución de las ramas terminales a muestrear en base a los puntos cardinales .....	31
Figura 16: Recolección de ramas terminales en individuo de <i>Polylepis weberbaueri</i> , bosque Llaca 2 .....	32
Figura 17: Registro de plántulas de regeneración natural en cuadratines, bosque Llaca 1 .	33
Figura 18: Distribución de la producción de estructuras reproductivas de <i>Polylepis weberbaueri</i> (mayo 2021 – abril 2022) por punto cardinal.....	37
Figura 19: Distribución de la producción de estructuras reproductivas de <i>Polylepis albicans</i> (mayo 2021 – abril 2022) por punto cardinal .....	38
Figura 20: Dendrofenograma de <i>Polylepis weberbaueri</i> de mayo 2021 a abril 2022.....	43

Figura 21: Dendrofenograma de estadios fenológicos de flores de <i>Polylepis weberbaueri</i> de mayo 2021 a abril 2022 .....	44
Figura 22: Dendrofenograma de estadios fenológicos de frutos de <i>Polylepis weberbaueri</i> de mayo 2021 a abril 2022 .....	44
Figura 23: Dendrofenograma de <i>Polylepis albicans</i> de mayo 2021 a abril 2022.....	45
Figura 24: Dendrofenograma de estadios fenológicos de flores de <i>Polylepis albicans</i> de mayo 2021 a abril 2022 .....	46
Figura 25: Dendrofenograma de estadios fenológicos de frutos de <i>Polylepis albicans</i> de mayo 2021 a abril 2022 .....	46
Figura 26: Dendrofenograma de producciones promedio de botones florales de <i>Polylepis weberbaueri</i> y <i>Polylepis albicans</i> de mayo 2021 a abril 2022.....	50
Figura 27: Dendrofenograma de producciones promedio de flores de <i>Polylepis weberbaueri</i> y <i>Polylepis albicans</i> de mayo 2021 a abril 2022 .....	50
Figura 28: Dendrofenograma de producciones promedio de frutos de <i>Polylepis weberbaueri</i> y <i>Polylepis albicans</i> de mayo 2021 a abril 2022 .....	51
Figura 29: Gráfico del MLG de producción máxima de frutos de <i>Polylepis albicans</i> .....	56
Figura 30: Estructuras reproductivas de las fenofases de <i>Polylepis weberbaueri</i> .....	59
Figura 31: Estructuras reproductivas de las fenofases de <i>Polylepis albicans</i> .....	60
Figura 32: Tricomas presentes en nervadura principal del haz de foliolos de <i>Polylepis weberbaueri</i> .....	63
Figura 33: Artropofauna hallada en <i>Polylepis weberbaueri</i> (Izquierda: Geometridae; derecha: Aphidae).....	64
Figura 34: Bosque Llaca 1 con presencia de sustrato mayormente rocoso, terreno escabroso y pendientes pronunciadas.....	66
Figura 35: Gráficos de densidades y <i>boxplots</i> del Promedio de Alturas (cm) de <i>Polylepis weberbaueri</i> y <i>Polylepis albicans</i> por época de lluvias y época seca .....	72
Figura 36: Gráficos de densidades y <i>boxplots</i> del Promedio de N° Hojas de <i>Polylepis weberbaueri</i> y <i>Polylepis albicans</i> por época de lluvias y época seca .....	72
Figura 37: Gráficos de densidades y <i>boxplots</i> del Promedio de Alturas (cm) de la época seca y época de lluvias por <i>Polylepis albicans</i> y <i>Polylepis weberbaueri</i> .....	75
Figura 38: Gráficos de densidades y <i>boxplots</i> del Promedio de N° Hojas de la época seca y época de lluvias por <i>Polylepis albicans</i> y <i>Polylepis weberbaueri</i> .....	75

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Resultados de Análisis de Suelos de Parcelas Permanentes en bosques de <i>Polylepis</i> de las quebradas Llaca y Quillcayhuanca.....	91
Anexo 2: Colecta de ramas terminales con fenología reproductiva en árboles de <i>Polylepis weberbaueri</i> , bosque Llaca 2, quebrada Llaca .....	92
Anexo 3: Procesamiento en gabinete de muestras de fenología reproductivas colectadas en campo y uso del microscopio estereoscopio para el conteo de estructuras reproductivas ..	94
Anexo 4: Formato auxiliar para el registro de fenología reproductiva de bosques de <i>Polylepis</i> .....	95
Anexo 5: Registros de producción de estructuras reproductivas de <i>Polylepis weberbaueri</i> de mayo 2021 a abril 2022 .....	96
Anexo 6: Registros de producción de estructuras reproductivas de <i>Polylepis albicans</i> de mayo 2021 a abril 2022 .....	102
Anexo 7: Variables alométricas de los individuos de <i>Polylepis weberbaueri</i> y <i>Polylepis albicans</i> evaluados de las quebradas Llaca y Quillcayhuanca, respectivamente .....	108
Anexo 8: Gráfico de correlación de las covariables de <i>Polylepis weberbaueri</i> (izquierda; n = 20) y <i>Polylepis albicans</i> (derecha; n = 16).....	109
Anexo 9: Gráficos de dispersión de Producción de Flores y covariables (arriba) y gráficos de Producción de Frutos y covariables (abajo) - <i>Polylepis weberbaueri</i> .....	110
Anexo 10: Gráficos de dispersión de Producción de Flores y covariables (arriba) y gráficos de Producción de Frutos y covariables (abajo) - <i>Polylepis albicans</i> .....	111
Anexo 11: Mediciones de estructuras reproductivas de <i>Polylepis weberbaueri</i> por estadio fenológico .....	112
Anexo 12: Mediciones de estructuras reproductivas de <i>Polylepis albicans</i> por estadio fenológico .....	113
Anexo 13: Instalación de cuadratín y marcado permanente de plántulas de regeneración natural en bosque de <i>Polylepis weberbaueri</i> , bosque Llaca 1, quebrada Llaca .....	114
Anexo 14: Distribución espacial de los cuadratines con regeneración natural en los puntos cardinales por bosque y por quebrada .....	115

Anexo 15: Descripción de los cuadratines registrados, número promedio de plántulas y valores promedio de las variables estudiadas por bosque y por quebrada .....	115
Anexo 16: Variables de altura promedio y número de hojas promedio de los cuadratines de plántulas para la época seca y época de lluvias en las quebradas Llaca y Quillcayhuanca .....	116
Anexo 17: Gráfico de densidades y cajas ( <i>boxplots</i> ) por época seca y de lluvias (Arriba: Promedio de Alturas (cm); abajo: Promedio de N° Hojas) .....	117
Anexo 18: Gráficos de Q-Q normalidad e histogramas de las variables de interés (Arriba: Promedio de Alturas (cm); abajo: Promedio de N° Hojas) .....	118

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito estudiar la reproducción de *Polylepis weberbaueri* Pilger y *Polylepis albicans* Pilger, especies simpátricas y dominantes en bosques relictos de la Cordillera Blanca – Áncash, para así incrementar el conocimiento sobre la ecología reproductiva de especies nativas altoandinas. El área de estudio comprendió dos bosques naturales de *P. weberbaueri* en la quebrada Llaca y una plantación (38 años) de *P. albicans* en la quebrada Quillcayhuanca, Parque Nacional Huascarán. Se realizaron colectas mensuales de ramas terminales en 20 (*P. weberbaueri*) y 16 individuos (*P. albicans*) durante un año para determinar eventos de fenología reproductiva, además de registrar variables alométricas posiblemente relacionadas. Se caracterizó la anatomía y morfología de las estructuras reproductivas de cada especie. Asimismo, se evaluó el efecto del cambio estacional sobre la regeneración natural, realizándose el levantamiento de cuadratines de plántulas y recogiendo su información en la época seca y de lluvias. La evaluación de fenología reproductiva indicó que solo para *P. weberbaueri* hubo diferencias significativas en la distribución entre puntos cardinales para producción total de inflorescencias, flores y frutos; la temporalidad de la producción de estructuras en ambas especies resultó ligada a la época de lluvias, guardando relativo parecido entre estas; solo se encontró significancia al relacionar la producción máxima de frutos de *P. albicans* con el área basal total y área de copa. Las estructuras reproductivas caracterizadas resultaron ser similares entre las especies, siendo las diferencias más contrastantes el tamaño y tricomas de cada una. La presencia de plántulas guardó consistencia con estudios previos de las especies, mientras que la comparación estacional de variables entre época seca y de lluvias se vio reflejada en las diferencias significativas halladas. Los resultados aquí presentes significan un punto de partida para profundizar el estudio reproductivo en especies como *P. weberbaueri* y *P. albicans*.

**Palabras clave:** bosques altoandinos, queñuales, fenología reproductiva, estacionalidad.

## ABSTRACT

The current investigation had as purpose the study of *Polylepis weberbaueri* Pilger and *Polylepis albicans* Pilger reproduction, sympatric and dominant species in the Cordillera Blanca relict forests – Ancash, in order to increase the knowledge over high Andean native species' reproductive ecology. Study areas covered two natural forests of *P. weberbaueri* in Llaca creek and a forest plantation (38 years old) of *P. albicans* in Quillcayhuanca creek, Cordillera Blanca, Huascarán National Park. Monthly terminal branches collections were made on 20 (*P. weberbaueri*) and 16 individuals (*P. albicans*) through a year to determine reproductive phenology events, as well as possible related allometric variables. The anatomy and morphology of reproductive structures were characterized for each species. Additionally, the effect due seasonal change upon natural regeneration was assessed, conducting a survey of seedlings quadrats and registration of its dry and wet season information. The reproductive phenology assessment indicated that only in *P. weberbaueri* there were significant differences among the cardinal points in its distribution for inflorescences, flowers, and fruits total production; temporality of structures' production was linked with the wet season for both species, keeping relative likeliness between them; it was found significancy only for the *P. albicans* fruit maximum production with total basal area and tree canopy area. Characterized reproductive structures resulted similar between species, being the most contrasting disparities the size and trichomes of each. Seedling presence kept consistency with previous studies of the species, while dry and wet season comparison of variables was shown in found significant differences. The results presented here signify a starting point for further reproductive studies on species such as *P. weberbaueri* and *P. albicans*.

**Keywords:** high Andean forests, queñuales, reproductive phenology, seasonality.

## I. INTRODUCCIÓN

Los bosques de *Polylepis*, también llamados “queñuales”, son una de las coberturas vegetales más emblemáticas de los Andes tropicales y subtropicales, y de la flora nativa peruana. Estos bosques representan centros de endemismo, alta diversidad biológica, gran valor ecosistémico y provisión de servicios ambientales (Mendoza & Cano, 2011; Morales, Fuentealba, *et al.*, 2018). Son característicos por su distribución en parches usualmente no tan extensos desde 0,5 ha y desarrollo en ambientes de laderas rocosas o quebradas (Mendoza & Cano, 2012; MINAM, 2019). Al mismo tiempo, los bosques de queñual se ven altamente amenazados por actividades antrópicas como la tala para obtención de leña, la conversión de bosques a pastos mediante quemadas no controladas, y el pastoreo con densidades de ganado mayores a la capacidad de carga (Kessler, 2006; Toivonen *et al.*, 2017), sumándose también los efectos poco estudiados del cambio climático sobre estos (Cuyckens *et al.*, 2016; Urrutia & Vuille, 2009).

En respuesta a la situación que afrontan los bosques de queñual se han tenido múltiples iniciativas de forestación y reforestación con diferentes especies, de las cuales la difusión de algunas determinadas se ha visto beneficiada por su fácil propagación vegetativa en contraposición a las bajas tasas de germinación de semillas del género *Polylepis* (Fuentealba & Sevillano, 2016; Morales, Fuentealba, *et al.*, 2018). No obstante, el uso de especies de *Polylepis* no nativas a las localidades de plantación conlleva a efectos negativos, provenientes de rasgos propios del género como poliploidía e hibridación (Kessler & Schmidt-Lebuhn, 2006; Segovia-Salcedo *et al.*, 2018). Es así como la no consideración del uso de individuos o árboles semilleros locales podría traer problemas como reducción de diversidad genética, aumento de endogamia, y mayor susceptibilidad ante plagas, enfermedades o eventos climáticos adversos (Thomas *et al.*, 2014, citados por Morales, Fuentealba, *et al.*, 2018).

Al mismo tiempo, llenar vacíos de información básica sobre la ecología y biología reproductiva de especies nativas y poco estudiadas podría servir para asegurar el éxito de campañas de reforestación o recuperación de bosques degradados, siendo necesarios los conocimientos de patrones reproductivos, épocas de floración y fructificación, comportamiento germinativo y establecimiento de plántulas (Domic *et al.*, 2013; Vega *et al.*, 2018). Por ello, resulta justificada la necesidad de aportar al estudio de diversas especies nativas de *Polylepis*, principalmente relacionados a la fenología reproductiva para la toma de decisiones y conducción eficiente de programas de conservación, reforestación y/o manejo (Cuyckens & Renison, 2018).

En este sentido, la presente investigación tuvo como objetivo general estudiar la reproducción de *Polylepis weberbaueri* Pilger y *Polylepis albicans* Pilger en dos bosques naturales de la quebrada Llaca y en una plantación de 38 años en la quebrada Quillcayhuanca, respectivamente. Ambas especies son nativas del departamento de Áncash y simpátricas en el paisaje. Para llevar a cabo el objetivo general se trabajó en base a los siguientes objetivos específicos: Determinar los eventos de fenología reproductiva de las especies durante el período de mayo 2021 a abril 2022; caracterizar la anatomía y morfología de las estructuras reproductivas de las especies; y contrastar el efecto del cambio estacional en plántulas entre la época seca 2021 y la época de lluvias 2022.

La investigación y sus productos forman parte integral del proyecto “Caracterización estructural y funcional del bosque de *Polylepis*, en un gradiente de intervención humano”, número de contrato 404-2019, suscrito entre el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) y el Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT) en el marco de la convocatoria de Proyectos de Investigación Básica 19-01.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Bosques del Perú

El Perú es uno de los países con mayor cobertura boscosa a nivel regional y mundial, siendo el segundo en superficie de bosques amazónicos, cuarto en bosques tropicales y noveno en extensión de bosques a nivel global (SERFOR & INEI, 2021). Sin embargo, detrimentos a la cobertura forestal, como la deforestación, reportaron niveles alarmantes para el período de 2001-2014, mostrando una pérdida anual promedio de 118 000 hectáreas, indicando un incremento acelerado y una tendencia creciente para los siguientes años. Este escenario muestra la presión constante al que son objeto los bosques peruanos por diferentes actividades, expresado también mayoritariamente en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) del sector uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura – USCUS (MINAM, 2016b, 2016a).

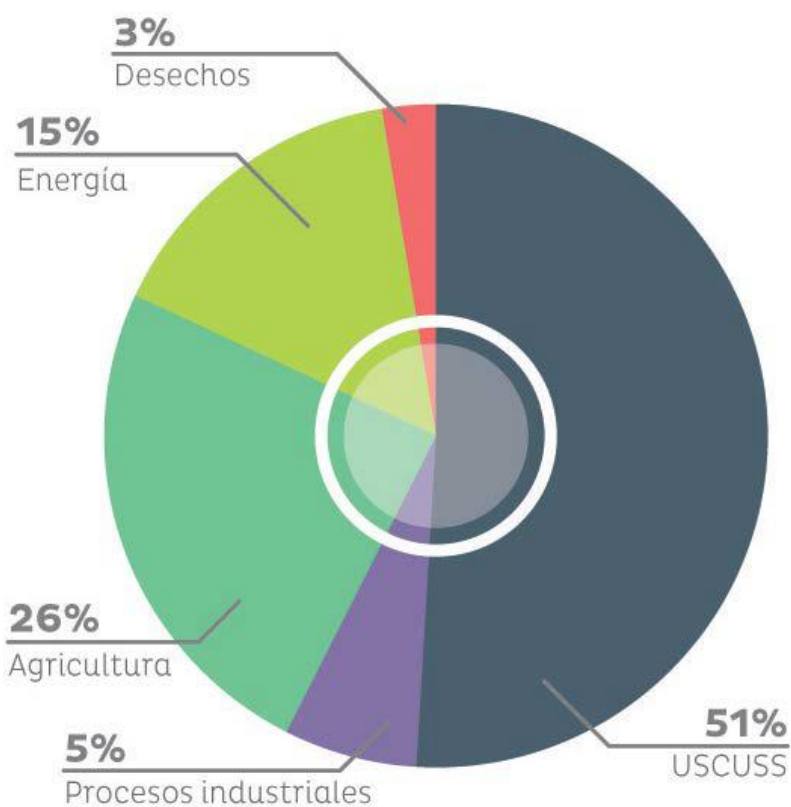


Figura 1: Emisiones nacionales de GEI por sectores económicos en el 2012. Fuente: MINAM, 2016a

Por otro lado, MINAM (2015) clasifica los bosques del territorio nacional en base a una serie de criterios geográficos, climáticos y fisiográficos, los cuales dan lugar a poder caracterizar principales formaciones como bosques húmedos tropicales, bosques montanos, bosques andinos, bosques secos de la costa, entre otros.

### **2.1.1. Bosques ante el cambio climático**

Locatelli *et al.* (2009) abordaron el tema de los ecosistemas forestales tropicales en un contexto de cambio climático. Los autores desarrollaron el concepto de la vulnerabilidad de los bosques ante cambios de parámetros climáticos (e.g. temperatura, precipitación, y eventos extremos) en función de su exposición y sensibilidad, al mismo tiempo que resaltaron una consecuente necesidad de adaptación de los bosques a través de su reducción. Seguidamente, diferenciaron dos tipos de medidas de adaptación basadas en las capacidades de resistencia y flexibilidad de estos ecosistemas, las cuales se diferencian en: Actividades que resguardan a los sistemas de las perturbaciones; y actividades que facilitan cambios y evolución de los sistemas a nuevos estadios.

Por otra parte, Llerena *et al.* (2017) realizaron un recuento de experiencias en Perú a lo largo de tres tipos de bosques (bosque seco de la costa norte, plantación forestal de la sierra y bosque húmedo tropical de la selva, departamentos de Piura, Cajamarca y Ucayali, respectivamente), detallando estudios realizados y percepciones de las comunidades locales sobre aspectos como variaciones de la amplitud térmica y duración de la época seca. A pesar de lo mencionado, los autores no llegaron a abarcar en sus análisis a bosques altoandinos, los cuales también son incluidos en la categoría de bosques tropicales y son especialmente sensibles a factores meteorológicos y, por ende, al cambio climático.

Aproximaciones derivadas de estudios regionales sobre proyecciones de escenarios de emisión de gases de efecto invernadero, con ámbito en los Andes tropicales, indicaron que para finales del siglo XXI habría un incremento en la temperatura media anual y variaciones significativas en los patrones de precipitación (Urrutia & Vuille, 2009). No obstante, los estudios que involucran al cambio climático y sus efectos en los Andes y sus bosques siguen siendo relativamente escasos (Cuyckens *et al.*, 2016). En este sentido, Pinos (2020) llevó a cabo una revisión sistemática de investigaciones sobre bosques de *Polylepis*, taxón dominante en bosques andinos, la cual propone los retos para lograr medidas efectivas de

conservación del género y sugiere enfoques en los cuales se debe hacer hincapié desde una perspectiva institucional y de educación ambiental ante el cambio climático.

### **2.1.2. Bosques relictos altoandinos**

Los relictos altoandinos son ecosistemas forestales compuestos por relictos de bosque en donde las asociaciones de *Polylepis* spp. “queñuales” son dominantes. Las áreas de estos son comúnmente de más de 0,5 hectáreas de extensión con una distribución en parches, y árboles de 2 a 10 m de altura para zonas secas suroccidentales y zonas húmedas, respectivamente. Se posicionan sobre terrenos montañosos de pendientes empinadas hasta escarpadas, laderas rocosas o quebradas. Por otro lado, la superficie total aproximada que ocupan en el territorio nacional es de 0,12% (156 973,41 ha) y están presentes en los departamentos de Cajamarca, La Libertad, Áncash, Lima, Junín, Pasco, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Cusco, Arequipa, Moquegua, Puno y Tacna (MINAM, 2015, 2019).

Estos bosques están compuestos por especies de gran importancia para fines de conservación y protección, principalmente las del género *Polylepis*, *Buddleja*, *Gynoxys* (INAIGEM, 2016), como también las especies *Escallonia resinosa* “chachacomo” y *Escallonia mirtilloides* “tasta” con las que *Polylepis* forma asociaciones vegetales (MINAM, 2015). Asimismo, la gran distribución latitudinal y altitudinal del queñual a lo largo de la Cordillera de los Andes, su riqueza, dominancia en los bosques altoandinos, y estrategias demográficas como formación de parches monoespecíficos, permiten muchas veces describir a estos ecosistemas simplemente como “bosques de *Polylepis*” o “queñuales” (Cuyckens & Renison, 2018; Domic *et al.*, 2013).

## **2.2. Parque Nacional Huascarán**

El Parque Nacional Huascarán (PNH) fue creado en 1975 mediante el Decreto Supremo N° 0622-75-AG, con principal componente a la Cordillera Blanca. Tiene una extensión territorial de 340 000 hectáreas, representando el 10% del total de la región Áncash. La creación del PNH fue motivada por los siguientes objetivos de conservación: La Cordillera Blanca es la cordillera tropical más extensa del mundo y posee gran riqueza de flora y fauna, formaciones geológicas, nevados y bellezas escénicas; los variados ecosistemas que presenta constituyen patrimonio natural, científico y cultural de la Nación; se encuentran

monumentos arqueológicos que dan testimonio del pasado histórico del Perú; y el establecimiento de un parque nacional permite desarrollar actividades de turismo que refluyen en beneficios socio-económicos del poblador local (PNH, 2011).

### **2.2.1. Formaciones vegetales**

El PNH presenta diversas formaciones vegetales características de zonas altoandinas, tales como montes ribereños, bosques de *Polylepis sericea*, bosques de altitudes mayores a 4 000 msnm, comunidades litofíticas, matorrales, pastizales, comunidades acuáticas y semiacuáticas y bofedales. En el caso de las formaciones de bosques nativos, pueden presentarse desde bosques secos abiertos hasta densos y con una extensión del 11 558 ha aproximadamente (3,4% del PNH). Los bosques áridos y abiertos comúnmente se distinguen en montañas al norte y en la cara occidental de la Cordillera Blanca. Asimismo, las formaciones densas de *P. sericea* tienden a presentarse por encima de los 3 800 msnm y en ambas caras de la cordillera. Algunas especies de enredaderas que se desarrollan en estos tipos de bosques son *Clematis* sp. y *Passiflora trifoliata*, mientras que la especie arbórea *Buddleja incana* también se presenta con una frecuencia alternada en bosques de *P. sericea* mayores a los 4 200 msnm (PNH, 2011).

Por otro lado, en bosques de altitudes mayores a 4 000 msnm se pueden apreciar como especies arbóreas predominantes a *Polylepis weberbaueri* y *Gynoxys oleifolia*, en bosques puros o mixtos dependiendo de la ubicación en la ladera (bosques de *G. oleifolia* en la cara norte de las laderas; bosques de *P. weberbaueri* en la cara sur de las laderas; bosques mixtos en zonas de hábitat intermedio). Algunas especies de enredaderas en los bosques son *Salpichroa glandulosa* y *Solanum oxycoccoides*, siendo poco común *Passiflora trifoliata* (PNH, 2011). Weberbauer (1945), citado por PNH (2011), menciona que *Buddleja incana* se encuentra esporádicamente por encima de los 4 000 msnm sola o asociada a los bosques de *Polylepis-Gynoxys*.



**Figura 2: *Passiflora trifoliata* en árbol de *Polylepis albicans*, plantación Quillcayhuanca**

Los principales servicios ecosistémicos que son provistos por la presencia de las formaciones vegetales de bosques altoandinos en el PNH son los de regulación. En este caso en particular, la regulación hídrica y la conservación de suelos se ve reflejada en la infiltración y retención de agua en los suelos, así como en la protección de precipitaciones pluviales y otros procesos erosivos del suelo (PNH, 2017).

### **2.3. Género *Polylepis***

*Polylepis*, perteneciente a la familia Rosaceae, es uno de los géneros más ampliamente distribuidos en América Latina siguiendo la orografía de la Cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta el altiplano de Bolivia y norte de Argentina y Chile (Kessler, 2006; Mendoza & Cano, 2011). Asimismo, Ames *et al.* (2019) mencionan que la ocurrencia de especies del género para Perú es 22 de 35 taxones, siendo 7 de estas endémicas. Por otro lado, MINAM (2022) menciona que se registran 21 especies de *Polylepis* en Perú.

Kerr (2004), citada en Kessler (2006), llegó a la conclusión que el origen del género *Polylepis* se debería a poliploidía del género herbáceo y arbustivo *Acaena*. Consecuentemente, la misma autora, citada por Cuyckens & Renison (2018), sugirió la hipótesis que *Polylepis* se originó de un proceso de hibridación alopoloide entre *A. elongata*

y *A. cylindristachya*. Por otra parte, Segovia-Salcedo *et al.* (2018) enfatizaron en la complicada taxonomía del género, esto debido a la fácil plasticidad fenotípica del taxón, los procesos de hibridación, la poliploidía y falta de diferenciación genética, haciendo dificultosas las revisiones taxonómicas y presentando incertidumbres en la especificidad dentro de *Polylepis*.

### 2.3.1. Descripción botánica

Mendoza & Cano (2012) proveyeron una descripción botánica de los caracteres vegetativos de *Polylepis*, siendo: Hábito mayoritariamente arbustivo o arbóreo, llegando a alcanzar tamaños variables que van desde 1 a 15 m de altura, algunas especies como *P. pauta* pueden llegar a los 25 m. El fuste es de crecimiento torcido y tortuoso, pudiendo ser único o de varios tallos. La copa es generalmente difusa e irregular, asociada con la características ventosas, frías o áridas de sus hábitats. Corteza exterior con muchas láminas de ritidoma. Las hojas son compuestas, alternas e imparipinnadas, con número variable de folíolos dependiendo de la especie. Se indica que un número mayor de folíolos es característico de ambientes más húmedos, mientras que una menor cantidad (1 a 3 pares aproximadamente) sería de ambientes más áridos. Adicionalmente, los mismos autores mencionan que el número de folíolos es un carácter taxonómico útil, junto con el tipo de pubescencia, para la identificación de las especies.

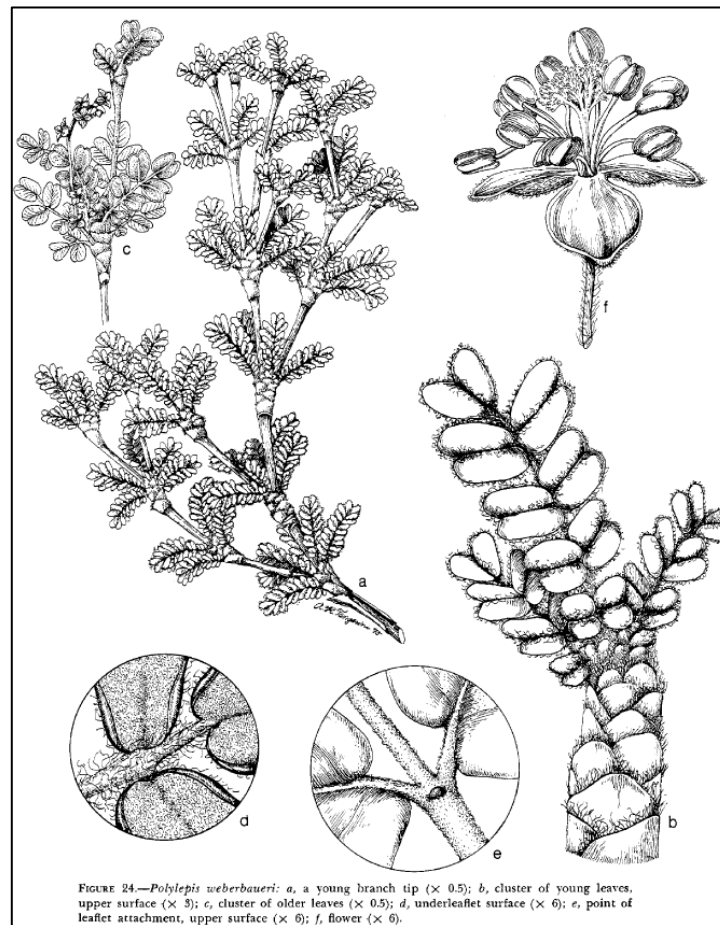
Se muestra a continuación la ubicación taxonómica del género *Polylepis* (Rosaceae, tribu Sanguisorbeae), extraído de Tropicos.org. Missouri Botanical Garden (2021), basada en la clasificación APG III del Angyosperm Phylogeny Group:

**Clase:** Equisetopsida C. Agardh  
**Subclase:** Magnoliidae Novák ex Takht.  
**Superorden:** Rosanae Takht.  
**Orden:** Rosales Bercht. & J. Presl  
**Familia:** Rosaceae Juss.  
**Género:** *Polylepis* Ruiz & Pav

**a. *Polylepis weberbaueri* Pilger**

Mendoza & Cano (2012) describieron a *P. weberbaueri* como un árbol de 6 - 8 m de alto. Hojas agrupadas al extremo de las ramas; pecíolo panoso o densamente lanoso de 0,2 - 0,6 cm de largo; raquis con entrenudos panosos o densamente lanosos. Foliolos de 2 a 4 pares por hoja, ligeramente ovados, obovados u oblongos, de 0,7 - 1,5 cm de largo y 0,5 - 1,5 cm de ancho, base desigualmente cordada, ápice emarginado, margen entero revoluto; envés densamente panoso y haz ligeramente piloso, principalmente en la depresión de la venación principal. Segovia-Salcedo *et al.* (2018) acotaron que la especie presenta tricomas panosos en el envés de los foliolos y en sus vainas estipulares. Lao *et al.* (1990) indicaron que las flores son perfectas de 4 - 6 mm de diámetro.

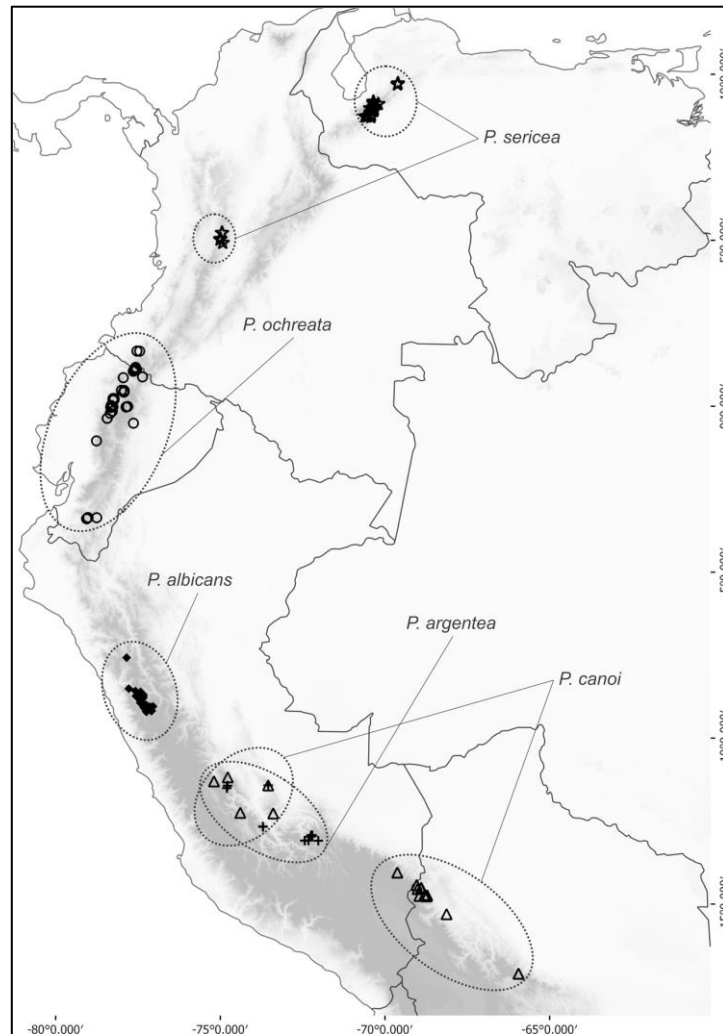
Lao *et al.* (1990) reportaron que *P. weberbaueri* es encontrada geográficamente en los departamentos de Áncash, Cajamarca, Junín y Piura. No obstante, trabajos más recientes como el de Mendoza & Cano (2011) limitaron el rango de distribución de la especie para los departamentos de Áncash, Cajamarca, Lambayeque y Lima, siendo así su presencia más restringida para la parte norte y central del país.



**Figura 3: *Polylepis weberbaueri* Pilg. Fuente: Simpson, 1979**

**b. *Polylepis albicans* Pilger**

Boza *et al.* (2019) realizaron una revisión taxonómica del complejo Sericea del género *Polylepis*, precisando las diferencias morfológicas y nichos climáticos en las distribuciones geográficas de las especies analizadas (*P. albicans*, *P. argentea*, *P. canoi*, *P. ochreatea* y *P. sericea*). Los resultados indican que las poblaciones que se creían en un primer momento de *P. sericea* en las inmediaciones de la Cordillera Blanca, PNH, cordillera occidental del departamento de Áncash, serían en realidad poblaciones del taxón *P. albicans*, no existiendo la especie entendida como *P. sericea* en Perú. Por lo mencionado, de ahora en adelante se hizo referencia indistintamente a las menciones y citas bibliográficas de *P. sericea* ubicadas en la zona geográfica que abarcó el estudio (i.e. Cordillera Blanca en Áncash y Andes adyacentes de La Libertad) como poblaciones de *P. albicans*, haciéndose las acotaciones pertinentes sea el caso.



**Figura 4: Distribución geográfica de las especies del complejo Sericea. Fuente: Boza *et al.*, 2019**

Respecto a la morfología vegetal, Mendoza & Cano (2012) describieron a las poblaciones distribuidas en Perú de *Polylepis sericea* (*P. albicans*), como un árbol de 5 - 15 m de alto. Hojas agrupadas en el extremo de las ramas; pecíolo de 0,4 - 1,5 cm de largo; raquis con entrenudos seríceos a glabrescentes. Foliolos de 2 a 7 pares por hoja, de forma lanceolada o ligeramente oblonga de 1,4 - 3,8 cm de largo y 0,4 - 1,4 cm de ancho, base desigualmente cordada, ápice agudo u obtuso, margen entero o poco aserrado; envés con escasa o densa capa de tricomas seríceos grisáceos o blancos y haz glabro o ligeramente seríceo, principalmente en la venación principal. Por otra parte, Boza *et al.* (2019) describieron que las diferencias más contrastantes entre *P. albicans*, *P. sericea* y *P. argentea*, especies muy similares morfológicamente, son la presencia de una vellosidad seríceo escasa o densa en el haz y el raquis de *P. albicans*, mientras que en *P. sericea* estas estructuras serían glabras; y el margen crenulado de sus foliolos, en donde *P. argentea* presenta margen entero, así como

un número mayor de flores por inflorescencia que *P. argentea*. Lao *et al.* (1990) indicaron que las flores de la especie son perfectas y de 5 - 10 mm de diámetro.

Asimismo, Segovia-Salcedo *et al.* (2018) señalaron que *P. sericea* es una de las especies más ampliamente distribuidas en los Andes y de morfología muy variable, caracterizándose por tricomas tomentosos y un anillo de glándulas multicelulares en el punto de unión de los foliolos. No obstante, el estudio anterior estuvo fundamentado en información previa al trabajo de Boza *et al.* (2019), por lo que la reincorporación de *P. albicans* como especie describe mejor la distribución de *P. sericea* y el complejo Sericea.

Boza *et al.* (2019) señalaron que la distribución geográfica de *P. albicans* estaría restringida para los departamentos de Áncash y La Libertad, a diferencia de estudios que indicaban una distribución más extensa (Áncash, Cusco, Junín y La Libertad) al clasificar a diferentes poblaciones del complejo Sericea como *P. sericea* (Mendoza & Cano, 2011, 2012).

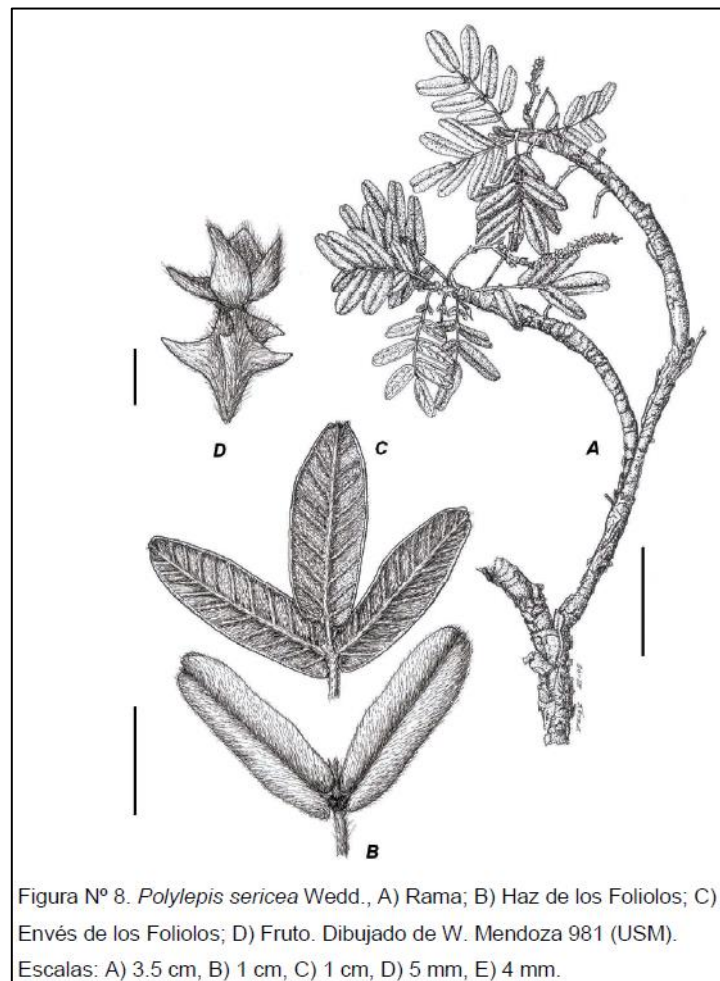


Figura N° 8. *Polylepis sericea* Wedd., A) Rama; B) Haz de los Foliolos; C) Envés de los Foliolos; D) Fruto. Dibujado de W. Mendoza 981 (USM). Escalas: A) 3.5 cm, B) 1 cm, C) 1 cm, D) 5 mm, E) 4 mm.

**Figura 5: *Polylepis sericea* Wedd. (*Polylepis albicans* Pilg.). Fuente: Mendoza & Cano, 2012**



Figura 6: Inflorescencias de *Polylepis weberbaueri* (Superior - izquierda) y *Polylepis albicans* (Inferior - derecha), plantación Quillcayhuanca

#### 2.4. Reproducción de plantas

Font Quer (2001) en su obra “Diccionario de botánica” define a la reproducción como la acción y efecto de reproducir o reproducirse; al mismo tiempo se indica al verbo reproducir como el volver a producir o engendrar, a partir de un individuo que alcanzó la madurez genitiva, un nuevo organismo. Asimismo, Font Quer (2001) establece la definición de propagación como la acción de propagar, también definiéndose como la acción de multiplicar o multiplicarse la planta, misma definición que el término multiplicación. Por otro lado, Hartmann *et al.* (2014) mencionan a la propagación como la multiplicación y preservación de cualidades únicas de la planta. De esta manera, se entiende a la reproducción sexual como la reproducción propiamente dicha; en cambio, la propagación, multiplicación o reproducción asexual son conceptos botánicos equivalentes, lo cuales guardan el mismo

significado de multiplicar o multiplicarse la planta sin la participación de los sexos (Font Quer, 2001).

Por otra parte, cabe mencionar normativa nacional como el Reglamento para la Gestión Forestal de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre, aprobado mediante Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, que en su desarrollo (numeral 5.46) menciona a la propagación sexual y asexual como medio que da lugar al proceso de regeneración natural de especies forestales, siendo estas sin intervención humana. En este sentido, la normativa difiere de lo mencionado por Font Quer (2001) en donde el concepto de propagación es sinónimo de la reproducción asexual y la multiplicación.

#### **2.4.1. Fenología reproductiva**

La fenología es el estudio de los patrones de anualidad o periodicidad en la formación y desarrollo de estructuras u órganos vegetales y reproductivos de las especies (e.g. hojas, flores y frutos). Los estudios fenológicos ocupan una ubicación central en la planificación de actividades de cosecha de frutos y/o semillas en estado apropiado de madurez (Reynel *et al.*, 2016).

Williams-Linera & Meave (2002), en su capítulo denominado “Patrones fenológicos”, hacen una recopilación bibliográfica cuantiosa, la cual, además de presentar información variada sobre la fenología de diferentes tipos de bosques húmedos tropicales, proveen definiciones, registros históricos de estudios fenológicos, y conceptos para el entendimiento de la fenología. Así mismo, los autores distinguen entre eventos fenológicos, o fenofases, vegetativas y reproductivas; siendo las primeras las relacionadas con la conformación de los órganos vegetativos de las plantas (formación de hojas y su caída), mientras que las segundas tratan los patrones de floración y fructificación.

Por otra parte, el tema de los mecanismos responsables de gatillar las fenofases en las especies de plantas también ha sido objeto de estudio a lo largo de los registros fenológicos. Estos mecanismos o señales vienen a denominarse causas próximas y causas últimas, para hacer referencia a sucesos exógenos explícitos (e.g. eventos meteorológicos o el fotoperiodo) y razones endógenas evolutivas (e.g. estrategias específicas y filogenia), respectivamente (Williams-Linera & Meave, 2002). En este sentido, se menciona la no obligatoriedad en las

respuestas fenológicas ante señales ambientales exógenas, ya que estos procesos son mediados por la misma fisiología de la planta (Borchert, 1983, citado por Williams-Linera & Meave, 2002).

**a. Modelos para el estudio de la fenología reproductiva**

Lindsey (1995), citado por Vives (2002), indica que el objetivo fundamental del modelado estadístico es derivar un modelo donde la variabilidad sistemática sea relativamente grande respecto a la variabilidad aleatoria, significando que el modelo representa de manera óptima la relación entre la variable respuesta y un número de variables explicativas, a la vez que se minimiza el componente aleatorio. Esto es, según Vives (2002):

$$\text{Variable respuesta} = \text{Componente sistemático} + \text{Componente aleatorio}$$

Los modelos lineales generalizados (MLG) son una generalización del proceso de modelamiento lineal general, siendo este último ampliamente reconocido para hallar relaciones lineales entre variables predictoras y la variable respuesta de estudio. El beneficio en el uso de los MLG radica en su forma de aplicación a distintos tipos de datos con distribuciones no necesariamente normales y, por ende, no requieren la asunción de supuestos de normalidad u homogeneidad de varianzas. Los MLG son aplicables para toda la familia exponencial de las distribuciones (e.g. normal, binomial, Poisson, gamma, binomial negativa, etc) (Agresti, 2015; Vives, 2002).

Trabajos como el de Domic *et al.* (2013), en donde se describe la fenología reproductiva de *P. tomentella* en bosques bolivianos, se encontró una clara diferencia en la producción de flores y frutos en la época seca y húmeda, respectivamente, a su vez que se denotó la relación del hábito arbóreo de los individuos con una mayor producción de flores y, por ende, de frutos. De la misma manera, López *et al.* (2018) quienes describieron la fenología reproductiva para *P. incarum*, también en bosques de Bolivia, encontraron resultados similares en la relación de la estacionalidad con la floración y fructificación, además de registrar la influencia de caracteres alométricos, como el DAP, en la producción mediante MLG. Estos resultados profundizan los conocimientos de fenología reproductiva en las especies de *Polylepis*, los cuales permiten reconocer las relaciones existentes entre las variables climáticas, causas próximas, y variables inherentes al individuo, causas últimas.

#### **2.4.2. Estructuras reproductivas**

Las inflorescencias de *Polylepis* son racimos los cuales son lo suficientemente largas para estar de forma colgada a las ramas e insertándose con brácteas en el raquis. Las flores son hermafroditas incompletas con ausencia de corola; los sépalos del cáliz son de color verde en su mayoría; el estigma del gineceo se presenta fibrilado o difuso; las anteras del androceo presentan, en la mayoría de las especies, tricomas y apertura longitudinal. Los órganos florales son características de especies anemófilas. El género posee mecanismos como la protoginia donde el estigma madura y marchita previamente a la maduración de los granos de polen en los sacos de las anteras. Sin embargo, las flores maduran en diferentes momentos dentro de un mismo árbol, pudiendo suceder la autopolinización fácilmente. Los frutos son indehiscentes denominados aquenios con diferentes tipos de apéndices dispuestos de forma irregular en la superficie y variando entre crestas, protuberancias, espinas, o alas, dependiendo de la especie (Simpson, 1979).

Los frutos de *Polylepis* son aquenios de una sola semilla, secos e indehiscentes. A su vez, las especies del género poseen un bajo poder germinativo según la literatura y experiencias de propagación y reforestación (Betancourt & Rojas, 2011, citados por Castro, 2014; Orrego, 2011; Vega *et al.*, 2018). Por otro lado, los frutos de *P. tarapacana* y *P. quadrijuga* se registran como capaces de mantenerse en reserva para su posterior siembra durante períodos de un año, disminuyendo parcialmente la humedad de la semilla durante el tiempo de conservación requerido en almacén y pudiendo tratárseles como semillas ortodoxas (Orrego, 2011; Vargas *et al.*, 2021).

#### **2.4.3. Regeneración natural**

La regeneración natural de las especies es un concepto abordable desde diferentes disciplinas (i.e. ciencias biológicas, ciencias forestales; etc.), por lo que su comprensión y evaluación dependerá de cómo es entendida y los criterios que son utilizados para su estudio. De esta manera, el interés sobre la regeneración, con sus consecuentes mecanismos de transformación de composiciones florísticas, permite coadyuvar al análisis de los problemas prácticos del aprovechamiento de ecosistemas boscosos (Bravo *et al.*, 2005, citados por Díaz, 2019).

Asimismo, se puede entender a la fase de regeneración la que comprende a la germinación, emergencia y establecimiento de las plántulas (Pais *et al.*, 2012). Complementariamente,

Morales (2017) menciona la importancia de la fase de reclutamiento de la regeneración como una crucial para la generación de individuos reproductivos adultos, a su vez que incluye dentro de la regeneración a eventos como la llegada de la semilla, la germinación, el establecimiento, y el crecimiento temprano de los individuos.

Sobre el estudio de la distribución de la regeneración natural en bosques tropicales, varias hipótesis y modelos se han trabajado a lo largo de los años para interpretar la relación de la regeneración con variables bióticas y abióticas. Así, Hubbell (1979) menciona al modelo Janzen-Connell, el cual propone una menor presencia de regeneración mientras la distancia hacia los individuos parentales va disminuyendo resultado de la interacción de la especie con sus depredadores. Por otro lado, Bustamante & Simonetti (2000) y Quispe (2014), además de tratar al modelo Janzen-Connell en sus estudios, recogen el concepto de la curva de reclutamiento de la población (*Population Recruitment Curve - PRC*) que grafica la posición donde las plántulas pueden llegar al reclutamiento en base a la curva de densidad de semillas o plántulas y la curva de sobrevivencia de plántulas.

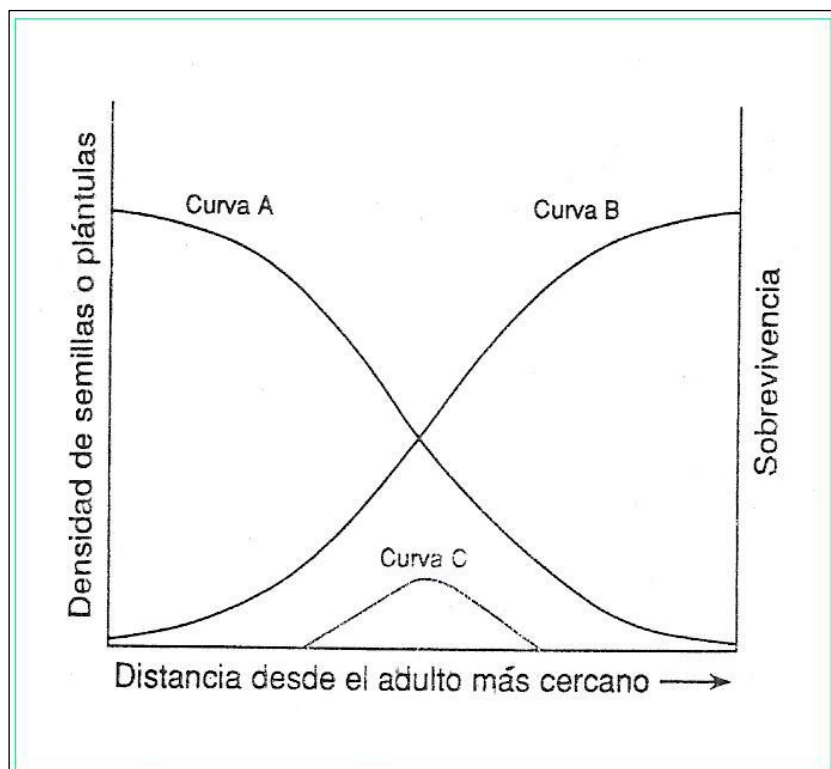


Figura 7: Curva de reclutamiento (Curva C) en base al modelo Janzen-Connell. Fuente: Barone & Coley, 2002

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Área de estudio**

##### **3.1.1. Ubicación**

El área de estudio se encontró delimitada por las quebradas Llaca y quebrada Quillcayhuanca, ambas pertenecientes a la jurisdicción del PNH y a su zona de amortiguamiento, en la vertiente del Pacífico, parte occidental del ANP.

La quebrada Llaca está íntegramente en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Áncash. Hidrográficamente la quebrada Llaca pertenece a la Unidad Hidrográfica Casca, también llamada Llaca, código pfaftetter 1376958; geográficamente se ubica en las coordenadas 9°27'28" Sur y 77°27'37" Oeste. Por su parte, la quebrada Quillcayhuanca se encuentra principalmente en el distrito de Independencia y en parte del distrito de Huaraz, ambos en la provincia de Huaraz, departamento de Áncash. Pertenece a la Unidad Hidrográfica Quillcay, cuyo código pfaftetter es 137696 y se ubica en las coordenadas 9°29'51" Sur y 77°24'58" Oeste.

##### **3.1.2. Quebrada Llaca**

La quebrada Llaca tiene una extensión longitudinal de 6 km aproximadamente, con una altitud que oscila desde los 4 100 a 4 600 msnm. Posee una laguna glaciar del mismo nombre a 4 474 msnm, la cual alimenta el curso de agua de la quebrada y del propio río Casca (INAIGEM, 2016). La mayor parte de la quebrada se encuentra dentro del ámbito del PNH, a una distancia de 25 km al este de la ciudad de Huaraz y su acceso se da a través de trocha carrozable. Se ubica en la vertiente occidental de la Cordillera Blanca en la región puna. Los pastizales naturales de la quebrada son aprovechados como usufructo por el Comité de Usuarios de Pastos de esta (Azaña, 2017).

### 3.1.3. Quebrada Quillcayhuanca

La quebrada Quillcayhuanca presenta una extensión en área de 1 484,8 hectáreas y una variación altitudinal de los 3 800 a 4 460 msnm. La mayoría de la quebrada se encuentra dentro del ámbito del PNH. La ruta de llegada comprende 28 km por vía terrestre a partir de la ciudad de Huaraz hasta la portada de la quebrada (Gonzalez, 2015). Cabe destacar que dentro de la quebrada se encuentra vegetación tanto de la región puna como de la región jalca (INAIGEM, 2015).

### 3.1.4. Población

La población de estudio fueron bosques relictos de *P. weberbaueri* de la quebrada Llaca y una plantación forestal de *P. albicans* de más de 38 años de la quebrada Quillcayhuanca. Los bosques de Llaca presentaron, asimismo, a la especie *Gynoxys oleifolia*. La plantación de Quillcayhuanca tuvo como predominante a la especie *P. albicans*; no obstante, se pudieron hallar otras especies en menor proporción, resultado de la forestación (e.g. *Eucalyptus globulus*, *P. racemosa* y algunos individuos de *P. weberbaueri*).

Los bosques naturales de *P. weberbaueri* seleccionados fueron dos, separados espacialmente y denominándose Llaca 1 y Llaca 2. El bosque Llaca 1 se encontró a una altitud de 4100 – 4 370 msnm, fue el de mayor extensión (38 ha), mayor grado de conservación y se encontró separado de la trocha carrozable por un antiguo cerco para exclusión de ganado. El bosque Llaca 2 se ubicó de 4 320 – 4 400 msnm, siendo el más cercano a la laguna glaciar de la quebrada, presentó una extensión mucho menor (1,3 ha) y la trocha carrozable se erigió a su costado. Ambos bosques naturales presentaron pedregosidad alta y pendiente pronunciada, más de 45°. La plantación Quillcayhuanca se ubicó entre 3 840 – 3 870 msnm, presentó un área de 2,9 ha, pendiente leve y poca pedregosidad, lejana a la trocha carrozable, sin embargo, miembros de comunidades cercanas ocasionalmente extraen madera de *E. globulus*.

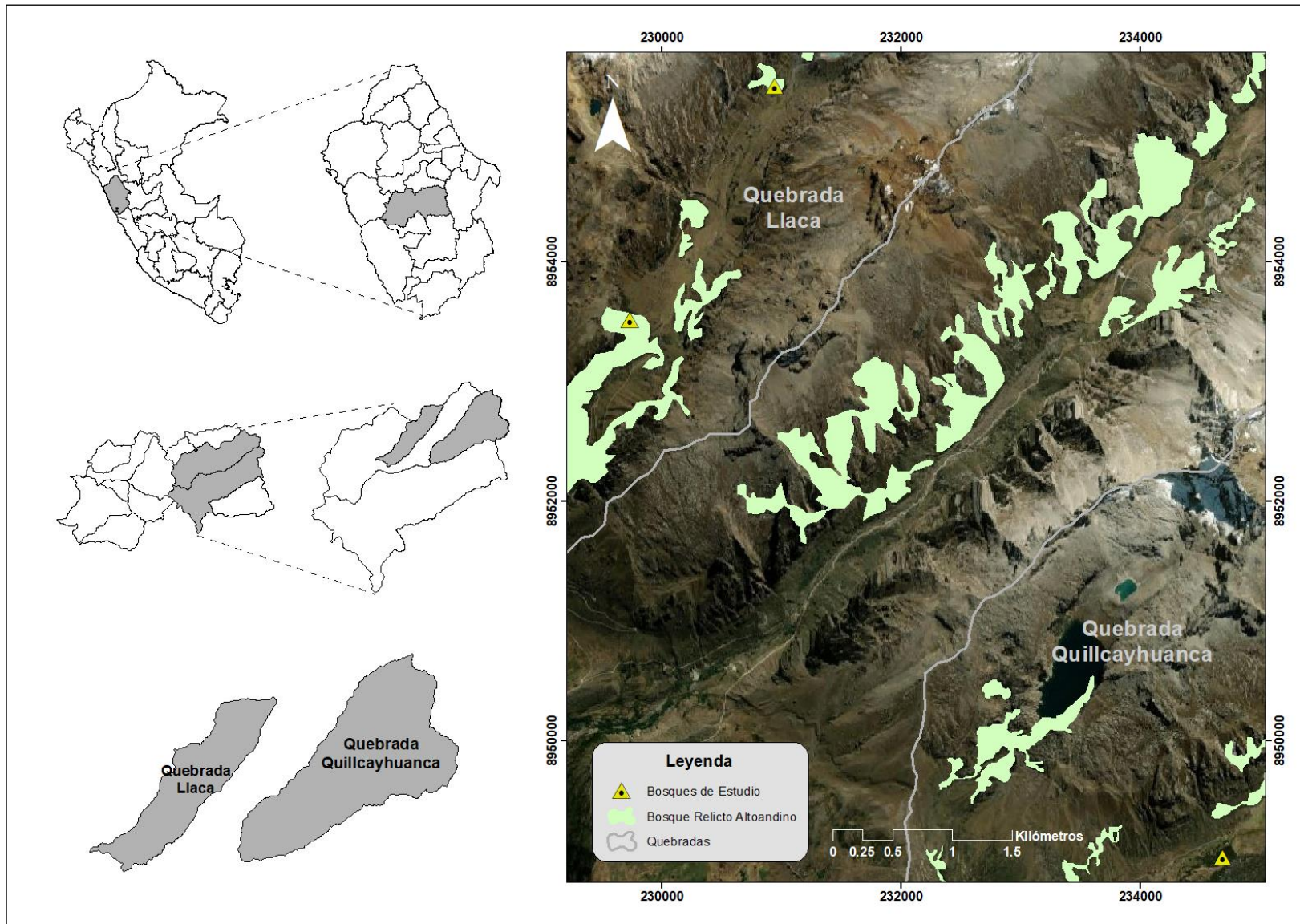


Figura 8: Mapa de ubicación de los bosques de *Polylepis* de las quebradas Llaca y Quillcayhuanca

### 3.1.5. Clima

En base a registros de estaciones meteorológicas dispuestas al lado occidente de la Cordillera Blanca, Smith (1988) describe al clima del PNH con en una estacionalidad marcada por el régimen de lluvias. Por otro lado, se menciona que la variación mensual de la temperatura no es significativa como lo es el rango de la variación diaria, característico de zonas tropicales en comparación con zonas extratropicales (Lamprecht, 1990; Smith, 1988).

La estacionalidad del PNH, producto de la circulación general dentro de la zona de convergencia intertropical – ITCZ (Lamprecht, 1990), hace que la precipitación varíe considerablemente a lo largo del año por el movimiento de masas de aire cargadas de humedad, sin dejar de lado el efecto de la orografía de la Cordillera sobre la precipitación del parque. En cambio, la configuración de montañas y topografía del PNH hace que variables como la temperatura, radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento presenten su mayor variación a lo largo del día, debido a factores como la altitud, inclinación y aspecto de las pendientes y otros relacionados con el relieve (Smith, 1988).

Smith (1988) describe a la época de lluvias en la Cordillera Blanca con una duración de 5,5 meses desde noviembre a abril con 70 - 80% de las precipitaciones dentro de estos meses, siendo marzo el mes más húmedo y julio el más seco. Por otro lado, Hedberg & Hedberg (1979), citados por Smith (1988), mencionan que el promedio de la temperatura a los 4 000 msnm fluctúa de 10 a 13,5 °C, en altura de observación estándar. Smith (1988) acota que existe una mayor variación durante la época seca que en la época de lluvias debido a la abundancia de nubes y el balance hídrico positivo de los meses de lluvias.

Respecto a otras variables climáticas descritas por Smith (1988), los mayores niveles de radiación solar se encuentran a altitudes elevadas con condiciones de nubosidad parcial y gracias a nubes altamente reflectantes; la humedad relativa registrada en el estudio osciló en el rango de 50-70%, ocurriendo los menores valores en la época seca y los mayores en la época de lluvias; las velocidades de viento que se registraron para dos de las estaciones indicaron una diferencia significativa entre éstas, en donde se hizo hincapié en la diferencia de los valles al ser uno más estrecho que el otro y permitiendo una corriente mayor de aire. En este sentido, Smith (1988) menciona que el complejo mosaico de topoclimas y microhabitats del PNH son producto de la topografía variada del área protegida.



**Figura 9: Quebrada Llaca en Época Seca, julio 2021**



**Figura 10: Quebrada Llaca en Época de Lluvias, febrero 2022**

Para el presente estudio, la información climática de las quebradas Llaca y Quillcayhuanca se obtuvo a través de la extracción de información espacial en formato raster del dataset en línea WorldClim (<https://www.worldclim.org/data/monthlywth.html>) (Fick & Hijmans, 2017; Harris *et al.*, 2013). Para la extracción de datos mensuales se crearon archivos shapefile de puntos con la ubicación aproximada de las actividades principales realizadas dentro de las formaciones boscosas de estudio para los años de 1998 a 2017, representando 20 años de las áreas de estudio. Finalmente, para la elaboración de los climatogramas, se utilizaron los promedios mensuales de los años del período mencionado en conjunto con la interfaz RStudio y la función `diagwl()` del paquete `climatol v4.0.0`.

### 3.1.6. Suelos

La recolección de muestras de suelos del área de estudio fue realizada por el INAIGEM, mientras que la caracterización se dio mediante el análisis del Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina – UNALM (Anexo 1). Las muestras provinieron una por cada parcela permanente instalada por el INAIGEM, siendo tres parcelas en cada bosque natural de *P. weberbaueri* y en la plantación de *P. albicans* (e.g. Figura 13 indica P1: Parcela 1, y así subsecuentemente). Adicionalmente, se consideró una muestra al exterior de la plantación Quillcayhuanca como referencia de suelos sin cobertura boscosa (pastizal). Se recolectaron las muestras siguiendo la metodología recomendada por el Laboratorio de Suelos – UNALM, en donde se recogieron tres submuestras al azar por cada muestra.

El análisis señaló para el bosque Llaca 1 tiene un pH de  $4.14 \pm 0.08$  (promedio  $\pm$  desviación estándar), conductividad eléctrica de  $0.12 \pm 0.08$  dS/m, materia orgánica de  $19.30 \pm 8.74$  %, capacidad de intercambio catiónico de  $17.97 \pm 5.38$  meq/100g, y textura de arena franca y franco arenosa. Por otro lado, los suelos del bosque Llaca 2 presentó un pH de  $4.04 \pm 0.15$ , una conductividad eléctrica de  $0.08 \pm 0.04$  dS/m, materia orgánica de  $17.98 \pm 1.5$  %, capacidad de intercambio catiónico de  $18.13 \pm 3.40$  meq/100g, y una textura franco-arenosa.

Los suelos de la plantación de Quillcayhuanca muestran un pH de  $4.32 \pm 0.29$ , conductividad eléctrica de  $0.13 \pm 0.02$  dS/m, materia orgánica de  $15.44 \pm 2.42$  %, capacidad de intercambio catiónico de  $17.17 \pm 3.37$  meq/100g, y textura franco-arenosa y franca. La muestra del pastizal arrojó valores de pH de 4.92, conductividad eléctrica de 0.15 dS/m, materia orgánica de 16.93 %, capacidad de intercambio catiónico de 18.24 meq/100g, y textura franca.

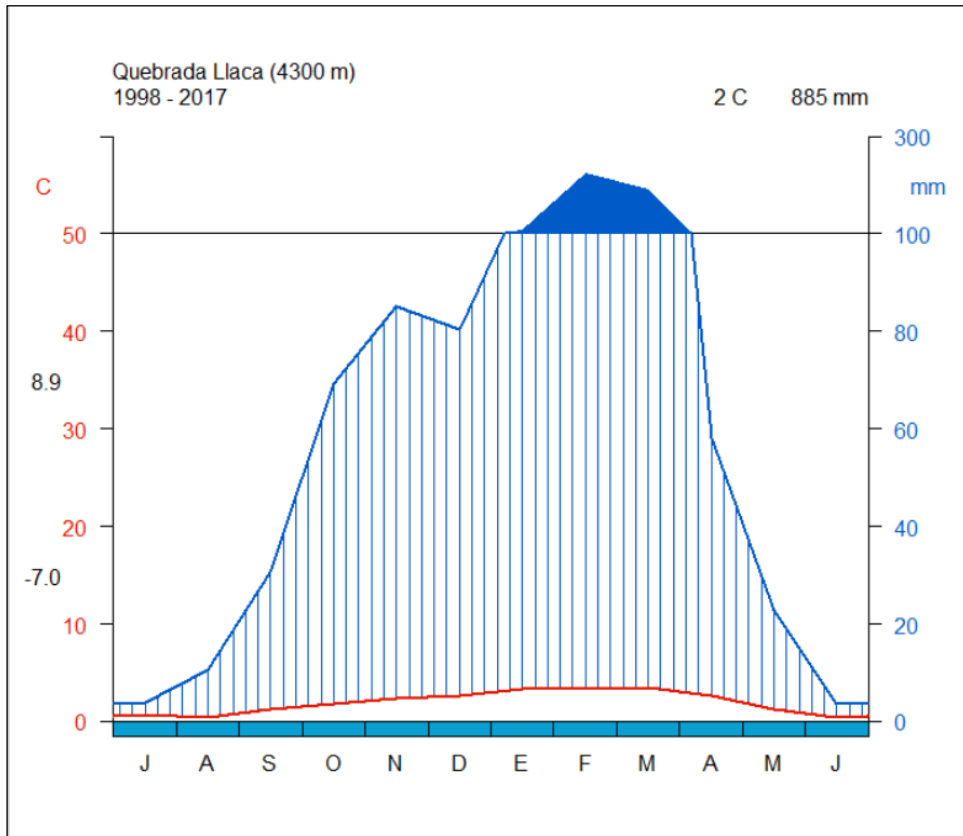


Figura 11: Climatograma quebrada Llaca (4 350 msnm, años 1998-2017)

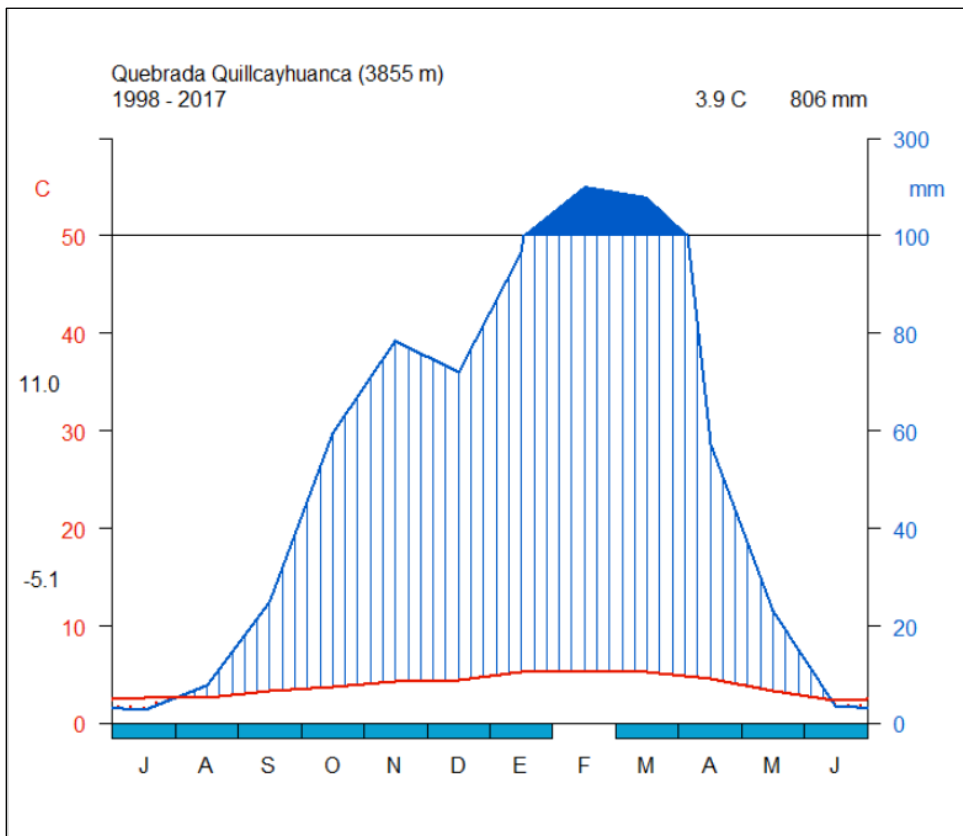


Figura 12: Climatograma quebrada Quillcayhuanca (3 850 msnm, años 1998-2017)

## **3.2. Materiales, equipos y programas**

### **3.2.1. Materiales**

- Material de escritorio
- Papel milimetrado
- Formatos de campo
- Libreta de campo topográfica
- Prensa botánica
- Periódico
- Plumón indeleble
- Cinta flagging
- Bolsas con cierre hermético
- Sobres manila de pago
- Pinzas
- Bisturí
- Porta bisturí
- Cinta de costurero 1.5 m
- Wincha de 5 m
- Wincha de 50 m
- Rafia
- Estacas de madera
- Comba
- Placas de marcación
- Tijera de podar
- Tijera telescópica

### **3.2.2. Equipos**

- Cámara Fotográfica Nikon D7200
- Equipo de Navegación GPS Garmin Monterra
- Binoculares Swarovski EL 10X50WB
- Clinómetro SUUNTO PM-5/360PC
- Microscopio Estereoscopio Leica ES2
- Laptop

### 3.2.3. Programas

- MS Office 2016
- Gestor Bibliográfico Mendeley 1.19.8
- ArcGIS Desktop 10.5
- ArcMap™ 10.5
- RStudio v1.4.1717

## 3.3. Métodos

### 3.3.1. Selección de la muestra

El tamaño de la muestra se seleccionó en base a estudios fenológicos que indican una cantidad de 10 individuos seleccionados al azar por especie como mínimo recomendable (Aguirre *et al.*, 2015; Fournier & Charpantier, 1975; Mora, 1990; Villar *et al.*, 2018). Los individuos parte de la muestra presentaron tamaños y apariencias relativamente uniformes (Mora, 1990), buen estado fitosanitario, e indicios de ser reproductivamente maduros. Complementariamente, al ser los datos respuesta variables discretas (i.e. número de estructuras), no se exigió un tamaño mínimo de muestra a 30 como es en el caso de variables continuas (Agresti, 2015; Vives, 2002). El tamaño de la muestra se tomó como un factor que pudo repercutir en el poder estadístico de las pruebas y análisis posteriores de resultados.

Para la quebrada Llaca se seleccionó una muestra de diez individuos por cada uno de los bosques naturales, teniendo una muestra total de veinte individuos de *P. weberbaueri*. Para la quebrada Quillcayhuanca se seleccionó un total de dieciséis individuos de *P. albicans*. Se codificaron a los individuos muestreados con un código alfanumérico indicando formación boscosa de estudio (LL1: Llaca 1; LL2: Llaca 2; Q: Quillcayhuanca), especie (Pw: *P. weberbaueri*; Pa: *P. albicans*) y número de individuo evaluado (e.g. LL1.Pw.1 refiere al individuo del bosque Llaca 1, especie *P. weberbaueri*, que es el primer registrado del grupo). Los individuos seleccionados conformaron el total de la muestra para el estudio de la reproducción sexual de las especies, representada por la evaluación de la fenología reproductiva, caracterización de estructuras reproductivas, y evaluación de plántulas. El período de las evaluaciones abarcó de mayo 2021 a abril 2022 con la finalidad de tener un año de evaluación fenológica, tiempo mínimo imprescindible para este tipo de estudios (Fournier & Charpantier, 1975; López *et al.*, 2018; Mostacedo & Fredericksen, 2000).

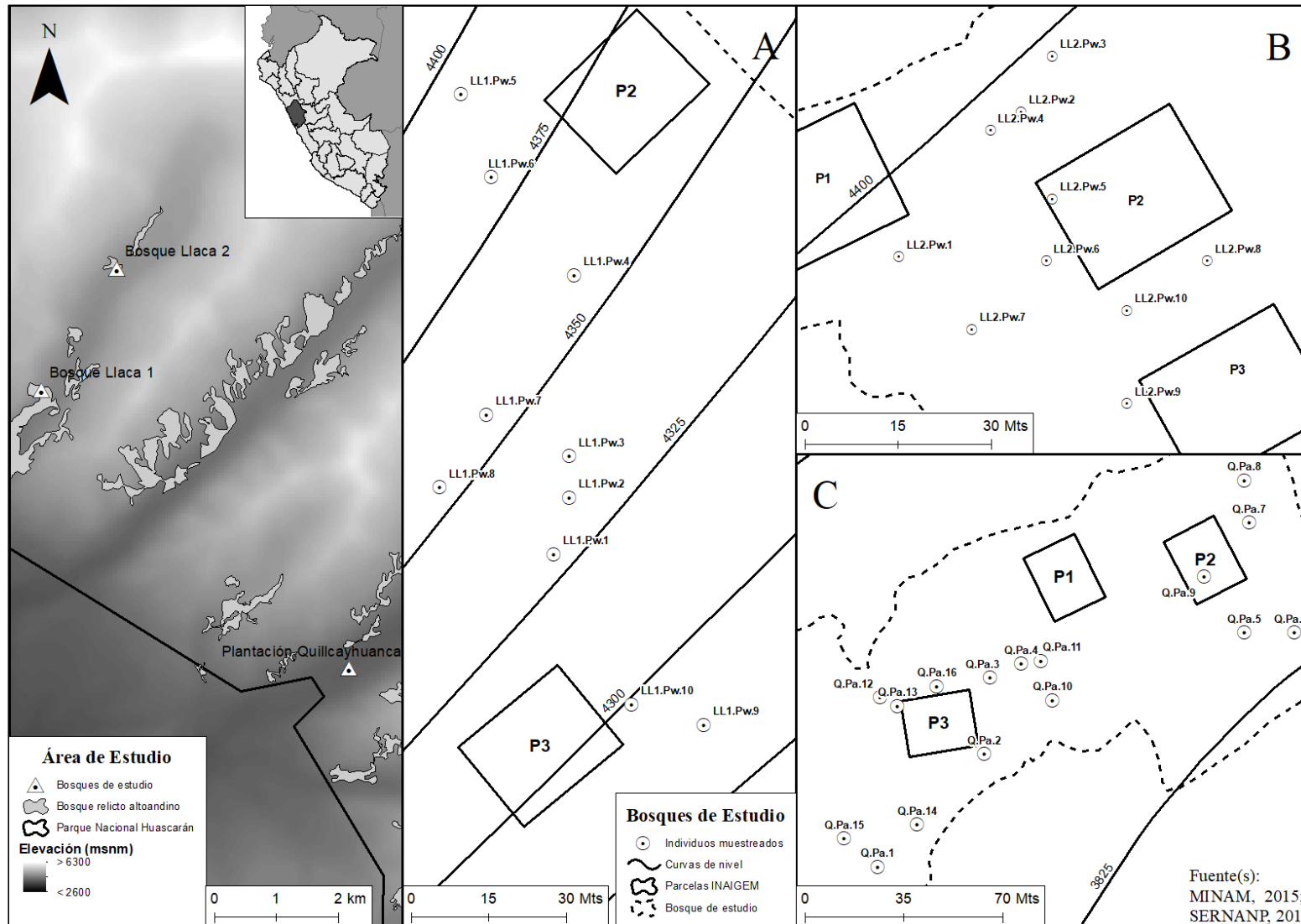


Figura 13: Mapa de ubicación de los bosques de estudio en el ámbito del Parque Nacional Huascarán (A: Individuos muestreados de *P. weberbaueri* en el Bosque Llaca 1; B: Individuos muestreados de *P. weberbaueri* en el Bosque Llaca 2; C: Individuos muestreados de *P. albicans* en la Plantación Quillcayhuanca)

### 3.3.2. Registro y cuantificación de variables

#### a. Variables alométricas

Características morfométricas como el diámetro, la altura y la copa de individuos arbóreos han sido variables importantes para registrar en trabajos ecológicos y forestales de las especies de *Polylepis* (Castro, 2014; Masías, 2017). Estas variables también han sido empleadas para la construcción de modelos de producción de flores y frutos en el género *Polylepis* (Domic *et al.*, 2013; López *et al.*, 2018). Además de ello, Taiz & Zeiger (2002) mencionan que el tamaño de la planta sería un factor relativamente importante para la transición del individuo juvenil a la fase adulta, siendo esta última la plausible de formar estructuras reproductivas.

De esta manera, las siguientes variables alométricas fueron recopiladas de los individuos muestreados de los bosques Llaca 1, Llaca 2 y la plantación Quillcayhuanca:

- **Área basal**

El área basal se calculó a partir de la medición de la circunferencia del fuste a 50 cm sobre el nivel del suelo (Domic *et al.*, 2013; López *et al.*, 2018; Masías, 2017). A su vez, la circunferencia se midió de forma perpendicular al eje del fuste sobre el terreno, incluyendo la corteza. En casos donde los árboles presentaron bifurcaciones o más de un tallo por debajo de los 50 cm se tomaron los datos de cada uno de los fustes.

La circunferencia (LC) fue medida con cintas de costurero. Posteriormente se calculó el diámetro ( $\emptyset$ ) de cada tallo por individuo mediante la relación:

$$\emptyset = \frac{LC}{\pi}$$

Se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo del área basal total por individuo:

$$AB (cm^2) = \sum \frac{\pi x \emptyset^2}{4}$$

Donde:

- AB: Área basal total (cm<sup>2</sup>)
- Ø: Diámetro a la altura de 50 cm del suelo (cm<sup>2</sup>)
- $\pi$ : Constante pi

- **Altura total**

Se calculó de forma indirecta la altura total de los individuos muestreados. Se utilizó un clinómetro marca SUUNTO para poder registrar los ángulos y en gabinete se emplearon razones trigonométricas para obtener la altura de los árboles. Asimismo, en campo se registró la distancia entre el evaluador y el árbol objeto de medición.

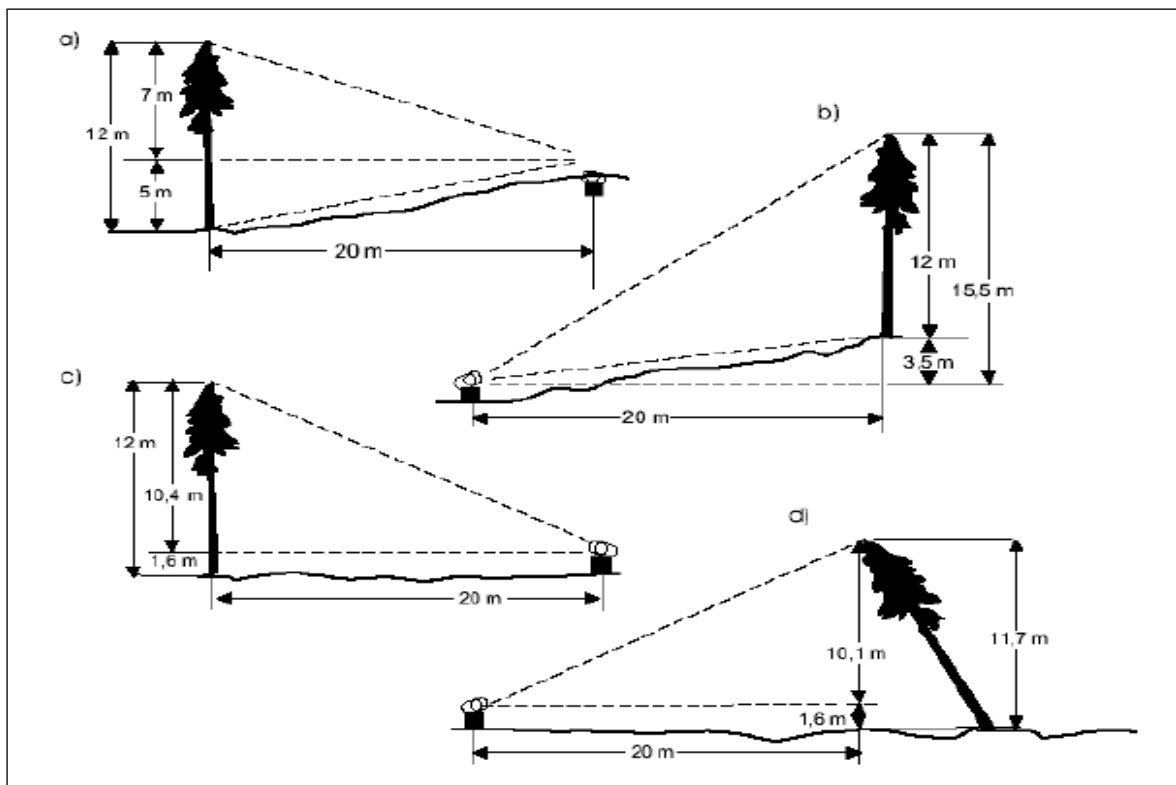


Figura 14: Medición de la altura del árbol con clinómetro SUUNTO dependiendo de la posición del evaluador y la pendiente. Fuente: FAO, 2004

- **Cobertura de copa**

Se midió, con una wincha de 30 m de largo, el diámetro mayor y menor de la copa, perpendiculares entre sí, de cada individuo muestreado para calcular el diámetro de copa y la cobertura de copa (Castro, 2014).

$$D_{\text{copa}} (m) = \frac{D_{\text{mayor}} + D_{\text{menor}}}{2}$$

$$Cob (m^2) = \frac{\pi \times D_{\text{mayor}} \times D_{\text{menor}}}{4}$$

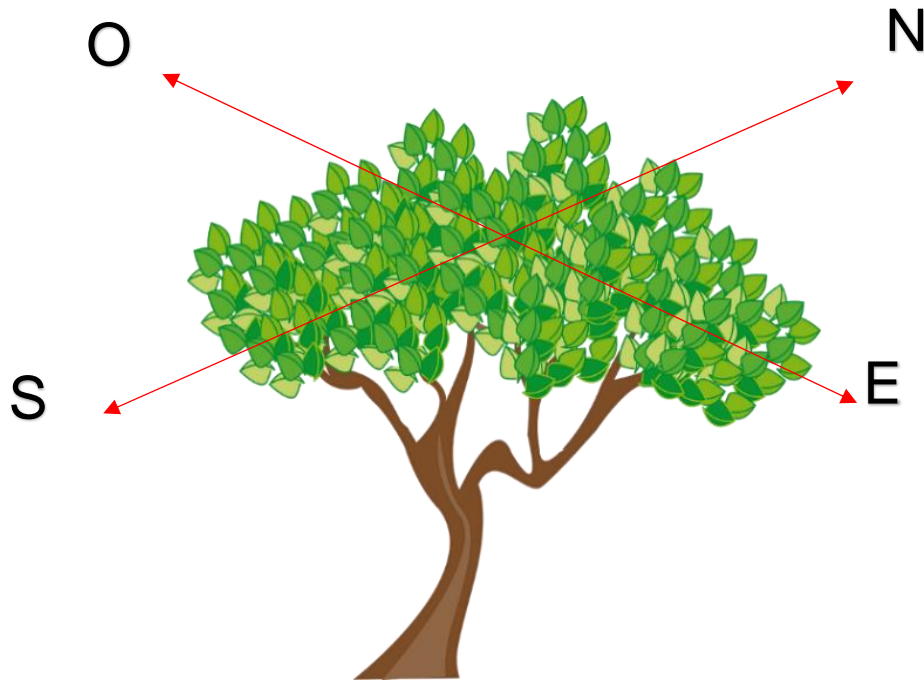
Donde:

- $D_{\text{mayor}}$ : Diámetro de copa mayor
- $D_{\text{menor}}$ : Diámetro de copa menor
- $D_{\text{copa}}$ : Diámetro de copa (m)
- Cob: Cobertura de copa ( $m^2$ )

**b. Evaluación de fenología reproductiva**

La muestra total de 20 y 16 individuos de *P. weberbaueri* y *P. albicans*, respectivamente, se utilizó principalmente para colectas de ramas con fenología reproductiva. El total de individuos muestreados de *P. weberbaueri* se dividió a la mitad y se distribuyó para cada uno de los bosques naturales de la quebrada Llaca.

La colecta de muestras se realizó con una frecuencia mensual, aproximadamente entre la tercera y cuarta semana de cada mes durante mayo 2021 a abril 2022 (Figura 16, Anexo 2). La toma de muestras se escogió según los puntos cardinales alrededor de la copa de cada individuo, cortándose una rama terminal representativa de al menos 40 centímetros por orientación para registrar el número de inflorescencias, botones, flores y frutos (Domic *et al.*, 2013; López *et al.*, 2018):



**Figura 15: Distribución de las ramas terminales a muestrear en base a los puntos cardinales**

Las muestras colectadas en campo se procesaron estableciéndose seis estadios fenológicos para realizar los conteos de producción mensual de estructuras. Los estadios fenológicos para la evaluación fueron: botones florales, flores en estadio femenino, flores en estadio masculino, frutos verdes, frutos maduros y frutos secos. Posteriormente, se dispusieron las inflorescencias contabilizadas en sobres manilas para su almacenamiento (Anexo 3).

Se calcularon los promedios mensuales de producción por estadio fenológico, los cuales sirvieron para la elaboración de dendrofenogramas. Adicionalmente, se transformaron las bases de datos de las fenofases botones, flores y frutos para comparar a una misma escala las producciones mensuales de *P. weberbaueri* y *P. albicans*. Se utilizó el logaritmo natural de la producción total mensual de estructuras por individuo más la unidad ( $\ln[x+1]$ ). Luego, se promediaron los valores transformados para la obtención de nuevos dendrofenogramas de comparación interespecífica.



Figura 16: Recolección de ramas terminales en individuo de *Polylepis weberbaueri*, bosque Llaca 2

### c. Caracterización de estructuras reproductivas

A partir de las muestras recolectadas para la evaluación de la fenología reproductiva, se seleccionó una submuestra de treinta estructuras por cada uno de los estadios fenológicos mencionados. Seguidamente, se empleó el estereoscopio y papel milimetrado para obtener las mediciones correspondientes de cada estructura.

Se tomaron mediciones de alto y ancho de botones, flores y frutos entre otras observaciones características de los estadios establecidos. Se describió la morfología, tamaño y color de las estructuras reproductivas (Vega *et al.*, 2018).

### d. Evaluación de plántulas de regeneración natural

La evaluación de plántulas se dio mediante la instalación de cuadratines, los cuales siguieron una distribución sistemática acorde los puntos cardinales alrededor de los individuos muestreados de evaluación de fenología reproductiva. Se dispusieron cuadratines de 1 m<sup>2</sup> de

área (Morales, 2017; Quispe, 2014; Torres *et al.*, 2008), distanciando cada uno de estos a dos metros del fuste principal de los árboles adultos (cuatro cuadratines planificados por individuo de evaluación fenológica). La distancia y disposición de los cuadratines se basaron en observaciones en campo, conceptos de distribución de plántulas en bosques de *Polylepis* (Quispe, 2014; Torres *et al.*, 2008) y ajustes a metodologías de evaluación de plántulas en bosques (A. I. Domic, comunicación personal, 30 de julio del 2021; Chauchard *et al.*, 2002; Hubbell, 1979). Es así como se planificó tener un área total de evaluación de 80 m<sup>2</sup> para *P. weberbaueri*, correspondiente a la de instalación de 40 cuadratines por cada bosque natural de la quebrada Llaca, y 64 m<sup>2</sup> para *P. albicans*, correspondiente a la instalación de 64 cuadratines en la plantación de Quillcayhuanca.

Dentro de los cuadratines se evaluó la cantidad, el tamaño de plántulas y el número de hojas de plántulas encontradas. Estas variables se registraron en dos momentos del período de estudio, cada uno en representación de una época correspondiente, tomando lugar en los meses de septiembre 2021 (término de época seca) y marzo 2022 (término de época de lluvias). La finalidad de esto fue distinguir posibles variaciones en el crecimiento debido a la estacionalidad.



**Figura 17: Registro de plántulas de regeneración natural en cuadratines, bosque Llaca 1**

La siguiente tabla relaciona los objetos de estudio de la investigación con las variables que se registraron y midieron, así como con las unidades y fuentes bibliográficas respectivas:

**Tabla 1:** Tabla de cuantificación de variables para la investigación

<b>Objeto de Estudio</b>	<b>Variable</b>	<b>Medida (Unidades)</b>	<b>Fuentes</b>
<b>Fenología Reproductiva</b>	Número de estructuras reproductivas por estadio fenológico	Producción mensual (Nº/mes)	
	Circunferencia de fustes de árboles adultos a 50 cm del suelo	Centímetros (cm)	Domic <i>et al.</i> , 2013; López <i>et al.</i> , 2018; Masías, 2017; Pollice <i>et al.</i> , 2013
	Altura total de árboles adultos	Metros (m)	
	Diámetro de copa de árboles adultos	Metros (m)	
<b>Estructuras Reproductivas</b>	Color y forma de estructuras	Descripción cualitativa	Boza & Kessler, 2022; Reynel <i>et al.</i> , 2016; Simpson, 1979; Vega <i>et al.</i> , 2018
	Pubescencia de estructuras	Descripción cualitativa	
	Dimensiones de las estructuras	Milímetros (mm)	
<b>Plántulas de Regeneración Natural</b>	Altura de plántulas de regeneración natural en época seca y época de lluvias	Centímetros (cm)	Castro, 2014; Morales, 2017; Pollice <i>et al.</i> , 2013; Quispe, 2014; Torres <i>et al.</i> , 2008
	Número de hojas de plántulas de regeneración natural en época seca y época de lluvias	Número (Nº)	

### 3.3.3. Análisis de datos

#### a. Fenología reproductiva

Se analizaron los datos de producción total de estructuras reproductivas en función de la distribución en copa de los individuos evaluados de *P. weberbaueri* y *P. albicans*. Se llevaron a cabo análisis estadísticos para comprobar la existencia de diferencias significativas en la producción de estructuras reproductivas.

La información mensual de conteo de estructuras, botones florales, flores (femeninas y masculinas) y frutos (verdes, maduros y secos), se promedió respectivamente entre el número total de individuos muestreados que presentaron alguna producción durante el año de evaluación. Se obtuvieron dendrofenogramas de producción promedio por fenofase (botones florales, flores y frutos) y por estadio fenológico dentro de estas (categorías mencionadas), al mismo tiempo que se señalaron los meses comprendidos en la época de lluvias de las zonas de estudio para contrastar la producción con la época seca (Domic *et al.*, 2013; López *et al.*, 2018; Palacios-Ramos *et al.*, 2022; Williams-Linera & Meave, 2002).

Adicionalmente, para encontrar relaciones entre la producción máxima registrada de flores y frutos y las variables alométricas de los individuos muestreados, se llevó a cabo la construcción de una serie de MLG. La producción máxima de flores y frutos, durante el período de estudio, se tomaron como variables respuesta; en tanto las variables alométricas (e.g. área basal, altura total, diámetro de copa, área de copa) se consideraron como variables predictoras para los modelos (Domic *et al.*, 2013; López *et al.*, 2018). La selección de los mejores modelos, es decir, los que comprendieron la mayor variabilidad del conjunto de datos de la muestra y disminuyeron al máximo posible el error, se dio mediante la utilización de regresiones escalonadas (*stepwise regressions*), usando como criterio de decisión el Criterio de Información de Akaike corregido (AICc).

#### **b. Estructuras reproductivas**

Se compararon el alto y ancho promedio de las estructuras reproductivas de los seis estadios fenológicos establecidos (botones florales, flores en estadio femenino, flores en estadio masculino, frutos verdes, frutos maduros y frutos secos) de *P. weberbaueri* y *P. albicans*. Asimismo, se analizaron las diferencias en tricomas u otras características presentes en la superficie y coloración de las estructuras. Se tomaron las medidas de las inflorescencias a partir de las colectas mensuales de evaluación fenológica, así también se registró la presencia de daños por insectos, sus signos y síntomas (Vega *et al.*, 2018).

Las descripciones abarcaron un criterio botánico y dendrológico, con una secuencia ordenada en base a la formación de las mismas estructuras (Reynel *et al.*, 2016).

**c. Plántulas de regeneración natural**

Se analizaron las plántulas por tipo de formación boscosa (bosque Llaca 1, Llaca 2 y plantación Quillcayhuanca). Los datos registrados de cada variable al final de la época seca 2021 y época de lluvias 2022 se restaron entre sí para obtener la diferencia, o cambio, en la altura y número de hojas de plántulas. Se realizaron pruebas estadísticas pertinentes para la evaluación de supuestos de normalidad concernientes a las variables de interés. Las diferencias significativas que se hallaron se analizaron con gráficos exploratorios de densidades, gráfico de cajas y normalidad, para luego llevar a cabo pruebas comparando los valores a nivel de época y entre especies (Morales, 2017).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Determinación de eventos de fenología reproductiva

#### 4.1.1. Distribución espacial en copa de la producción de estructuras reproductivas

Se elaboraron gráficos de barras porcentuales de la producción de inflorescencias, botones florales, flores y frutos de *P. weberbaueri* y *P. albicans*, en función a su distribución en la copa de los individuos (Figuras 18 y 19). En campo y en gabinete se registraron diferencias en la producción total entre los puntos cardinales de muestreo para ambas especies, por lo que se procedió a analizar la existencia de diferencias significativas. Se planteó un diseño con los puntos cardinales como tratamiento, los datos de los individuos muestreados como repeticiones por bloque (*P. weberbaueri*: n = 19, debido a que un individuo no mostró producción de estructuras durante el año de evaluación; *P. albicans*: n = 16), y la producción total durante el año de evaluación fenológica como variable respuesta.

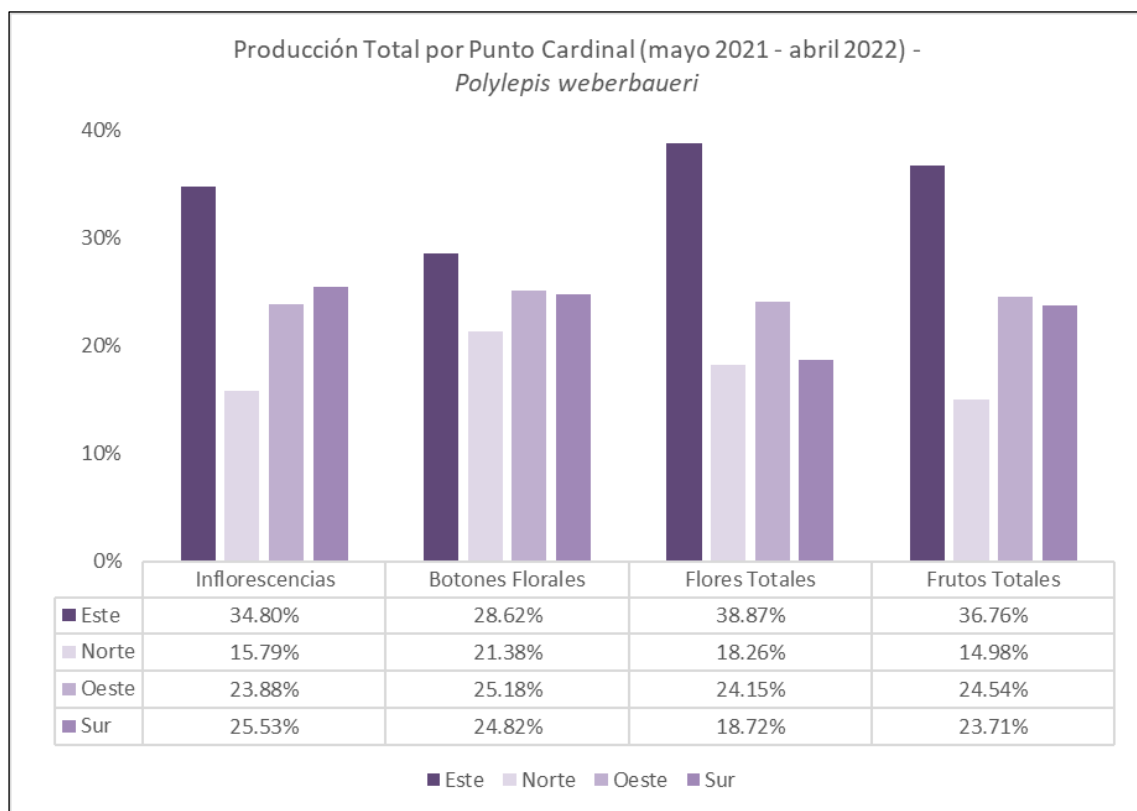
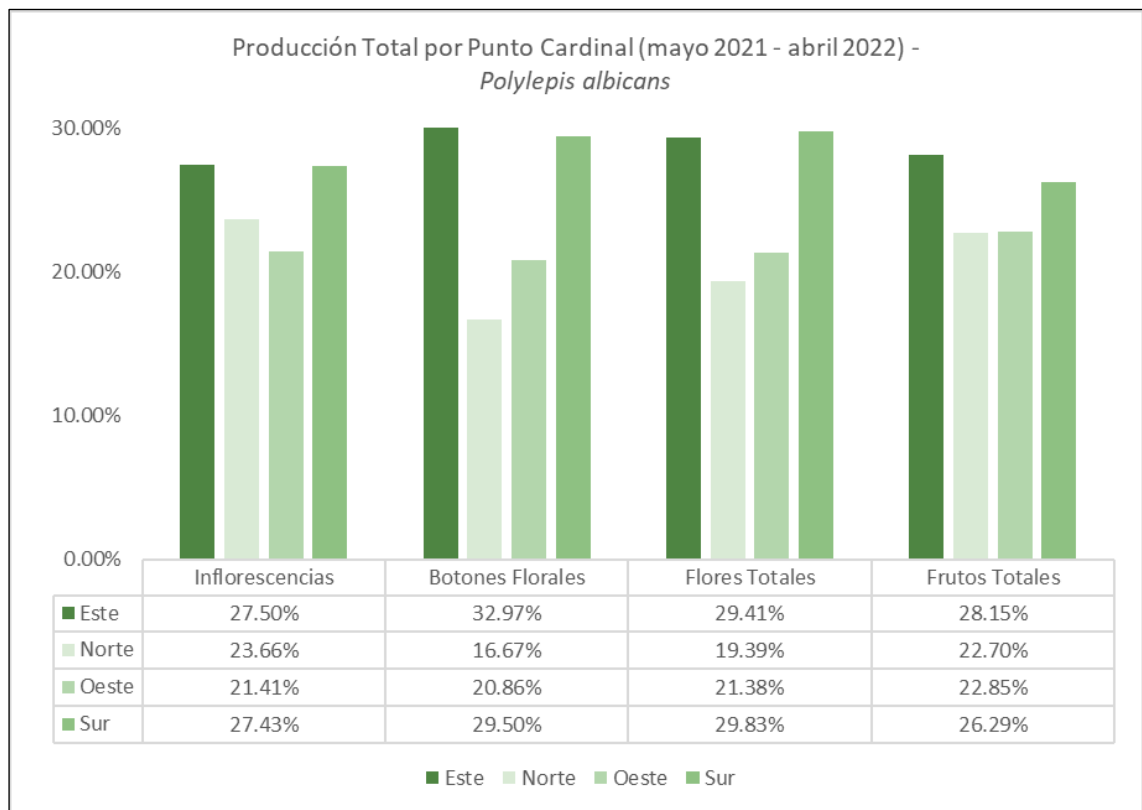


Figura 18: Distribución de la producción de estructuras reproductivas de *Polylepis weberbaueri* (mayo 2021 – abril 2022) por punto cardinal



**Figura 19: Distribución de la producción de estructuras reproductivas de *Polylepis albicans* (mayo 2021 – abril 2022) por punto cardinal**

Se analizaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad con pruebas de Shapiro-Wilk y de Fligner-Killeen, respectivamente, para realizar comparaciones de las producciones en ambas especies.

Hipótesis de pruebas de Shapiro-Wilk en la producción de estructuras reproductivas:

$$H_0: \text{Prod. estructuras reproductivas} \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_1: \text{Prod. estructuras reproductivas} \not\sim N(\mu, \sigma^2)$$

Hipótesis de pruebas de Fligner-Killeen entre grupos de puntos cardinales:

$$H_0: \sigma_E^2 = \sigma_N^2 = \sigma_O^2 = \sigma_S^2$$

$$H_1: \sigma_E^2 \neq \sigma_N^2 \neq \sigma_O^2 \neq \sigma_S^2$$

Las pruebas de Shapiro-Wilk indicaron significancia para rechazar la hipótesis nula, a excepción de producción de frutos en *P. albicans*. Por otro lado, las pruebas de Fligner-Killeen resultaron no significativas para todas las producciones de estructuras en ambas especies. Cabe destacar que para analizar la homocedasticidad de producción de frutos de *P. albicans* se realizó una prueba de Levene, dado el no rechazo de la prueba Shapiro-Wilk.

**Tabla 2: Estadísticos y *p-values* de pruebas para evaluación del uso de métodos paramétricos sobre la producción de estructuras reproductivas**

<b>Estructuras reproductivas</b>	<b>Prueba</b>	<b>Estadístico</b>	<b><i>p-value</i></b>
<b><i>Polylepis weberbaueri</i></b>			
Inflorescencias	Shapiro-Wilk	<b>0.8246</b>	<b>0.0000</b>
	Fligner-Killeen	2.4703	0.4807
Botones Florales	Shapiro-Wilk	<b>0.5198</b>	<b>0.0000</b>
	Fligner-Killeen	1.1141	0.7737
Flores Totales	Shapiro-Wilk	<b>0.7343</b>	<b>0.0000</b>
	Fligner-Killeen	3.6716	0.2992
Frutos Totales	Shapiro-Wilk	<b>0.8437</b>	<b>0.0000</b>
	Fligner-Killeen	5.2202	0.1564
<b><i>Polylepis albicans</i></b>			
Inflorescencias	Shapiro-Wilk	<b>0.9292</b>	<b>0.0012</b>
	Fligner-Killeen	3.6210	0.3054
Botones Florales	Shapiro-Wilk	<b>0.7161</b>	<b>0.0000</b>
	Fligner-Killeen	3.8044	0.2834
Flores Totales	Shapiro-Wilk	<b>0.7909</b>	<b>0.0000</b>
	Fligner-Killeen	5.6762	0.1285
Frutos Totales	Shapiro-Wilk	0.9627	0.0505
	Levene	1.3211	0.2759

Posteriormente, se llevaron a cabo pruebas no paramétricas de Friedman para las producciones de estructuras que no cumplieron los supuestos mencionados, a excepción de la producción de frutos de *P. albicans*. Para este último se utilizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de dos vías (puntos cardinales de muestreo como tratamiento e individuos de la muestra como bloques).

**Tabla 3: Estadísticos y *p-values* de pruebas estadísticas para comparaciones de la producción de estructuras reproductivas entre los puntos cardinales con restricción de individuos**

<b>Estructuras reproductivas</b>	<b>Prueba</b>	<b>Estadístico</b>	<b><i>p-value</i></b>
<b><i>Polylepis weberbaueri</i></b>			
Inflorescencias	Friedman	<b>10.763</b>	<b>0.013</b>
Botones Florales	Friedman	3.061	0.382
Flores Totales	Friedman	<b>13.972</b>	<b>0.003</b>
Frutos Totales	Friedman	<b>8.832</b>	<b>0.032</b>
<b><i>Polylepis albicans</i></b>			
Inflorescencias	Friedman	4.875	0.181
Botones Florales	Friedman	4.217	0.239
Flores Totales	Friedman	0.975	0.807
Frutos Totales	ANOVA	1.221	0.313

Las pruebas de Friedman para *P. weberbaueri* indicaron existencia de diferencias significativas entre puntos cardinales en la producción de inflorescencias, flores y frutos totales. En cambio, las pruebas para *P. albicans* no indicaron existencia de evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo que no se pudo inferir diferencias significativas en la producción por punto cardinal.

En base a los resultados de *P. weberbaueri*, se evaluaron pares de comparaciones de los puntos cardinales a través de pruebas de Wilcoxon para muestras dependientes, aplicando la corrección de Bonferroni.

**Tabla 4: *P-values* de las comparaciones emparejadas entre puntos cardinales utilizando pruebas de Wilcoxon para muestras dependientes**

<b>Comparaciones Punto Cardinal</b>	<b>E-N</b>	<b>E-O</b>	<b>E-S</b>	<b>N-O</b>	<b>N-S</b>	<b>O-S</b>
<b><i>Polylepis weberbaueri</i></b>						
Producción de Inflorescencias	<b>0.009</b>	0.299	0.114	1.000	1.000	1.000
Producción de Flores Totales	<b>0.049</b>	0.933	0.069	1.000	1.000	1.000
Producción de Frutos Totales	<b>0.018</b>	0.702	<b>0.034</b>	1.000	0.904	1.000

En general, los árboles de *P. weberbaueri* presentaron una mayor producción de estructuras al este de sus copas que en los demás puntos cardinales. Las diferencias significativas entre el este y norte fueron constantes para la producción de inflorescencias, flores y frutos, con cerca del doble de estructuras al este que al norte (Figura 18). Asimismo, se encontraron diferencias significativas entre el este y sur para la producción de frutos (Tabla 4).

Los factores que dan lugar a respuestas fisiológicas de madurez reproductiva como la floración se pueden clasificar principalmente en dos: Factores endógenos y factores exógenos. La temperatura y fotoperiodo son los factores exógenos más fáciles de reconocer y estudiar, mientras que otros como la irradiación solar total y la disponibilidad hídrica pueden ser también importantes señales exógenas en la floración de determinadas especies (Taiz & Zeiger, 2002). Así también, la respuesta floral se da por procesos endógenos e intrínsecos a la planta como rutas metabólicas, fitohormonas y ciclos circadianos manejados por osciladores endógenos, los cuales, juntamente con las señales del medio exterior, son asimiladas por los mecanismos y sistemas internos de las plantas (Taiz & Zeiger, 2002; Wilczek *et al.*, 2010).

Sobre las señales endógenas, estudios realizados en el modelo *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae) han permitido registrar que la formación de los diferentes verticilos florales se ve dominada por genes de identidad de los meristemas. De esta manera, se han registrado genes reguladores de las señales ambientales (fotoperiodo y vernalización) los cuales se relacionan en un ciclo de retroalimentación positiva con los genes de identidad del meristemo (Kim *et al.*, 2009; Taiz & Zeiger, 2002). Por tanto, la floración y los procesos fisiológicos que tienen que llevarse a cabo para ésta se reconocen complejos debido a que abarcan varios aspectos internos de las plantas. Esto último con el fin de asegurar la formación de estructuras reproductivas y el éxito reproductivo en condiciones óptimas (Taiz & Zeiger, 2002; Wilczek *et al.*, 2010).

Respecto a las señales ambientales exógenas que presenta la quebrada Llaca, el PNH (Smith, 1988) y en general los ecosistemas de montaña (Urrutia & Vuille, 2009; Wieser & Tausz, 2007), estas son de una alta variabilidad a lo largo del día (e.g. alta radiación solar y temperaturas diurnas a comparación con temperaturas nocturnas por debajo de 0 °C; vientos con velocidades cambiantes por el flujo energético del sistema). Asimismo, cabe mencionar

que la variabilidad climatológica, y el microclima producto de la posición relativa en la quebrada, se ve expresada también por el cambio estacional donde la temporada del sitio se traduce en el régimen de lluvias (Figuras 11 y 12). Lo último mencionado tiene influencia directa en el balance hídrico de los bosques de *Polylepis* (Goldstein *et al.*, 1994), especialmente en la época de estiaje, además de otras variables climáticas clave para la vegetación como diferencias estacionales contrastantes de radiación solar (Kessler *et al.*, 2014; Sevillano-Ríos & Morales, 2021). De esta forma, la producción irregular de estructuras a nivel de copas en individuos de las especies pudo deberse a diversos factores ambientales y fisiológicos.

Los bosques de *P. weberbaueri* de Llaca se encuentran en las partes medias y altas de la quebrada, así como descritos en estudios ecológicos de la especie (Sevillano-Ríos & Morales, 2021), y siguen la disposición suroeste a noreste de las montañas. Los bosques evaluados Llaca 1 y Llaca 2 son parte del flanco noroccidental de la quebrada, por lo que el aspecto de la montaña en la que se sitúan da de cara al sureste para ambos (Figura 13-A y 13-B). En este sentido, factores topográficos y ambientales como el aspecto de los bosques y el grado de incidencia de la radiación solar, respectivamente, podrían ser relevantes en la diferencia de producción de estructuras encontrada en *P. weberbaueri* al ser estos aspectos importantes para entender las distribuciones o preferencias topoclimáticas de especies de *Polylepis* (Kessler *et al.*, 2014; Toivonen *et al.*, 2017). De la misma forma, la influencia de la dirección predominante del viento podría representar un factor importante a evaluar, teniendo en consideración las corrientes de aire que se ven guiadas por la fisiografía de la quebrada y el ecotono bosque-gramíneas (Wieser & Tausz, 2007).

Con relación a las observaciones en campo durante las colectas en época de lluvias, cabe resaltar que se registró la presencia de individuos fuera del estudio con una gran producción de frutos al borde del bosque Llaca 1, límite del bosque con pastizales en dirección al noroeste. En esta posición del flanco del bosque la incidencia de la radiación solar o velocidad del viento no se veían bloqueados sino solo por gramíneas y ninguna otra vegetación de porte tipo arbóreo. Esto podría deberse a una estrategia de dispersión de polen y frutos de la especie, aunado al hecho que *Polylepis* es un taxón con una amplia descripción de anemofilia y anemocoria (Domic *et al.*, 2017; López *et al.*, 2021; Mendoza & Cano, 2012; Seltsmann *et al.*, 2009; Simpson, 1979).

#### 4.1.2. Evaluación de la temporalidad en la producción de estructuras reproductivas

Durante el período de mayo 2021 – abril 2022 la producción total de flores y frutos registrada para *P. weberbaueri* fue de 1 950 y 6 161 estructuras, respectivamente. Se llegaron a promediar los registros de diecinueve árboles de veinte muestreados debido a que un individuo no presentó producción de alguna estructura durante todo el año de evaluación. La Figura 20 muestra los picos de producción promedio de botones (15,05 estructuras/árbol) y floración promedio (39,26 estructuras/árbol), los cuales se registraron en noviembre, un mes desde el inicio estimado de la época de lluvias (octubre-abril).

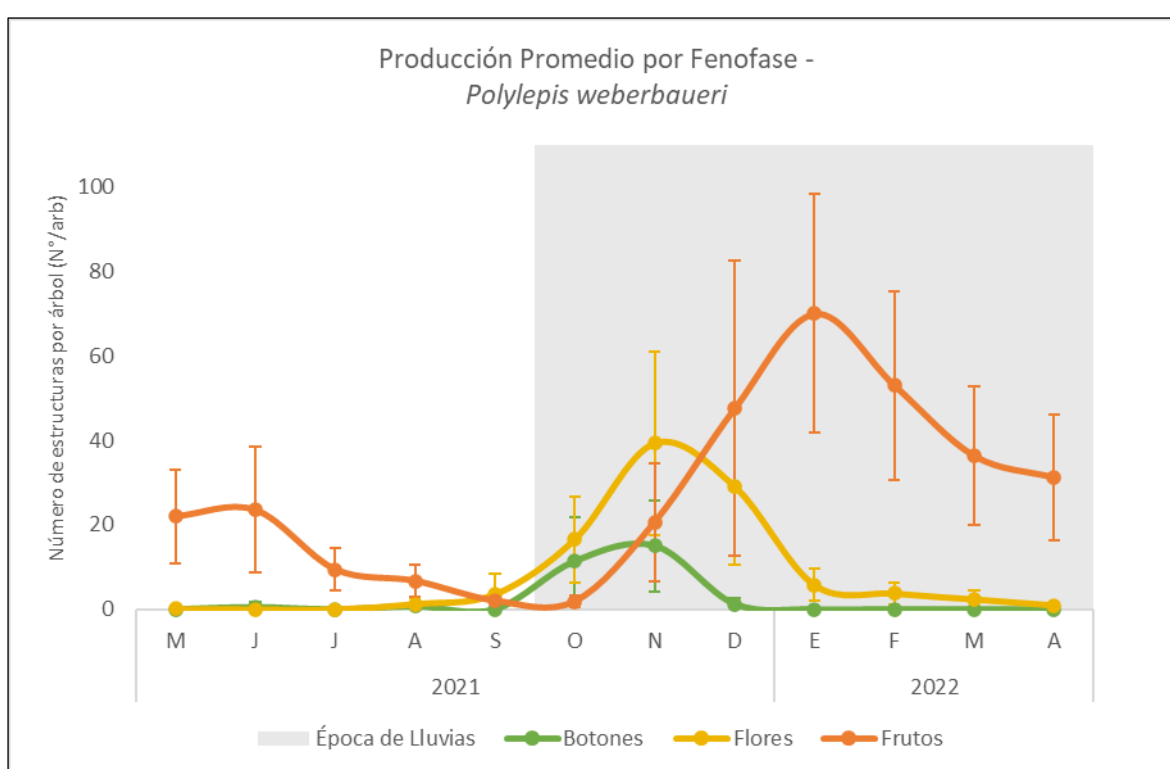
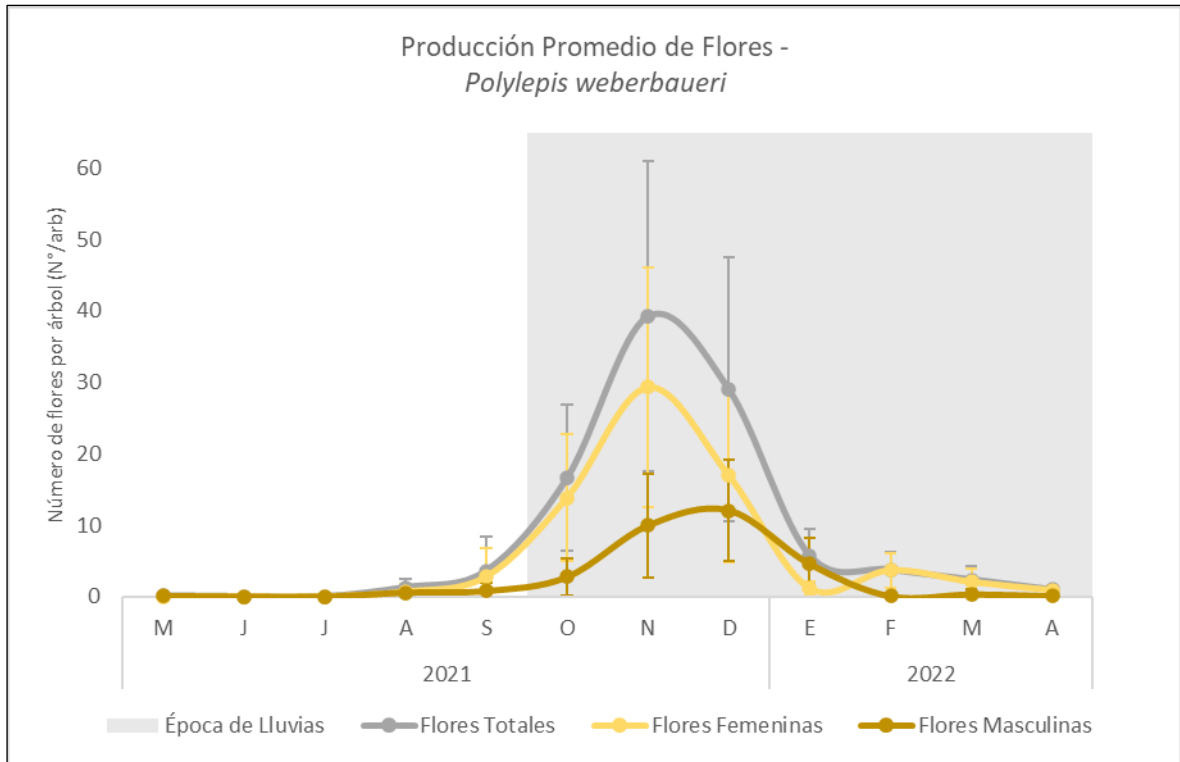
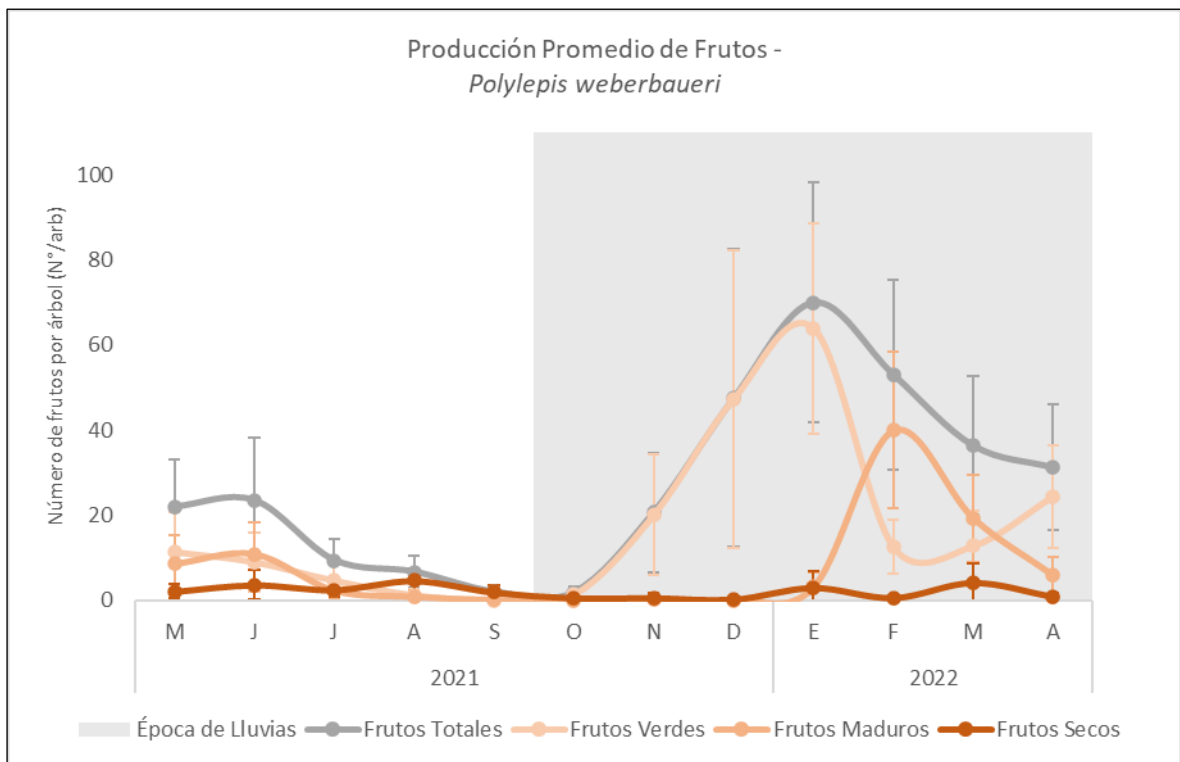


Figura 20: Dendrofenograma de *Polylepis weberbaueri* de mayo 2021 a abril 2022

Los meses de noviembre y contiguos representaron cerca del 80% de la producción total de flores de *P. weberbaueri* (octubre: 16,15%; noviembre: 38,26%; diciembre: 28,31%). La fructificación tuvo su mínimo en octubre (1,84 estructuras/árbol) para incrementar gradualmente y alcanzar el máximo en el mes de enero (70,05 estructuras/árbol, mediados de la época de lluvias). Cerca del 80% del total de frutos registrados se distribuyó a lo largo de la época de lluvias. La mayoría de los meses se tuvo producción sincrónica de flores y frutos, a excepción de junio y julio que difirieron en la cantidad absoluta de cada fenofase.

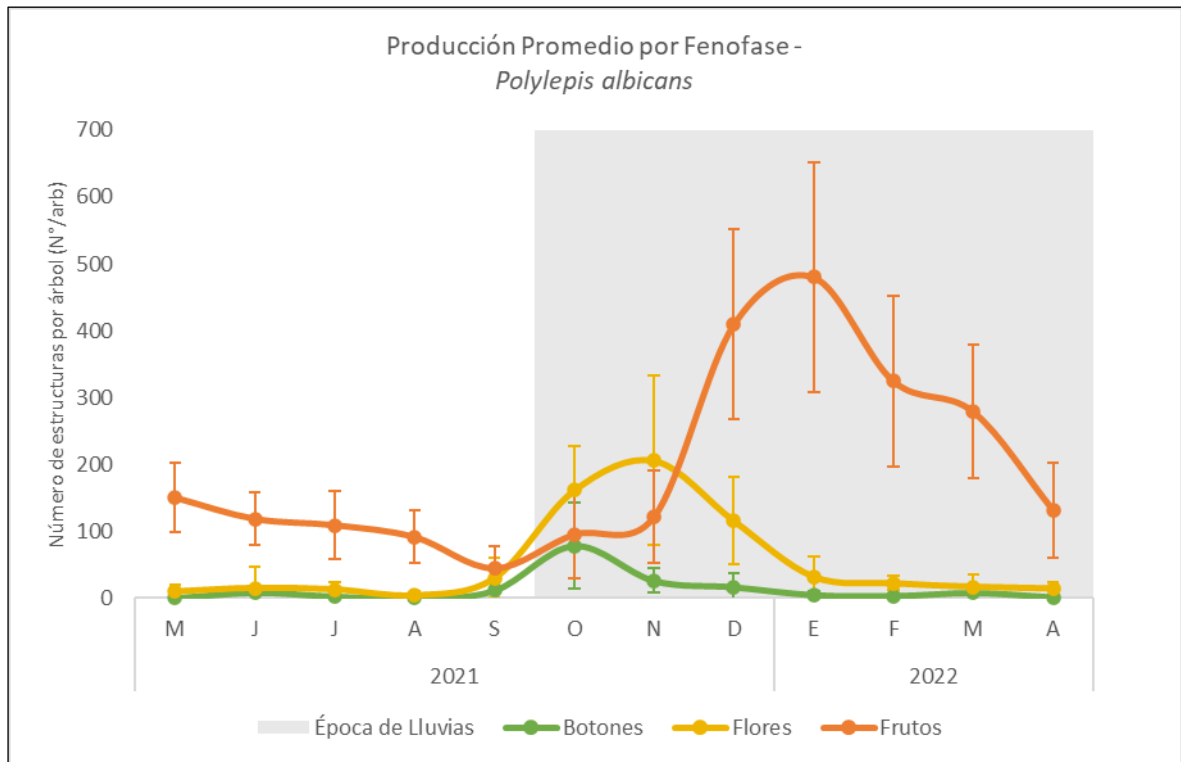


**Figura 21: Dendrofenograma de estadios fenológicos de flores de *Polylepis weberbaueri* de mayo 2021 a abril 2022**



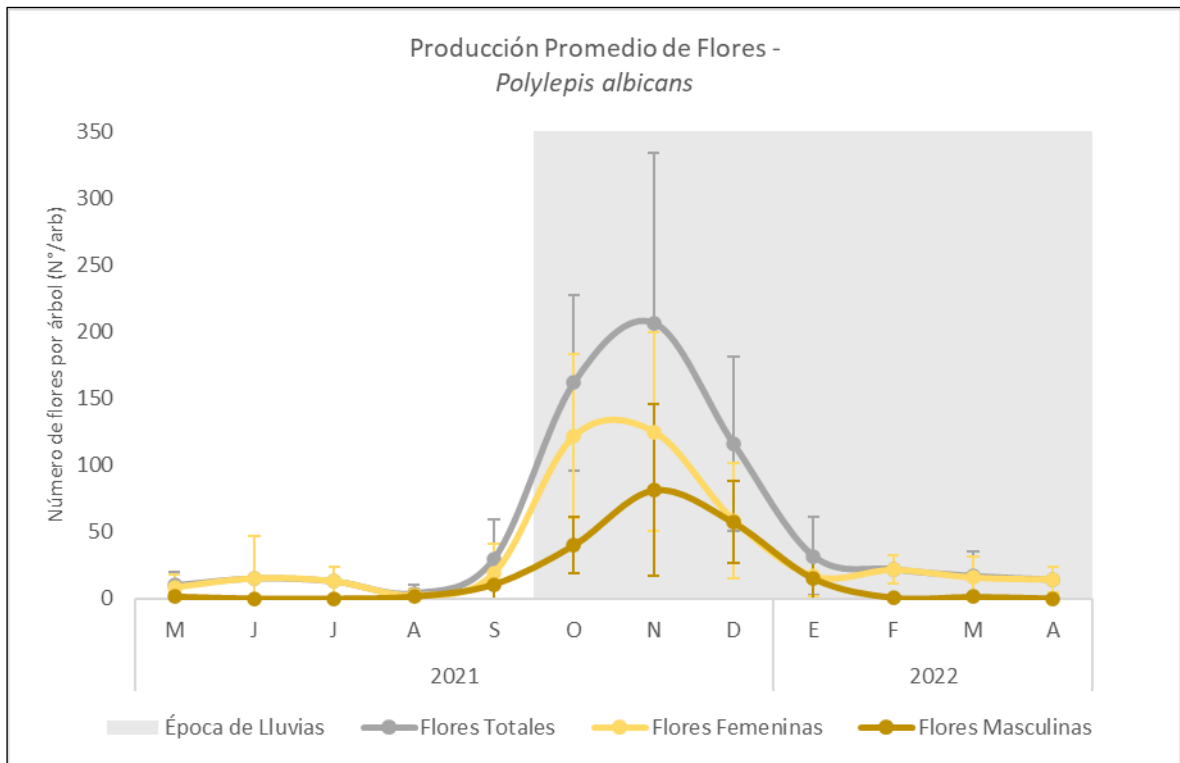
**Figura 22: Dendrofenograma de estadios fenológicos de frutos de *Polylepis weberbaueri* de mayo 2021 a abril 2022**

La producción total de flores y frutos de *P. albicans* durante el año de evaluación fenológica fue de 10 249 y 37 706 estructuras, respectivamente. El pico de floración promedio se alcanzó en noviembre (206,19 estructuras/árbol) al igual que *P. weberbaueri*; no obstante, a diferencia de *P. weberbaueri* el pico de botones promedio de *P. albicans* (78,50 estructuras/árbol) precedió al de flores por un mes (Figura 23).

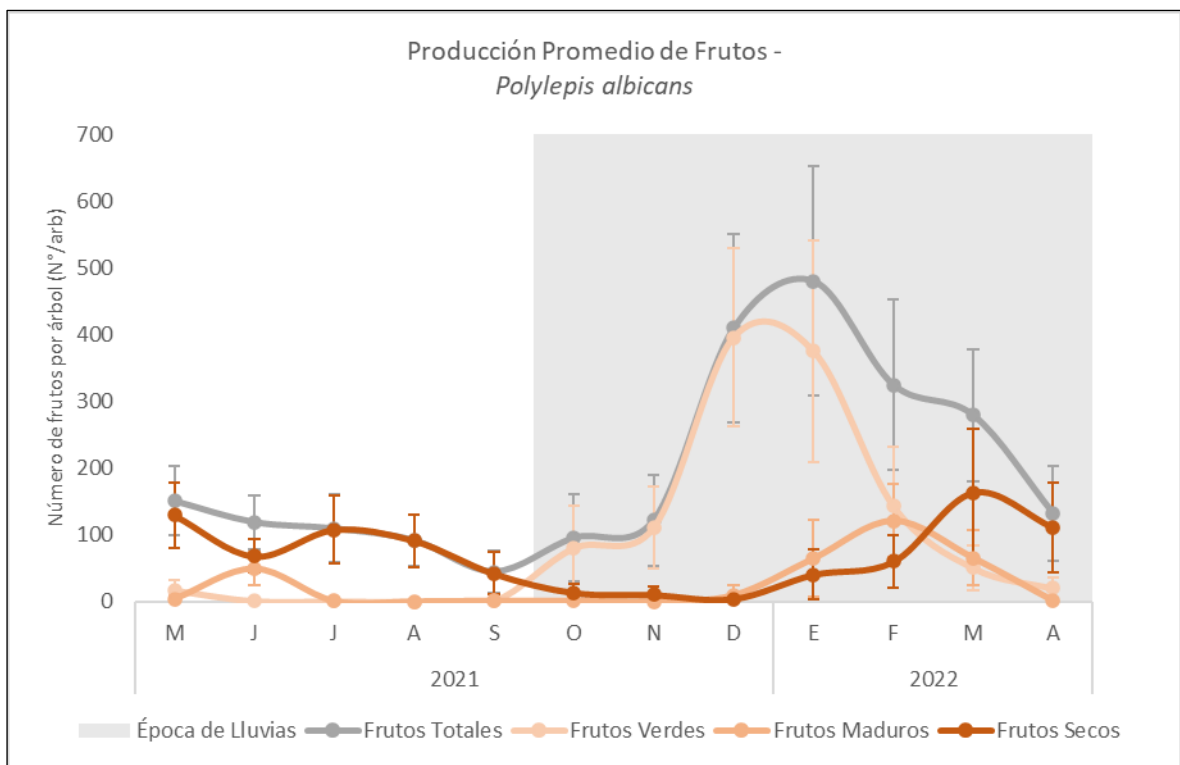


**Figura 23: Dendrofenograma de *Polylepis albicans* de mayo 2021 a abril 2022**

La distribución de la floración de *P. albicans* en el año de evaluación se dio mayoritariamente en los meses de octubre, noviembre y diciembre, los cuales constituyeron cerca del 75% de la producción total de flores (octubre: 25,21%; noviembre: 32,19%; diciembre: 18,06%). Por su parte, la producción de frutos presentó su máximo valor (480,31 estructuras/árbol) el mismo mes que *P. weberbaueri* (enero, a mediados de la época de lluvias) y su mínimo en septiembre (44,56 estructuras/árbol), pudiéndose diferenciar la distribución de aproximadamente el 80% entre los meses de septiembre a abril. Todos los meses del período de evaluación presentaron sincronía en la producción de botones, flores y frutos, a excepción del mes de agosto donde no se registró producción de botones.



**Figura 24: Dendrofenograma de estadios fenológicos de flores de *Polylepis albicans* de mayo 2021 a abril 2022**



**Figura 25: Dendrofenograma de estadios fenológicos de frutos de *Polylepis albicans* de mayo 2021 a abril 2022**

Según la ocurrencia de los eventos de fenología reproductiva de *P. weberbaueri* y *P. albicans*, se notó una temporalidad relacionada entre la producción de estructuras reproductivas y la estacionalidad del área de estudio, marcada principalmente por el régimen de lluvias. Simultáneamente, la periodicidad de las respuestas fisiológicas en plantas perennes, como lo son la formación y desarrollo de flores y frutos en individuos reproductivamente maduros, se ve influenciada por factores internos de los individuos. Es así como los comportamientos rítmicos de las especies estudiadas y su acoplamiento a los estímulos externos del ambiente forman parte necesaria para comprender su biología reproductiva (Taiz & Zeiger, 2002).

Como se mencionó anteriormente, un individuo de *P. weberbaueri* no llegó a presentar producción de estructuras durante el año de evaluación fenológica; sin embargo, este mismo individuo presentó producción de estructuras reproductivas en los meses previos al inicio del período de evaluación durante colectas exploratorias. Lo mencionado se puede interpretar concerniente a los mecanismos fisiológicos que gobiernan la expresión fenológica dentro de una especie. Estas respuestas fisiológicas son causadas por factores exógenos (e.g. temperatura, fotoperíodo, disponibilidad estacional del agua, etc.) y endógenos (e.g. almacenamiento de agua en el tallo, filogenia, fuerzas y presiones selectivas, etc.), aunque en última instancia los mecanismos propios del individuo dan lugar a la expresión ante estímulos externos del ambiente e internos de las plantas (Williams-Linera & Meave, 2002). Consecuentemente, que todos los individuos muestreados hayan presentado producción de estructuras reproductivas, aunque no se haya dado dentro del período de evaluación, reconoce directamente la madurez reproductiva de la muestra para ambas especies estudiadas e, indirectamente, sugiere que los especímenes de un tamaño similar son maduros reproductivamente en bosques de *Polylepis* de la quebrada Llaca y Quillcayhuanca. Esto último podría tomarse en cuenta como una aproximación al tamaño mínimo de los árboles de *Polylepis* para considerarles reproductivamente maduros (Taiz & Zeiger, 2002).

Por otra parte, aunque los factores más estudiados que desencadenan o promueven la fenología reproductiva de especies en los trópicos han sido los de carácter exógeno ambiental, principalmente la temperatura y precipitación (Fournier & Charpentier, 1975; Mora, 1990; Palacios-Ramos *et al.*, 2022; Taiz & Zeiger, 2002; Williams-Linera & Meave, 2002), las causas intrínsecas como la filogenia de las especies o presiones evolutivas sobre las mismas son aspectos poco tratados que pueden ayudar a dilucidar la fenología reproductiva de los

taxones y sus congéneres (Cortés-Flores *et al.*, 2017; Dalling, 2002; Davis *et al.*, 2010; Taiz & Zeiger, 2002; Williams-Linera & Meave, 2002). Por ejemplo, a pesar de que la bibliografía especializada en temas de fenología reproductiva en *Polylepis* no sea cuantiosa en comparación con otros estudios ecológicos sobre el género, las investigaciones realizadas hasta el momento indican eventos de producción de flores y frutos con diferencias intra- e interespecíficas en la temporalidad de formación y maduración de las fenofases.

Es así como, Domic *et al.* (2013) en su estudio realizado en Chuquisaca, Bolivia, describieron que la floración y fructificación de *P. tomentella* presentó máximos de producción a mediados de la estación seca (julio a septiembre) y a inicios de la estación de lluvias (agosto a diciembre), respectivamente. Por otro lado, Nina *et al.* (2004), citados por Domic *et al.* (2013), registraron la floración de *P. tomentella* a inicio de la época de lluvias y la fructificación a mediados de la misma. En su estudio sobre bosques de *P. incarum* en La Paz, Bolivia, López *et al.* (2018) indicaron que la floración sucedió durante la época seca hasta comienzos de la húmeda (julio a noviembre); mientras que la fructificación se dio en la época húmeda (agosto a enero). Asimismo, Torres *et al.* (2008) mencionan que la dispersión de frutos de *P. australis* en las montañas de Córdoba, Argentina, sucede anualmente en los meses de enero y febrero. En el hemisferio norte, Velez *et al.* (1998), citados por Domic *et al.* (2013), registraron que bosques de *P. quadrijuga* de los Andes colombianos presentaron su máxima floración a mediados de la temporada de lluvias (agosto) y fructificación al término de esta (octubre).

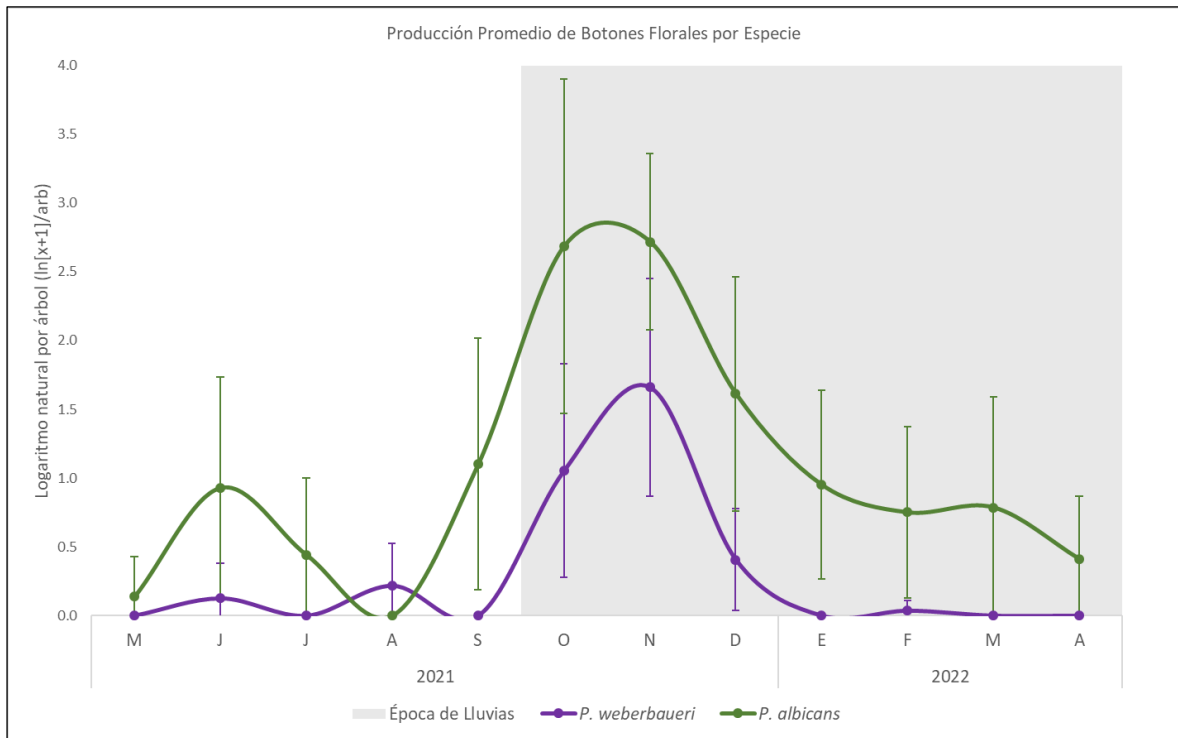
En este sentido, *P. weberbaueri* y *P. albicans* presentaron eventos y máximos de fenología reproductiva parecidos a los de *P. tomentella* y *P. incarum* en bosques del hemisferio sur de la región (Domic *et al.*, 2013; López *et al.*, 2018). Asimismo, las expresiones de fenología reproductiva de las especies estudiadas (Figuras de la 20 a la 25) mostraron similitud con los estudios citados, en donde la producción de fenofases reproductivas mostraron aparente relación con la estacionalidad de las lluvias. No obstante, la bibliografía señala claros desfases en los meses de respuestas fenológicas entre especies de *Polylepis*, existiendo también diferencias intraespecíficas como en *P. tomentella* (Domic *et al.*, 2013).

Sobre otras variables relacionadas a la estacionalidad en bosques de Llaca, datos recopilados por Alejo (2021) durante la época de lluvias presentaron promedios diarios de 5,6 °C y 98%

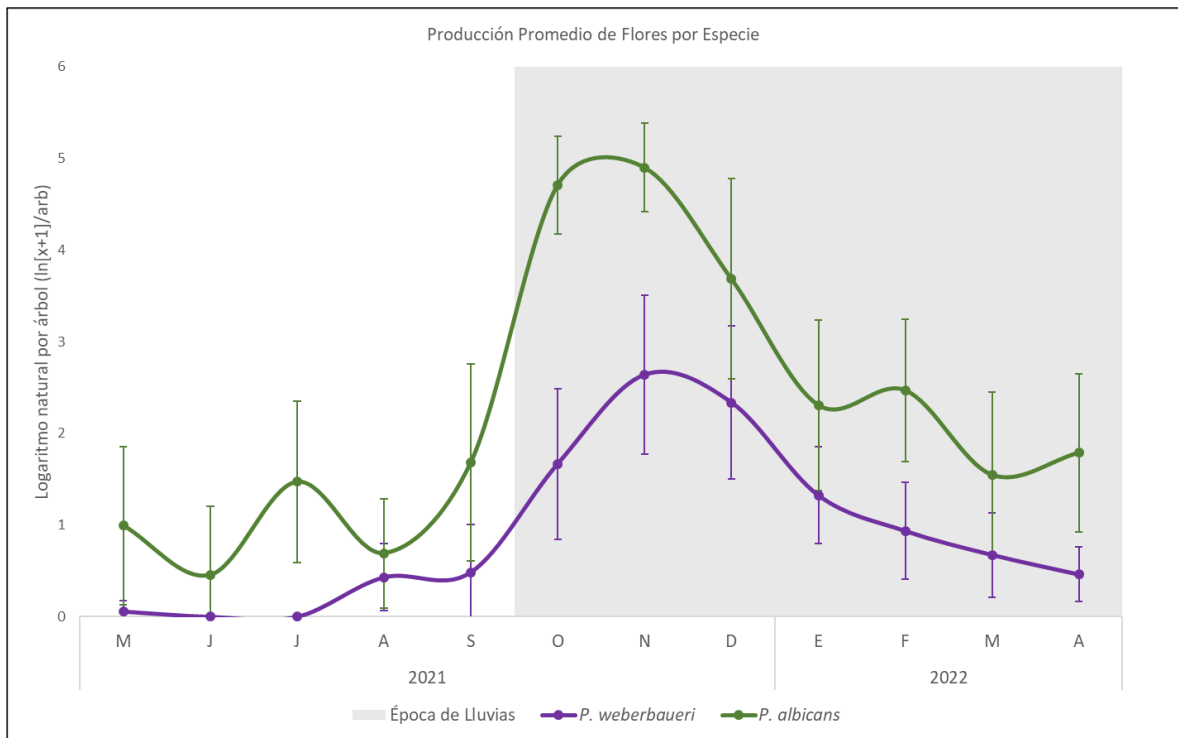
de humedad relativa para Llaca 1 (registros del 22/01/20 al 21/02/20) y 5,1 °C y 91,5% para Llaca 2 (registros del 21/12/19 al 20/01/20). En época de estiaje (registros del 11/07/20 al 10/08/20) la plantación de Quillcayhuanca presentó un promedio diario de 7 °C y 54,4%. Por otro lado, el INAIGEM realizó registros de temperatura y humedad relativa utilizando sensores meteorológicos KESTREL 5500 y una duración de un mes para ambas épocas. Ambos bosques de Llaca presentaron una temperatura máxima diaria y amplitud térmica mayores en la época de seca que en la época de lluvias; en tanto la plantación Quillcayhuanca presentó menor amplitud y temperatura máxima diaria en la época seca, registrándose mayores valores durante la temporada de lluvias. Los registros mencionados indican una clara diferencia entre las tendencias de temperatura, y probablemente de demás variables ambientales relacionadas, en los bosques de Llaca y la plantación Quillcayhuanca, lo cual también indicaría las preferencias climáticas de las especies estudiadas (Boza *et al.*, 2019; Boza & Kessler, 2022). Es así como el considerar la estacionalidad de los factores ambientales en los bosques y su variabilidad local resulta importante para comprender de manera integral la formación y desarrollo de estructuras reproductivas, más aún en especies con eventos tan similares de fenología reproductiva como *P. weberbaueri* y *P. albicans*.

De esta manera, la producción promedio de flores (femeninas y masculinas) y frutos (verdes, maduros y secos) de las especies guardaron similitud dentro de la disgregación de fenofases, diferenciándose principalmente en valores absolutos de producción. En general, hubo una mayor proporción de flores femeninas que masculinas para ambas especies. El desfase temporal entre los picos de flores femeninas y masculinas de ambas especies fue de un mes, siendo la flor femenina la primera en expresarse dada la protoginia del género (Seltmann *et al.*, 2009; Simpson, 1979). Igualmente, se determinó la producción de los estadios de los frutos durante la época de lluvias para ambas especies. En ambas especies, la producción de frutos verdes se dio principalmente de octubre a febrero, teniéndose los picos de producción en los meses de diciembre (*P. albicans*) y enero (*P. weberbaueri*); en menor proporción, los frutos maduros presentaron su pico en febrero (ambas especies). Por otro lado, los frutos secos presentaron su máxima en marzo, en donde *P. albicans* presentó mayor proporción de frutos secos que de frutos maduros a diferencia de *P. weberbaueri* que presentó una ínfima cantidad de frutos secos. Lo mencionado podría haberse debido a la gran cantidad de frutos secos retenidos en árboles de *P. albicans*, pudiendo indicar una desecación precoz de los frutos que no llegaron al estadio maduro debido a inviabilidad de las estructuras. Otra posible explicación por lo que no se encontraron tantos frutos secos retenidos en inflorescencias de

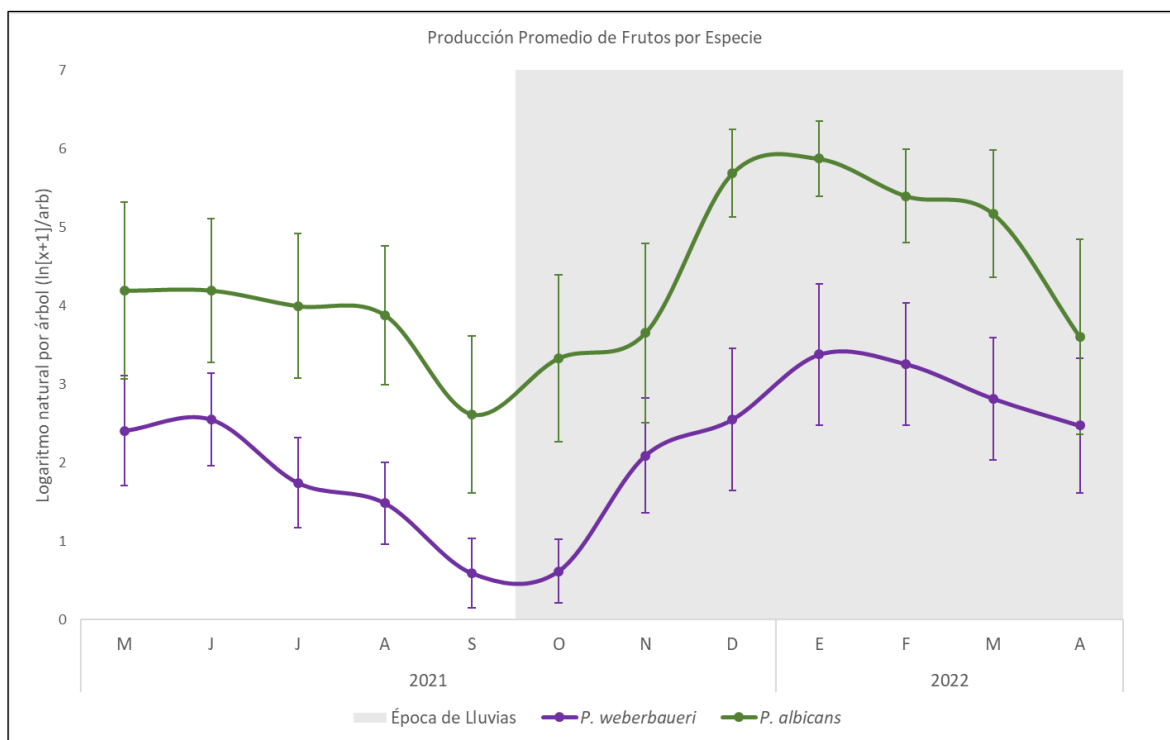
*P. weberbaueri* podría deberse al propio peso de los frutos, en tanto estos se reportan de 2 a 3 veces más pesados que los de *P. albicans* (Morales, 2017).



**Figura 26:** Dendrofenograma de producciones promedio de botones florales de *Polylepis weberbaueri* y *Polylepis albicans* de mayo 2021 a abril 2022



**Figura 27:** Dendrofenograma de producciones promedio de flores de *Polylepis weberbaueri* y *Polylepis albicans* de mayo 2021 a abril 2022



**Figura 28: Dendrofenograma de producciones promedio de frutos de *Polylepis weberbaueri* y *Polylepis albicans* de mayo 2021 a abril 2022**

En las Figuras de la 26 a la 28, así como en los dendrofenogramas donde se ven los estadios fenológicos disgregados para *P. weberbaueri* (Figuras 21 y 22) y *P. albicans* (Figuras 24 y 25), se pueden apreciar las producciones semejantes de ambas especies y a una misma escala para sus fenofases. La elaboración de los gráficos comparativos, y lo observado en estos, provee aproximaciones de la temporalidad de los eventos de fenología reproductiva de las especies. Las comparaciones interespecíficas de los momentos de producción de estructuras reproductivas asimismo permiten considerar factores intrínsecos como la filogenia de ambas especies, la cual sería una variable importante para analizar en estos tipos de estudios (Davis *et al.*, 2010), más aún en especies simpátricas y ecológicamente distintas como *P. weberbaueri* y *P. albicans* (Boza & Kessler, 2022; Sevillano-Ríos & Morales, 2021).

### 4.1.3. Modelos de producción máxima de flores y frutos

El modelamiento de la producción de flores y frutos de las especies *P. weberbaueri* y *P. albicans* empleó la información recogida de las variables alométricas de los individuos muestreados. Se estableció como variable respuesta la producción máxima de cada fenofase (flor o fruto) cualquier haya sido el mes de registro durante el año de evaluación fenológica. Las variables explicativas (covariables) fueron el diámetro promedio de los fustes, el área basal total, la altura total, el diámetro de copa, y el área de copa de los individuos (códigos dpf, abt, ht, dcop y acop, respectivamente).

Los gráficos de correlación de Pearson de las covariables indicaron que no hubo una alta relación de colinealidad entre la mayoría de estas (Anexo 8), a excepción del dcop con el acop ( $r: 0,99$ ), en donde el primero se excluyó del proceso de modelamiento para evitar un sobreajuste del modelo a los datos. El mayor índice de correlación de los restantes resultó en 0,71 entre el dpf y el acop, por lo que se incluyeron a las variables dpf, abt, ht y acop dentro del modelamiento.

Para la construcción del modelo de producción máxima de flores de *P. weberbaueri* se redujo la cantidad de la muestra al no registrarse la fenofase en 5 árboles durante el año ( $n = 15$ ). Igualmente, para el modelo de producción máxima de frutos, solo un individuo no presentó esta fenofase en todo el año de evaluación, por lo que también se descartó a este de la muestra ( $n = 19$ ). Asimismo, se elaboraron gráficos de dispersión con los datos de *P. weberbaueri* (Anexo 9) para descartar valores atípicos (*outliers*) de las fenofases, dejando así una muestra de 14 y 15 individuos para los modelos de flores y frutos, respectivamente. A diferencia de *P. weberbaueri*, todos los individuos de *P. albicans* presentaron ambas fenofases durante el año de evaluación ( $n = 16$  ambos casos). De la misma manera, los gráficos de dispersión de *P. albicans* (Anexo 10) ayudaron a decidir el retiro de individuos *outliers*, con lo que se mantuvieron 14 y 16 individuos para los modelos de flores y frutos, respectivamente.

Los parámetros de los modelos se estimaron en base a una distribución Poisson. Se empleó la función `glm()` del paquete `stats v4.2.1` para obtener un modelo lineal generalizado (MLG) saturado (i.e. uso de todas las covariables en el modelo) por cada especie y por cada modelo de producción máxima de fenofase. Posteriormente, se evaluó la equidispersión de los modelos saturados en base a la desviación del modelo entre los grados de libertad de este.

Se utilizó la función `dispersiontest()` del paquete AER v1.2-10 para evaluar presencia de sobredispersión en los modelos (Cameron & Trivedi, 1998; Vives, 2002).

Tabla 5: Índice y estadístico de sobredispersión de modelo de producción máxima de fenofase por especie

Modelo	Desviación (D)	gl	D/gl	z	p-value
<i>Polylepis weberbaueri</i>					
Producción Flores	170.1400	9	18.9044	3.6153	0.000150
Producción Frutos	372.2653	10	37.2265	3.6857	0.000114
<i>Polylepis albicans</i>					
Producción Flores	266.9996	9	29.6666	2.6563	0.003950
Producción Frutos	1347.6020	11	122.5093	2.9645	0.001516

El índice D/gl de la Tabla 5 señala de forma genérica si los modelos se alejan de una situación de igualdad entre su media y varianza condicional (i.e. valores mayores a 1 significa sobredispersión; valores menores, infradispersión; valores cercanos a 1, equidispersión) (Cameron & Trivedi, 1998; Vives, 2002). Es así como los *p*-valores de la prueba indicaron que, para todos los casos, la dispersión fue mayor a 1, no cumpliéndose el supuesto de equidispersión para modelos con distribución de Poisson.

En consecuencia, se volvieron a replantear los modelos en base a la distribución Binomial Negativa, al ser esta una generalización de Poisson donde la función de relación de variancia y media condicionales no es la igualdad (Cameron & Trivedi, 1998), usándose la función `glm.nb()`, paquete MASS v7.3-57. Luego, se realizaron regresiones escalonadas (*stepwise regressions*) con la función `step()`, paquete stats v4.2.1, para la inclusión progresiva de covariables a un modelo nulo, empleándose como criterio de permanencia dentro del modelo al Coeficiente de Información de Akaike (AIC). Richards (2005) señala que el AIC refleja la parsimonia del modelo, siendo este coeficiente la representación del intercambio entre el sesgo predictivo e incertidumbre de los parámetros del modelo. Posteriormente, se utilizó la función `AICc()`, paquete AICmodavg v2.3-1, para obtener el AIC corregido (AICc), el cual toma en consideración el tamaño de muestra empleado y recalcula el coeficiente inicial (Morales, Sevillano-Ríos, *et al.*, 2018; Richards, 2005; Sevillano-Ríos & Morales, 2021).

**Tabla 6: MLG de producción de máxima de fenofase seleccionados por especie en base al AICc**

<b>Especie</b>	<b>Fenofase</b>	<b>Modelo</b>	<b>AICc</b>
<i>Polylepis weberbaueri</i>	Flores	fen = 1	136.0119
	Frutos	fen = 1	159.1462
<i>Polylepis albicans</i>	Flores	fen = 1	163.2075
	Frutos	fen = abt + acop	230.6193

Los modelos de producción máxima de flores y frutos de *P. weberbaueri* y el modelo de producción máxima de flores de *P. albicans* seleccionados resultaron ser modelos nulos (Tabla 6). Lo mencionado se interpretó como la no existencia de una relación entre la producción máxima de las fenofases y covariables. Por otro lado, el único modelo donde se determinó alguna significancia fue el de producción máxima de frutos de *P. albicans* con el abt y el acop. Cabe destacar que, en la selección de modelos con el cálculo del AIC, el modelo escogido para la producción máxima de flores de *P. albicans* estuvo relacionado a la covariable abt y no al modelo nulo, lo que podría haber dado como primera respuesta una asociación espuria entre la producción de flores y el área basal total. No obstante, el procedimiento realizado con el AICc como criterio de decisión resaltó la importancia de su uso al compensar el tamaño de la muestra para la selección de modelos adecuados (en este caso el modelo nulo) y evitar así el sesgo.

**Tabla 7: Estimación de coeficientes y estadísticos para el MLG de producción máxima de frutos de *Polylepis albicans***

<b>Modelo</b>	<b>Variable</b>	<b>Estimado</b>	<b>SE</b>	<b>t value</b>	<b>p-value</b>	<b>Sig.</b>
Producción	Intercepto	6.1772	0.3231	19.1180	0.0000	***
Máxima de	Área basal total (abt)	0.0011	0.0003	3.3060	0.0009	***
Frutos	Área de copa (acop)	-0.0230	0.0096	-2.3900	0.0168	*

La Tabla 7 muestra el resumen del MLG de producción máxima de frutos para *P. albicans*, el cual indica que existe suficiente evidencia estadística para señalar que la variable respuesta se ve influenciada por el área basal total y el área de copa. El modelo obtenido señala una relación positiva con el área basal total de los árboles y, en contraposición, una relación negativa con el área de copa o dosel, ambos con distintos niveles de significancia para cada covariable. El aumento en un centímetro cuadrado del área basal total del árbol indica que la producción máxima de frutos se vería incrementada en 1,001079 frutos ( $\exp(0,0011)$ ) en

promedio. En cambio, ante el aumento en un metro cuadrado del área de copa del árbol, la producción máxima de frutos disminuiría en promedio 0,9772759 frutos ( $\exp(-0,0230)$ ). Cabe mencionar que lo expuesto difiere a lo encontrado en otras especies de *Polylepis* respecto a la alometría de los árboles (Domic *et al.*, 2013; López *et al.*, 2018).

La versatilidad de los MLG para el estudio de variables de interés en el campo de la ecología radica en su capacidad de incluir diferentes fuentes de información con naturalezas distintas y sin la obligatoriedad de cumplir los supuestos del modelamiento lineal general (i.e. normalidad y homocedasticidad) (Vives, 2002). Sobre estudios en *Polylepis*, los MLG se han empleado para encontrar relaciones entre la regeneración al borde de parches de *P. weberbaueri* y *P. albicans* con variables ambientales a diferentes escalas con fines de evaluar la capacidad de expansión del bosque y los cuellos de botella para la colonización de nuevos espacios de no bosque (Morales, 2017; Morales, Sevillano-Ríos, *et al.*, 2018). De igual manera, los MLG han sido utilizados para relacionar la presencia de *P. weberbaueri* y *P. albicans* con la temperatura y radiación solar en el PNH, permitiendo el modelamiento de la distribución espacial de estas especies (Sevillano-Ríos & Morales, 2021).

Asimismo, los MLG se han empleado para relacionar la fenología reproductiva de *Polylepis* y factores bióticos y abióticos. Por ejemplo, López *et al.* (2018) hallaron que la producción de fenología reproductiva de *P. incarum* se vio influenciada por el hábito de los individuos, variables dasométricas (e.g. DAP), y variables ambientales (e.g. temperatura y precipitación). De igual manera, Domic *et al.* (2013) en su estudio sobre *P. tomentella* encontraron significancia entre la producción máxima de flores y el área del dosel, así como de la producción máxima de frutos y el diámetro del fuste y área del dosel. En este sentido, el proceso de modelamiento realizado permitió analizar la influencia y no influencia de las variables dasométricas sobre los eventos de fenología reproductiva de las especies. Además de ello, el potencial de incorporar otras variables al proceso de modelamiento, en especial variables ambientales, provee una ventaja considerable para ahondar en futuros estudios de interacciones del medio con la fenología reproductiva de las especies de *Polylepis*.

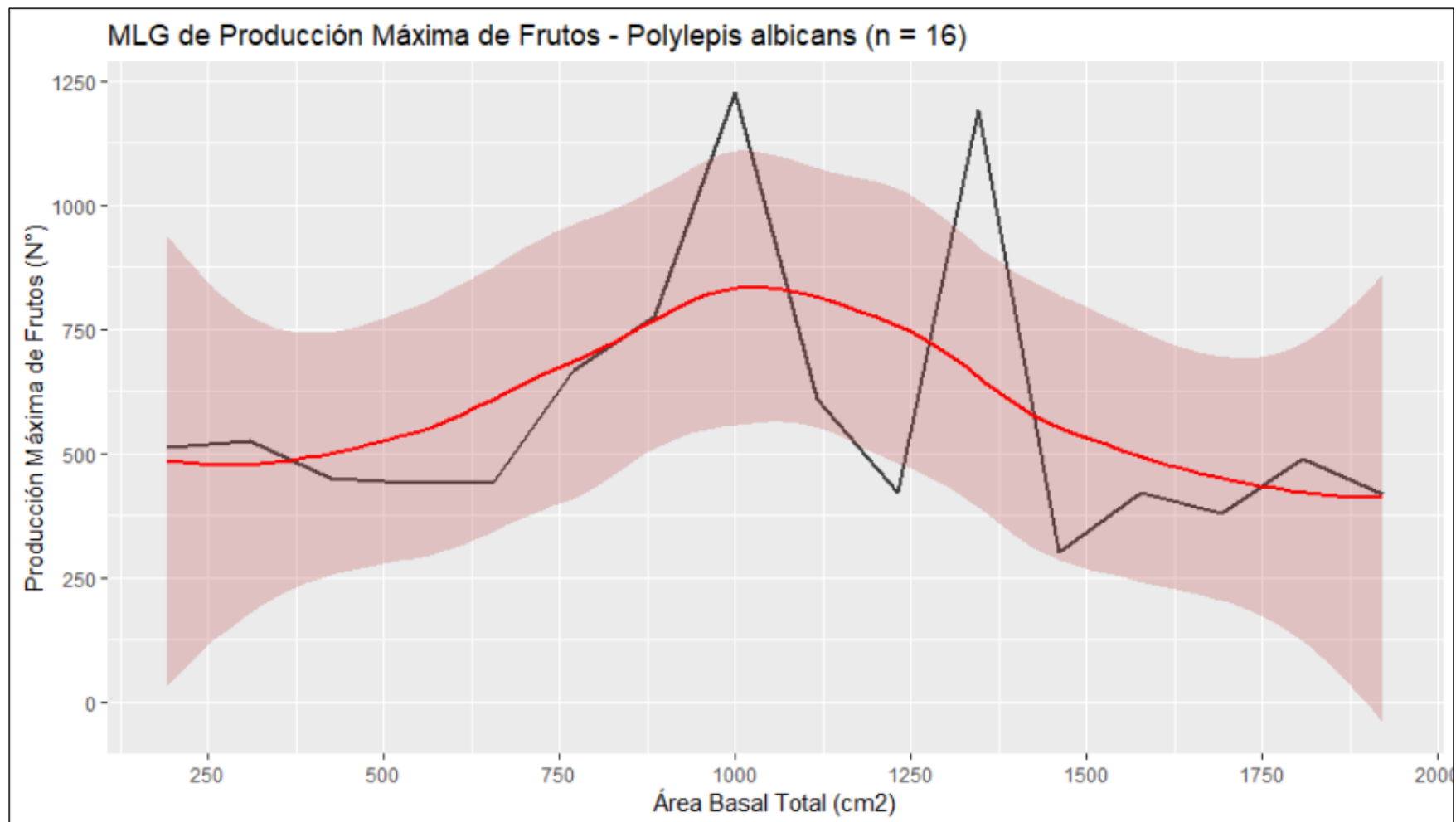


Figura 29: Gráfico del MLG de producción máxima de frutos de *Polylepis albicans*

#### 4.2. Caracterización anatómica y morfológica de las estructuras reproductivas

A partir de una muestra extraída de las colectas para las evaluaciones fenológicas se observaron las estructuras reproductivas de los estadios fenológicos de *P. weberbaueri* y *P. albicans* con el estereoscopio en gabinete, las cuales se describen a continuación:

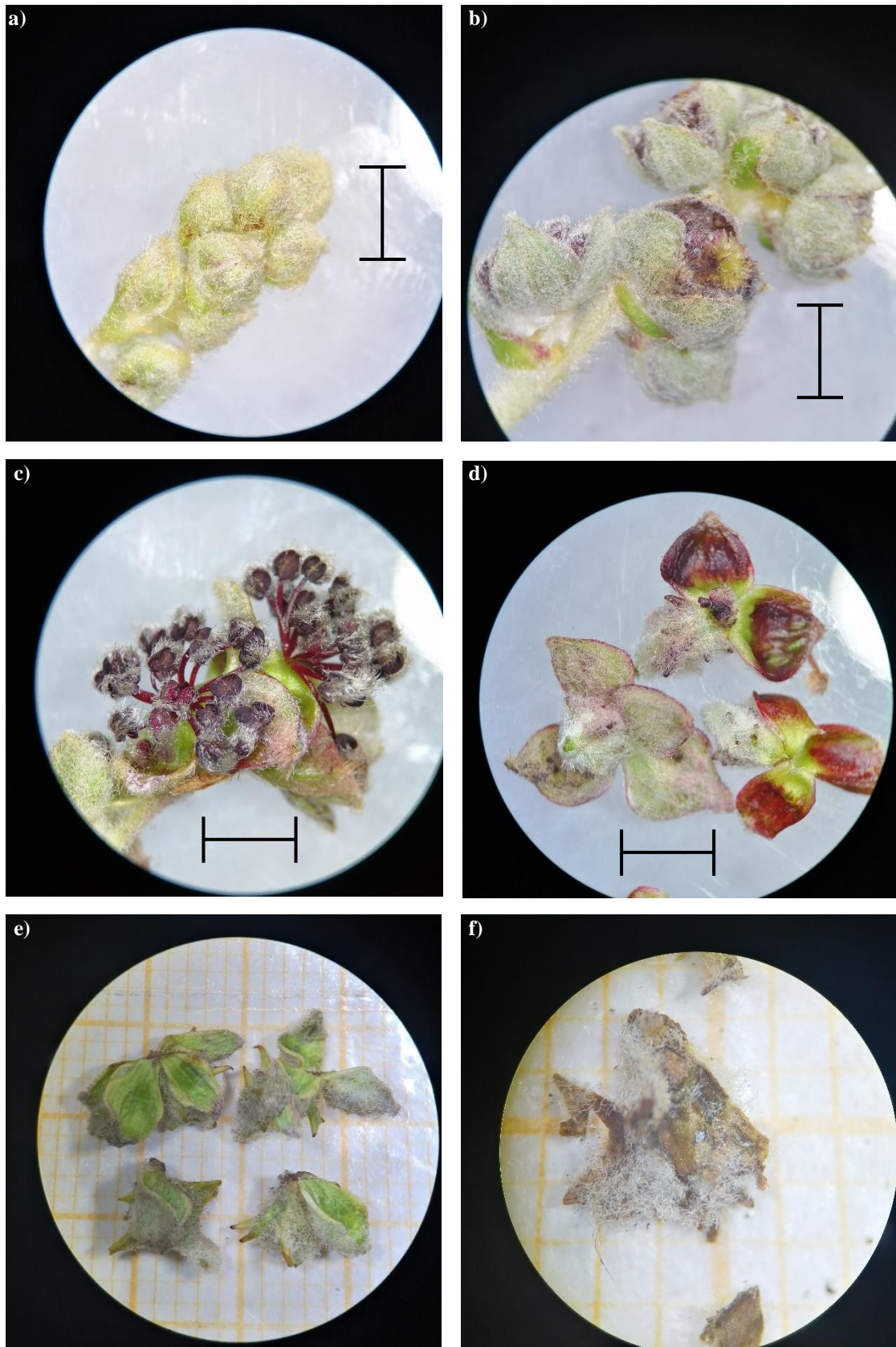
Sobre el estadio fenológico botón floral, ambas especies presentaron estructuras reproductivas de color verdoso, siendo la especie *P. weberbaueri* la que presentó una tonalidad verde amarillenta clara y, por su parte, *P. albicans* una tonalidad verde oscura. En este estadio también se pudo observar brácteas florales, las cuales fueron más notorias en *P. albicans* debido al reducido tamaño de sus botones. El alto y ancho de los botones florales medidos de *P. weberbaueri* fue de  $4,85 \pm 0,62$  mm y  $4,40 \pm 0,46$  mm (promedio  $\pm$  desviación estándar), respectivamente. Por otro lado, el tamaño de las estructuras de *P. albicans* fue  $2,62 \pm 0,34$  mm y  $1,93 \pm 0,22$  mm para el alto y ancho, respectivamente.

A ojo descubierto, las superficies de los botones, brácteas y raquis de las inflorescencias se pudieron observar completamente cubiertas por tricomas, los cuales se mantuvieron presentes a lo largo de los demás estadios y maduración de estructuras. Cabe mencionar que el género *Polylepis* presenta inflorescencias en racimos colgantes concentrados, en su mayoría, al extremo apical de las ramas terminales y esto se pudo apreciar en el material recogido en campo.

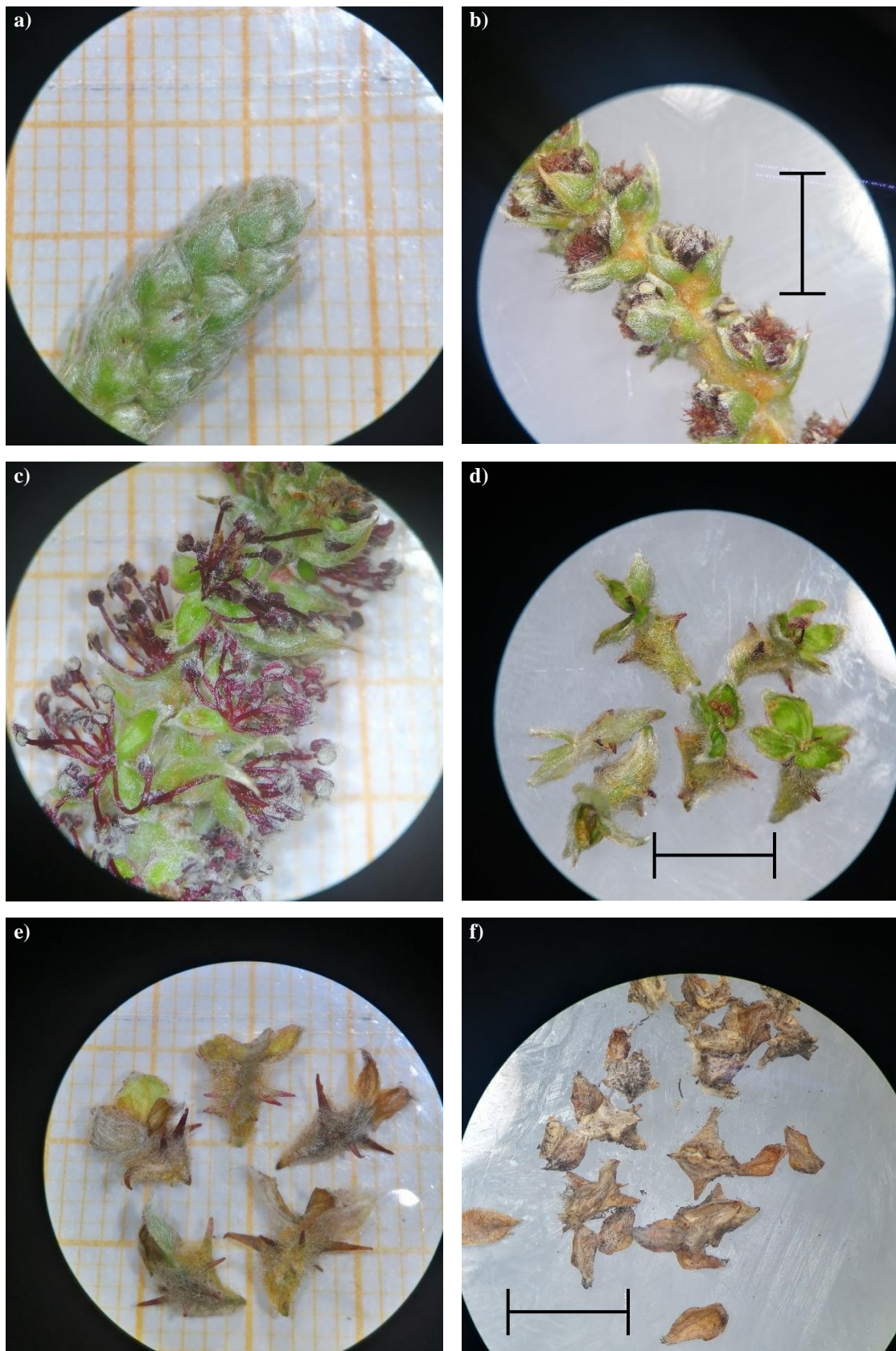
En la fenofase floración se distinguieron los estadios fenológicos flor femenina (*P. weberbaueri*:  $6,07 \pm 1,01$  mm de alto,  $5,50 \pm 1,07$  mm de ancho; *P. albicans*:  $4,63 \pm 0,37$  mm de alto,  $3,18 \pm 0,38$  mm de ancho) y flor masculina (*P. weberbaueri*:  $8,00 \pm 1,62$  mm de alto,  $8,20 \pm 1,39$  mm de ancho; *P. albicans*:  $5,60 \pm 0,88$  mm de alto,  $3,98 \pm 0,50$  mm de ancho). En estos estadios se caracterizaron nítidamente los verticilos florales cáliz, gineceo y androceo. Los sépalos de la especie *P. weberbaueri* presentaron una forma obovada a ovada, a la vez que *P. albicans* presentó una forma ovada en los componentes de su cáliz. En el estadio flor femenina, los gineceos de ambas especies se observaron de estigma difuso (i.e. forma de pompón), rodeado por las anteras del androceo aún inmaduro, y color amarillo claro o rojizo morado desde la base a morado en sus puntas. En el estadio flor masculina, el estigma y estilo se desecaron manteniéndose en flor. La maduración del androceo dio lugar al crecimiento de los estambres y anteras, siendo los primeros de inserción dorsifijas en las

anteras, presentando ambas estructuras un color morado; la abertura de las anteras para la liberación de los granos de polen registró ser de forma longitudinal. Durante la transición entre estadios hasta la liberación del polen, se pudo observar los sépalos de un verde claro o verde oscuro, similar al observado en los estadios botón floral de las especies; adicionalmente, algunas estructuras reproductivas de *P. albicans* presentaron una coloración morada leve en el margen de los sépalos, mientras que otras de *P. weberbaueri* presentaron una coloración más contrastante al tornarse morada gran parte de estos. Cabe destacar que desde el estadio flor femenina se observaron pequeñas protuberancias en los receptáculos de las estructuras, las cuales originarían las espinas características de ambas especies (Simpson, 1979) e incrementarían en tamaño conforme la transición a los siguientes estadios fenológicos.

La fenofase fructificación comprendió la identificación y caracterización de los estadios frutos verdes (*P. weberbaueri*:  $9,10 \pm 1,67$  mm de alto,  $7,97 \pm 0,94$  mm de ancho; *P. albicans*:  $6,83 \pm 0,63$  mm de alto,  $4,18 \pm 0,71$  mm de ancho), frutos maduros (*P. weberbaueri*:  $8,02 \pm 2,10$  mm de alto,  $6,57 \pm 1,19$  mm de ancho; *P. albicans*:  $6,15 \pm 1,06$  mm de alto,  $5,47 \pm 0,66$  mm de ancho) y frutos secos. Los frutos de las especies estudiadas son aquenios y sus estructuras reproductivas se pudieron distinguir principalmente por la maduración del receptáculo y pérdida de las partes más externas del gineceo y androceo de los estadios flor femenina y flor masculina, respectivamente. Acorde con lo descrito por Simpson (1979), las protuberancias que se observaron propias de los frutos de *P. weberbaueri* y *P. albicans* fueron espinas de diversos tamaños y posicionadas de manera irregular alrededor del receptáculo. Las coloraciones de las espinas fueron, en su mayoría, verde para el estadio fruto verde y maduro, habiendo algunos frutos que presentaron espinas con puntas moradas. En general, el tamaño, color y dureza fueron las características principales para poder discernir entre las tres etapas de los frutos. Específicamente, en *P. weberbaueri* los frutos maduros mantuvieron una tonalidad en su color verde casi igual al de los frutos verdes, diferenciándose los primeros de los segundos en la dureza de las espinas y del mismo fruto, a diferencia de *P. albicans* que presentó frutos maduros de color amarillo. Los frutos secos de ambas especies se caracterizaron por una reducción en el tamaño, además de presentar un color amarillo opaco y presencia de pubescencia realzada de forma más notoria, en especial en *P. weberbaueri*, donde la pubescencia se notó contrastante sobre la superficie de los frutos.



**Figura 30: Estructuras reproductivas de las fenofases de *Polylepis weberbaueri*: a) Botones florales; b) flores femeninas; c) flores masculinas; d) frutos verdes; e) frutos maduros; f) frutos secos. Cuadriculas y líneas negras en las imágenes representan escalas de 1 mm y 5 mm, respectivamente**



**Figura 31:** Estructuras reproductivas de las fenofases de *Polylepis albicans*: a) Botones florales; b) flores femeninas; c) flores masculinas; d) frutos verdes; e) frutos maduros; f) frutos secos. Cuadriculas y líneas negras en las imágenes representan escalas de 1 mm y 5 mm, respectivamente

Según lo detallado en la caracterización de estructuras, se pudo observar que *P. weberbaueri* y *P. albicans* presentaron botones, flores y frutos muy similares en forma y color de sus partes (Figuras 30 y 31). Cada estadio fenológico homólogo entre las especies se diferenció principalmente en el tamaño, en donde *P. weberbaueri* registró las mediciones de mayor tamaño y *P. albicans* las de menor tamaño (Tabla 8). Los promedios de las mediciones de estructuras reproductivas para frutos de *P. weberbaueri* y *P. albicans* fueron parecidos a los rangos de las dimensiones descritas por Boza & Kessler (2022), en especial los de *P. albicans*. En *P. weberbaueri*, las mediciones promedio de las flores obtenidas en la investigación resultaron ser menores al rango de diámetro presentado por los citados autores.

Por otro lado, pese a que la presente investigación no consideró el peso como una variable de medición en las estructuras reproductivas, existe un precedente que los frutos de *P. weberbaueri* son de 2 a 3 veces el peso que los de *P. albicans* (Morales, 2017). Adicionalmente, a través de pruebas Mann Whitney se compararon las medias correspondientes del ancho y alto de las estructuras entre *P. weberbaueri* y *P. albicans*, hallando diferencias significativas para concluir que las medidas de las estructuras comparadas entre sí son diferentes. La diferencia en las medidas, y en general el tamaño de las estructuras entre las especies, se reflejó, de igual manera, en la producción total de estructuras por fenofase y estadio fenológico en el período de evaluación fenológica, como se vio en la determinación de eventos de fenología reproductiva. Al mismo tiempo, cabe destacar que la producción de flores y frutos de la especie *P. albicans* fue aproximadamente de cinco y seis veces más que la producción de *P. weberbaueri*, respectivamente.

**Tabla 8: Medidas promedio ( $\pm$  desviación estándar) de alto y ancho de estructuras reproductivas de *Polylepis weberbaueri* y *Polylepis albicans***

Estadio Fenológico*	<i>Polylepis weberbaueri</i>		<i>Polylepis albicans</i>		Sig.**
	Alto (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Ancho (mm)	
Botón Floral	4.85 $\pm$ 0.62	4.40 $\pm$ 0.46	2.62 $\pm$ 0.34	1.93 $\pm$ 0.22	*
Flor Femenina	6.07 $\pm$ 1.01	5.50 $\pm$ 1.07	4.63 $\pm$ 0.37	3.18 $\pm$ 0.38	*
Flor Masculina	8.00 $\pm$ 1.62	8.20 $\pm$ 1.39	5.60 $\pm$ 0.88	3.98 $\pm$ 0.50	*
Fruto Verde	9.10 $\pm$ 1.67	7.97 $\pm$ 0.94	6.83 $\pm$ 0.63	4.18 $\pm$ 0.71	*
Fruto Maduro	8.02 $\pm$ 2.10	6.57 $\pm$ 1.19	6.15 $\pm$ 1.06	5.47 $\pm$ 0.66	*

\*No se incluyeron mediciones del estadio fenológico fruto seco debido a la reducción general en tamaño

\*\*Significancia de ambas dimensiones medidas (alto y ancho) entre las especies de *Polylepis*

Como se detalló en la caracterización de estructuras, las flores fueron incompletas y perfectas al no poseer los cuatro verticilos florales y desarrollando órganos sexuales femeninos y masculinos (Simpson, 1979). El ovario de *Polylepis* es ínfero y envuelto por el receptáculo, siendo este el que incrementa su tamaño en la fructificación. Los frutos son conocidos por ser aquenios con diferentes tipos de protuberancias (e.g. crestas, nudos, espinas y alas) distribuidas irregularmente alrededor del receptáculo maduro, siendo una característica útil para el reconocimiento en campo o identificación taxonómica entre especies (Mendoza & Cano, 2012; Simpson, 1979). No obstante, Boza & Kessler (2022) mencionan que la distinción de estas protuberancias en frutos de *Polylepis* no tiene un valor taxonómico para identificación de los individuos a nivel de especie, pero sí resulta útil para la clasificación infragenérica de secciones y subsecciones. Por ejemplo, *P. albicans* y *P. weberbaueri* pertenecen a las secciones Sericeae y Reticulatae, respectivamente, propuestas por los autores del citado estudio y basados en características morfológicas, nichos climáticos y poliploidía.

Sobre la pubescencia y su distribución en las especies estudiadas, los tricomas de *P. weberbaueri* y *P. albicans* se encontraron presentes en las superficies de órganos tales como hojas, flores y frutos, teniendo diversas distribuciones dependiendo de la especie y el órgano. Por ejemplo, el haz de los foliolos de *P. weberbaueri* presentó una superficie glabra y con una nervadura principal con tricomas (Figura 32); mientras que *P. albicans* presentó una superficie del haz cubierta densamente por tricomas. Es así como la presencia de tricomas en el haz de los foliolos es un rasgo vegetativo que ha permitido describir a *P. albicans* como un taxón diferente al de *P. sericea* (Boza & Kessler, 2022), especie con la que anteriormente se clasificaba de forma conjunta para la zona de la Cordillera Blanca, Áncash (Mendoza & Cano, 2011, 2012; Segovia-Salcedo *et al.*, 2018).

Asimismo, los tipos de tricomas hallados difirieron por especie siendo tricomas lanosos la pubescencia distintiva de órganos de *P. weberbaueri*. Mientras tanto, la pubescencia característica de *P. albicans* fue de tricomas seríceos (i.e. aspecto y brillo de seda), rasgo compartido con otras especies antes clasificadas como *P. sericea* (Boza *et al.*, 2019). La pubescencia de ambas especies se observó estar presente en varias estructuras de los estadios fenológicos, tales como las superficies externas de los sépalos, anteras, receptáculo de las flores, raquis de las inflorescencias, etc.

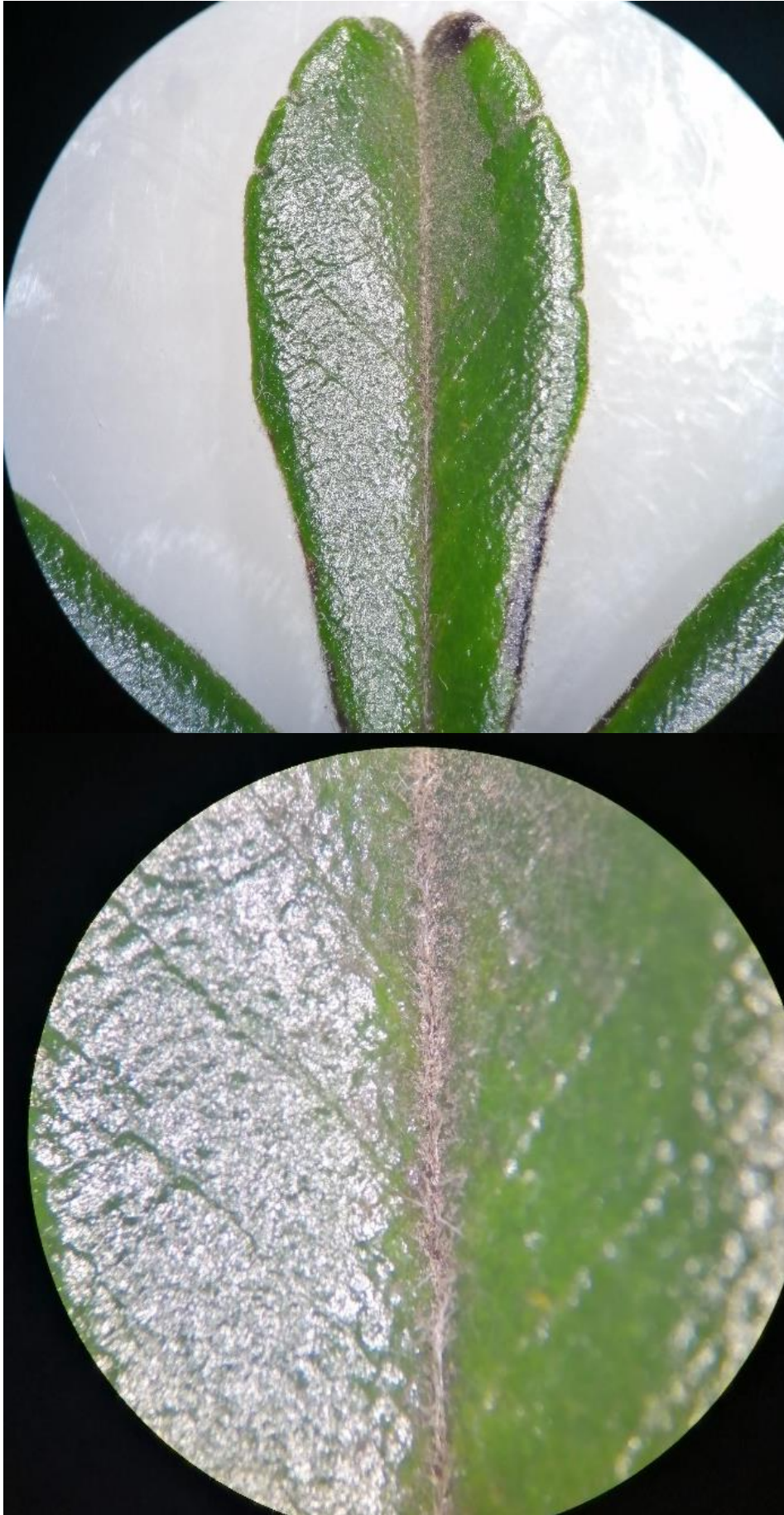


Figura 32: Tricomas presentes en nervadura principal del haz de folíolos de *Polylepis weberbaueri*

Respecto a los agentes bióticos que se pudieron observar durante la caracterización de estructuras, la artropofauna hallada en *P. albicans* fue comparativamente menor a la de *P. weberbaueri*. Específicamente, se pudo observar la presencia exclusiva de orugas ortognatas de la familia Geometridae, orden Lepidoptera, en frutos de *P. weberbaueri*, los cuales también registraron perforaciones en su parte media. Asimismo, se distinguió la presencia de distintos estadios de pulgones (familia Aphididae, orden Hemiptera) y trips (orden Thysanoptera) en las estructuras reproductivas de ambas especies estudiadas. Cabe destacar que durante las colectas mensuales de la evaluación fenológica se constató en campo que la época de lluvias fue la estación con más presencia de insectos en las inflorescencias de *Polylepis*.

La presencia de la familia Geometridae y el orden Thysanoptera fue consistente con lo reportado por Oroz-Ramos *et al.* (2017) en su evaluación de artropofauna en bosques de *Polylepis*, la mayoría relictos de *P. weberbaueri* y en menor medida relictos de combinaciones de *P. weberbaueri* y *Polylepis* spp., en el corredor de Conchucos, provincias de Huari y Bolognesi, Áncash. Por otra parte, en sus colectas de artrópodos realizadas en bosques de *P. weberbaueri* de la quebrada Llaca, Valladares (2019) no registró presencia del orden Lepidoptera ni Thysanoptera, más sí de Hemiptera, entre otros órdenes, en trampas pitfall. Esta diferencia de resultados entre lo observado en inflorescencias de *Polylepis* y los estudios citados, en especial el de Valladares (2019), se pudo haber debido a la diferencia de metodologías empleadas para cada uno.

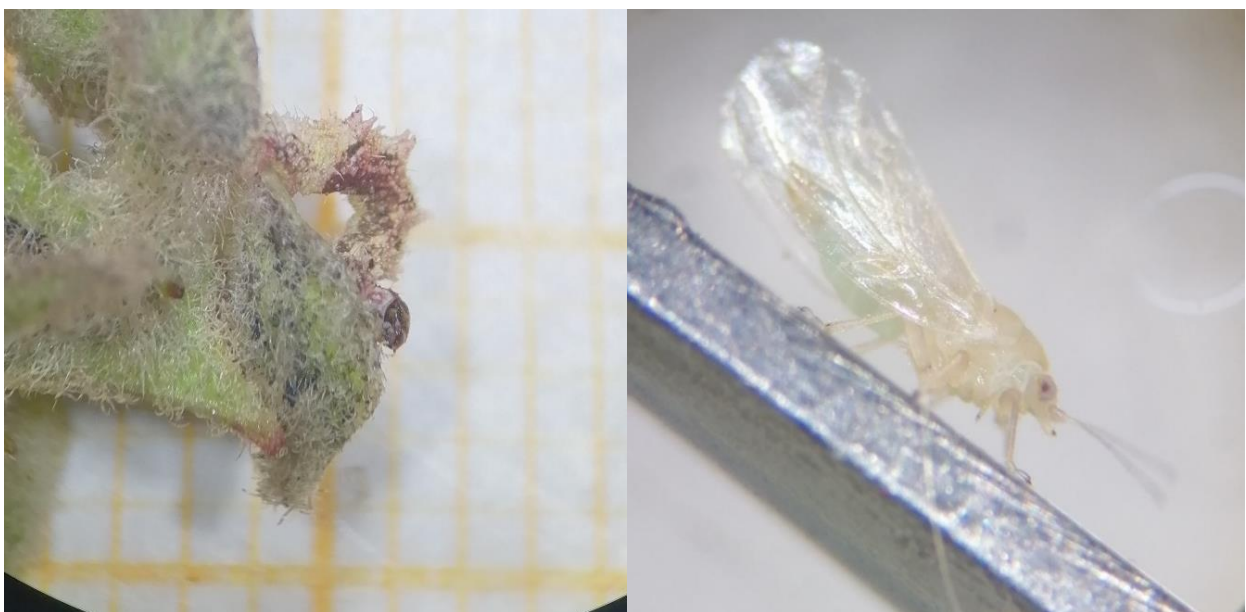


Figura 33: Artropofauna hallada en *Polylepis weberbaueri* (Izquierda: Geometridae; derecha: Aphidae)

### 4.3. Efecto del cambio estacional sobre plántulas de regeneración natural

#### 4.3.1. Resultados de cuadratines de plántulas

El levantamiento de información se realizó en dos momentos del período de evaluación de fenología reproductiva, representando cada uno a una época correspondiente y llevándose a cabo en los meses de septiembre 2021 y marzo 2022 (término de la época seca y término de la época de lluvias, respectivamente). Las unidades muestrales fueron cuadratines de 1 m<sup>2</sup> dispuestos en cruz, siguiendo una distribución según los puntos cardinales y a 2 m desde el fuste principal de los árboles seleccionados de evaluación fenológica, teniéndose así una proyección de 144 cuadratines a instalar en total para ambas especies. La distancia de los cuadratines al fuste principal se calculó a partir de observaciones en campo, así como también se basó en estudios previos en *Polylepis* (Quispe, 2014; Torres *et al.*, 2008) y conceptos de ecología en regeneración natural (Barone & Coley, 2002; Bustamante & Simonetti, 2000). Dentro de los cuadratines y para cada época se realizaron mediciones de alturas y conteo de número de hojas de plántulas.

En campo se llegó a realizar la instalación efectiva de 50 cuadratines en total, distribuidos en ambas quebradas y sus respectivas formaciones boscosas. La diferencia entre cantidades de cuadratines instalados y proyectados se debió a la poca presencia de plántulas dentro del área de los virtuales cuadratines, en donde mayormente se encontraron sustratos que disminuyeron la probabilidad de ocurrencia de regeneración (e.g. suelos rocosos o desnudos en la quebrada Llaca, o caminos y antiguas camas de almacigo en la quebrada Quillcayhuanca). Al mismo tiempo, la cantidad de cuadratines muestreados fueron los que mantuvieron su marcación permanente en la totalidad o mayoría de plántulas registradas para el seguimiento y continuidad de mediciones de una época a la otra (Anexo 13). Cabe mencionar que algunas plántulas, marcaciones y hasta cuadratines se vieron afectados por externalidades al estudio (e.g. intemperismo de la zona, caída de un árbol, etc.).

Tabla 9: Distribución espacial de los cuadratines con regeneración natural en los puntos cardinales y por tipo de bosque y quebrada

Quebrada	Este	Norte	Oeste	Sur	Total
Llaca	10	6	7	4	27
Quillcayhuanca	6	6	8	3	23
<b>Total</b>	16	12	15	7	50

En la Tabla 9 se muestra la cantidad total de cuadratines obtenidos por punto cardinal para las quebradas Llaca y Quillcayhuanca. Cabe resaltar que en varios puntos cardinales de los árboles de la plantación de Quillcayhuanca se presentaron tramos de caminos con suelo compactado, antiguas camas de almacigo o acequias para riego, los cuales disminuyeron la probabilidad de encontrar áreas con plántulas.

En el caso de los bosques de Llaca, los árboles y sus cuadratines estuvieron situados en el flanco noroccidental de la quebrada, encontrándose la montaña con un aspecto al sureste y pendientes pronunciadas de aproximadamente  $45^\circ$ , características de bosques de *Polylepis* y de su cercanía a la laguna glaciar de la quebrada. Dado lo mencionado, la relativa menor cantidad de cuadratines que llegaron a ser instalados en la quebrada Llaca para la orientación sur pudo haberse debido al factor pendiente que dificultó el reposo y acumulación de material en este punto cardinal. Complementariamente, en el Anexo 14 se presentan las distribuciones de cuadratines en los bosques Llaca 1 y Llaca 2, en donde se distingue una cantidad mucho menor de cuadratines para el bosque Llaca 2 (6) que en el bosque Llaca 1 (21), pudiendo ser la altitud (Sevillano-Ríos & Morales, 2021), el tamaño del bosque y su fragmentación (Valladares, 2019) los factores que hayan tenido un efecto sobre la cantidad de plántulas y el levantamiento de cuadratines.



**Figura 34: Bosque Llaca 1 con presencia de sustrato mayormente rocoso, terreno escabroso y pendientes pronunciadas**

A nivel de plántulas, la cantidad total registrada en la quebrada Llaca ascendió a 137 (Bosque Llaca 1 = 104; Bosque Llaca 2 = 33). En la quebrada Quillcayhuanca, por otra parte, se registró la presencia de 81 plántulas. Se analizaron los datos individuales de las variables altura y número de hojas de plántulas en ambas épocas para descartar datos particulares que presentasen atipicidad con el tipo de crecimiento en este estadio, así como del género *Polylepis* (i.e. plántulas con una cantidad exuberante de hojas al momento de la época de lluvias, comparado con lo registrado en la época seca; plántulas con una altura menor que la mitad de la medida en época seca, indicando posible rotura completa del tallo). Se hizo énfasis de lo mencionado en el levantamiento de cuadratines en bosques de *P. weberbaueri* para evitar incluir esquejes de individuos adultos al observarse esto en campo y existir antecedentes de la capacidad de propagación vegetativa de *P. weberbaueri* (Fuentealba & Sevillano, 2016), además de fuentes que indican la misma cualidad para el género (Castro Gonzales, 2014; Morales, Sevillano-Ríos, *et al.*, 2018).

**Tabla 10: Descripción de los cuadratines instalados, número promedio de plántulas y valores promedio de alturas y número de hoja por época y por quebrada**

Quebrada	N° Cuadratines	Densid.* (Plnt./m <sup>2</sup> )	Prom. de Alturas (cm)		Prom. N° Hojas	
			Seca	Lluvias	Seca	Lluvias
Llaca	27	1.71	12.90	14.60	7.62	10.70
Quillcayhuanca	23	1.27	23.50	25.10	10.80	14.40
<b>Total</b>	50	1.51	17.78	19.42	9.10	12.39

\*Calculado a partir del total de plántulas y el área total de cuadratines proyectados por formación boscosa

En la Tabla 10 se observa el número de cuadratines instalados por quebrada, densidad de plántulas, valores promedio de altura y de número de hojas, durante la época seca y la época de lluvias. Asimismo, en el Anexo 15 se muestran los resultados descritos incluyendo la información disgregada para los bosques Llaca 1 y Llaca 2.

A nivel de los cuadratines, se verificó la existencia de diferencias significativas entre los promedios de mediciones de ambos momentos de la evaluación mediante aplicación de pruebas pertinentes al tipo de distribución de cada variable. Igualmente, se analizaron las variables de interés en relación con la quebrada que perteneció cada cuadratín (i.e. comparación interespecífica).

Sobre la comparación interespecífica de las densidades halladas, se observa que las plántulas de *P. weberbaueri* presentaron una mayor densidad que las de *P. albicans*. Los resultados contrastan con los de Morales *et al.* (2018) y su descripción de patrones de regeneración natural de *P. weberbaueri* y *P. albicans* en la Cordillera Blanca, siendo la última la que presentó una densidad considerablemente mayor a la primera; no obstante, existen diversos motivos por los cuáles se pudo haber dado esta disparidad entre los resultados aquí presentes y el estudio citado. En primer lugar, el arreglo de las unidades muestrales para su instalación y el levantamiento de datos en razón de individuos puntuales significó una limitante propia de la metodología para comparar los resultados obtenidos con otros estudios sobre regeneración de las especies (Morales, 2017; Morales, Sevillano-Ríos, *et al.*, 2018; Torres *et al.*, 2008). Por ello y debido a la falta de unidades muestrales como parcelas, las densidades señaladas se calcularon en base al área total a instalar, tomándose cada formación boscosa como unidades superiores que consideraron la proyección total a muestrear y el total de plántulas registradas. Cabe destacar que, aunque los procedimientos llevados a cabo hayan diferido con la bibliografía citada respecto al muestreo, los resultados por especie guardaron coherencia con lo descrito por Morales, Sevillano-Ríos, *et al.* (2018), en el sentido que las densidades de plántulas descritas en la investigación fueron comparativamente menores a las reportadas en los estudios de colonización y expansión de bosques de *Polylepis* (Morales, 2017; Morales, Sevillano-Ríos, *et al.*, 2018).

Por otro lado, las diferencias inter- e intraespecíficas de densidades de plántulas entre los cuadrantes pudo ser expresión de diferentes características que presentaron las zonas de estudio, especialmente la gradiente altitudinal que abarcaron, así como el clima, relieve, condiciones del micrositio y del área que comprendió la muestra. Por ejemplo, la altitud promedio de los cuadrantes de los bosques de Llaca rodeó los 4 200 a 4 300 msnm (bosque Llaca 1: 4 235 msnm; bosque Llaca 2: 4 360 msnm), mientras que la plantación Quillcayhuanca presentó una altitud promedio de 3 855 msnm. Asimismo, Sevillano-Ríos & Morales (2021) mencionan en su estudio que la temperatura e irradiación solar en época seca son las principales variables ambientales que explicaron las distribuciones de *P. weberbaueri* y *P. albicans* en la Cordillera Blanca. Complementariamente, Morales, Sevillano-Ríos, *et al.* (2018) encontraron que, a través del modelamiento de patrones de regeneración y ocurrencia de individuos adultos de *P. weberbaueri* y *P. albicans*, la regeneración de las especies reflejó a la presencia de árboles adultos según diferentes variables ambientales. La diferencia interespecífica de las densidades podría explicarse también analizando la ubicación relativa

de las formaciones boscosas, donde bosques naturales de Llaca y plantación Quillcayhuanca pertenecieron al tercio superior e inferior de las quebradas, respectivamente. Respecto a esto, Sevillano-Ríos & Morales (2021) reportan que *P. albicans* tiende a ubicarse en el primer tercio de las subcuencas, en tanto *P. weberbaueri* presenta preferencias por altitudes mayores y ambientes más húmedos. Por tanto, comparaciones interespecíficas directas sobre las densidades de *P. weberbaueri* y *P. albicans* resultarían incorrectas si no tomaran en cuenta condiciones y particularidades propias de cada quebrada y especie (e.g. condiciones ambientales, preferencias topoclimáticas).

Adicionalmente, la historia de uso de suelo de las formaciones boscosas proveería contexto importante sobre condiciones del micrositio con las que contaría la regeneración natural de las especies para prosperar. El bosque Llaca 1 se caracterizó por ser un área de conectividad mayor al bosque Llaca 2 y tener un antiguo cerco perimétrico que separa al ganado de caseríos que usufructúan los pastos (Azaña, 2017; Valladares, 2019). Llaca 2, por otra parte, se caracterizó por presentar mayor impacto antrópico, trocha carrozable aledaña al bosque, y una mayor fragmentación en comparación a Llaca 1 (Valladares, 2019). La plantación Quillcayhuanca, en cambio, presentó características propias de espacios dedicados a la forestación, en donde, sumado al hecho de su proximidad a instalaciones como un puesto principal de vigilancia del PNH, una estación meteorológica de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo – UNASAM, y áreas frecuentadas por miembros de las comunidades, se pudo corroborar tránsito ocasional de personas y animales domésticos en las cercanías. Lo mencionado se relaciona también con una mayor compactación y disminución del contenido de materia orgánica, traduciéndose en una menor capacidad de retención hídrica del suelo disponible para la regeneración natural (Renison *et al.*, sf, citados por Torres *et al.*, 2008). Asimismo, Pompeyo Guillen (comunicación personal, 1 de octubre del 2021), guardaparque del PNH presente en la instalación de la plantación Quillcayhuanca, comentó que los individuos de *P. albicans* plantados fueron los pocos resultantes de grandes cantidades de lotes semilleros, lo que podría dar una aproximación sobre la baja tasa de germinación de la especie y, por ende, de la poca presencia de plántulas.

De igual manera, la descripción mencionada de los bosques de Llaca da lugar a discusiones sobre la diferencia de densidades en estos (Llaca 1: 2.60 plántulas/m<sup>2</sup>; Llaca 2: 0.83 plántulas/m<sup>2</sup>), al ser ambas formaciones muy similares entre sí (e.g. ubicación en la misma

quebrada, aspecto similar, misma especie dominante). La diferencia en rangos altitudinales de la muestra para los bosques se verificó en la cercanía del bosque Llaca 2 a la laguna glaciar de la quebrada. Además de ello, se registró en una oportunidad nieve y escarcha en el bosque Llaca 2, mientras que el bosque Llaca 1 no llegó a presentar iguales condiciones durante el mismo día de visita, indicando una fuerte variabilidad local de los factores ambientales (Smith, 1988; Urrutia & Vuille, 2009; Wieser & Tausz, 2007). Asimismo, una posible razón de la menor densidad de plántulas en Llaca 2 podría deberse al incremento relativo de la irradiación solar en época seca al estar a una mayor altitud, al ser esta variable negativa a las preferencias climáticas de *P. weberbaueri* (Morales, Sevillano-Ríos, *et al.*, 2018; Sevillano-Ríos & Morales, 2021); no obstante, dada la presencia de bosques aledaños y a mayores altitudes, además que *P. weberbaueri* ecológicamente abarca un rango altitudinal mayor (Boza & Kessler, 2022; Mendoza & Cano, 2012; Morales, 2017), esta conjetura sería poco plausible. En este sentido, las diferencias subyacentes y contrastantes del ambiente entre los bosques de Llaca pudieron ser la razón de las densidades encontradas.

### 4.3.2. Evaluación del cambio estacional en variables de plántulas

El efecto del cambio estacional sobre plántulas de *P. weberbaueri* y *P. albicans* se analizó en función al promedio de las alturas y promedio de número de hojas a nivel de cuadratines, durante la época seca, la época de lluvias y sus diferencias (Anexo 16). Se analizaron las distribuciones de las variables, realizándose gráficos de densidades y gráficos de caja (*boxplots*) del conjunto de datos promedio por cuadratín, así como gráficos de Q-Q normalidad e histogramas (Anexo 17 y 18, respectivamente). Los *boxplots* resultaron útiles para observar posible atipicidad de datos dentro de los conjuntos. Seguidamente, se analizaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas con pruebas Shapiro-Wilk y Fligner-Killeen, respectivamente, y por separado para cada variable.

Hipótesis de prueba Shapiro-Wilk de normalidad para datos de variables:

$$H_0: \text{Prom. Variable} \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_1: \text{Prom. Variable} \not\sim N(\mu, \sigma^2)$$

Hipótesis de prueba de Fligner-Killeen de homogeneidad de varianzas entre épocas:

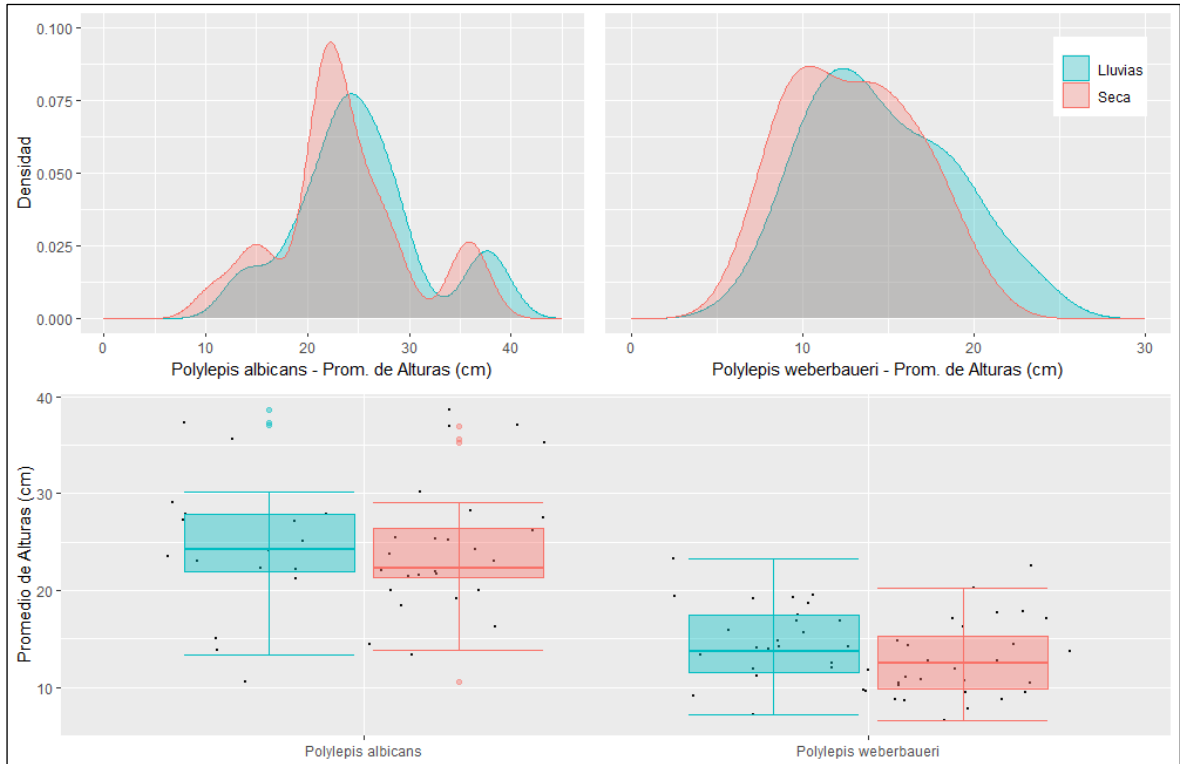
$$H_0: \sigma_{\text{Época Seca}}^2 = \sigma_{\text{Época de Lluvias}}^2$$

$$H_1: \sigma_{\text{Época Seca}}^2 \neq \sigma_{\text{Época de Lluvias}}^2$$

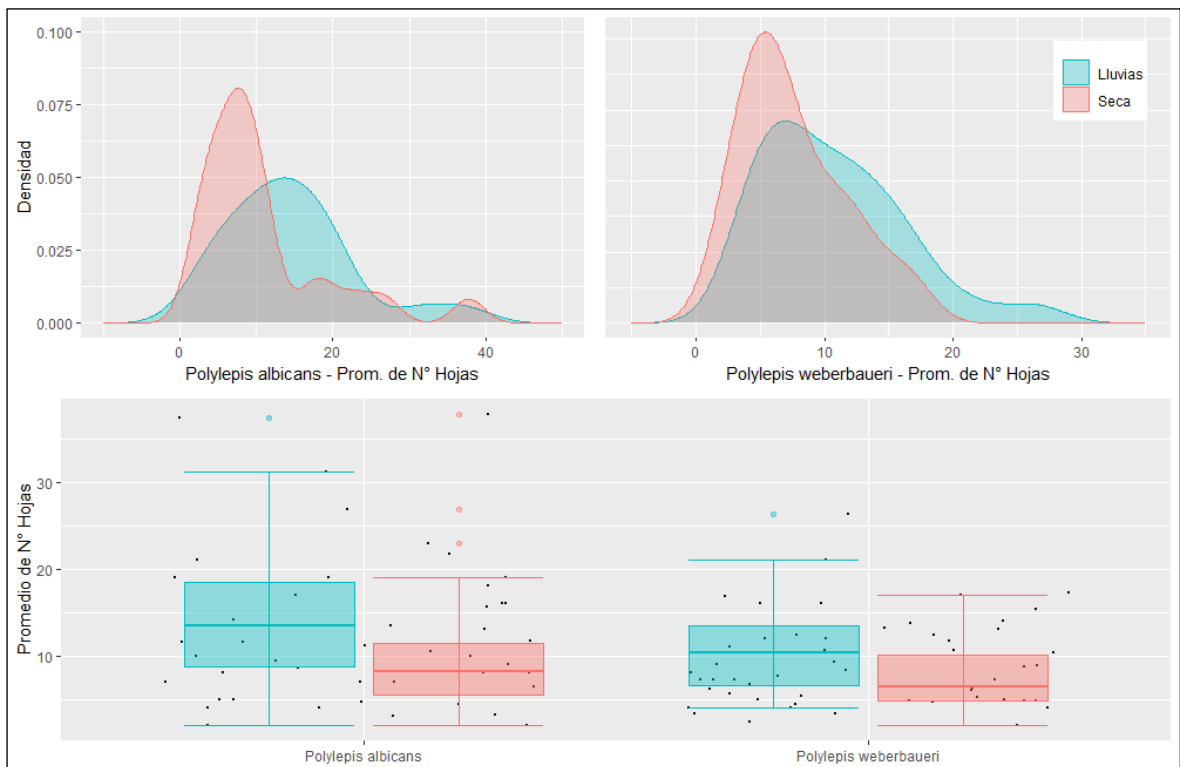
En la Tabla 11 se muestran los resultados de las pruebas estadísticas para análisis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para las variables promedio de altura y promedio de número de hojas.

Tabla 11: Estadísticos y *p-values* de pruebas para evaluación del uso de métodos paramétricos sobre variables de interés

Variable	Prueba	Estadístico	<i>p-value</i>
Promedio de Alturas (cm)	Shapiro-Wilk	<b>0.9501</b>	<b>0.0008</b>
	Fligner-Killeen	0.0140	0.9059
Promedio de N° Hojas	Shapiro-Wilk	<b>0.9433</b>	<b>0.0004</b>
	Fligner-Killeen	<b>3.9372</b>	<b>0.0472</b>



**Figura 35:** Gráficos de densidades y *boxplots* del Promedio de Alturas (cm) de *Polylepis weberbaueri* y *Polylepis albicans* por época de lluvias y época seca



**Figura 36:** Gráficos de densidades y *boxplots* del Promedio de N° Hojas de *Polylepis weberbaueri* y *Polylepis albicans* por época de lluvias y época seca

Asimismo, en las Figuras 35 y 36 se presentan los gráficos de densidades y *boxplots* de las variables promedio de alturas y promedio de número de hojas, respectivamente, en donde se observan las distribuciones de datos los en función de las épocas y de las especies. Adicionalmente, se corroboró la homogeneidad de varianzas entre especies, tomando a cada una como un grupo dentro del conjunto de datos de ambas épocas, empleándose igualmente pruebas de Fligner-Killeen. No se presentó significancia al comparar varianzas de los grupos de especies en la variable promedio de alturas ( $FK = 2,6253$ ,  $p\text{-value} = 0,1052$ ), así como tampoco en la variable promedio de número de hojas ( $FK = 1,7659$ ,  $p\text{-value} = 0,1839$ ).

De esta manera, se realizaron comparaciones entre épocas con pruebas de Wilcoxon para muestras pareadas usando la función `wilcox_test()`, paquete `rstatix` v0.7.2. La elección de pruebas de Wilcoxon se debió a la interdependencia de los datos de la época seca y la época de lluvias al estar estos emparejados en las unidades muestrales (i.e. cuadratines). Además de ello, al observarse gráficamente diferencias en las distribuciones de *P. weberbaueri* y *P. albicans* (Figuras 37 y 38), se llevaron a cabo pruebas de Mann Whitney, función `wilcox_test()`, para comparaciones interespecíficas de las variables.

Hipótesis de prueba de Wilcoxon para muestras pareadas, comparaciones entre época seca y época de lluvias:

$$H_0 = \mu_D = 0$$

$$H_1 = \mu_D \neq 0$$

Hipótesis de prueba Mann Whitney, comparaciones entre *P. weberbaueri* y *P. albicans* (Quebrada Llaca y Quebrada Quillcayhuanca, respectivamente):

$$H_0 = \mu_{Polylepis\ weberbaueri} - \mu_{Polylepis\ albicans} = 0$$

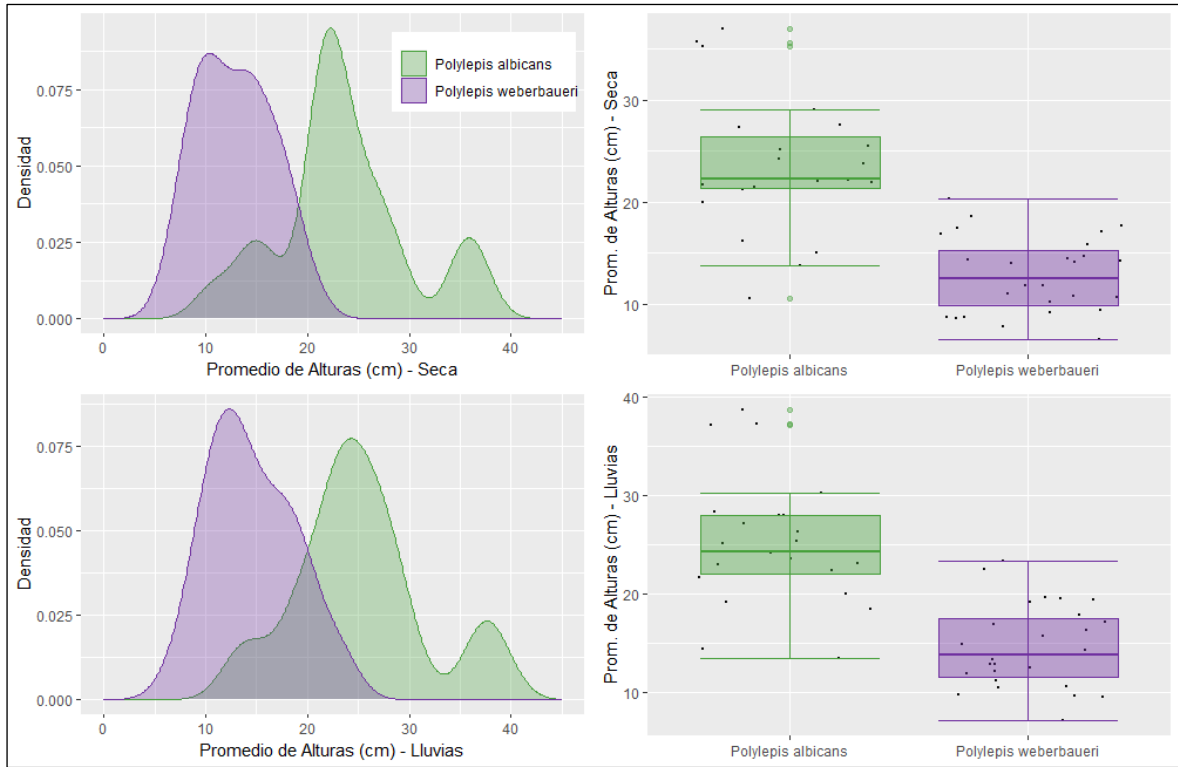
$$H_1 = \mu_{Polylepis\ weberbaueri} - \mu_{Polylepis\ albicans} \neq 0$$

Tabla 12: Estadísticos y *p-values* de pruebas de Wilcoxon para muestras pareadas sobre variables de interés a nivel *Polylepis* spp., *Polylepis weberbaueri* y *Polylepis albicans* para comparaciones entre épocas

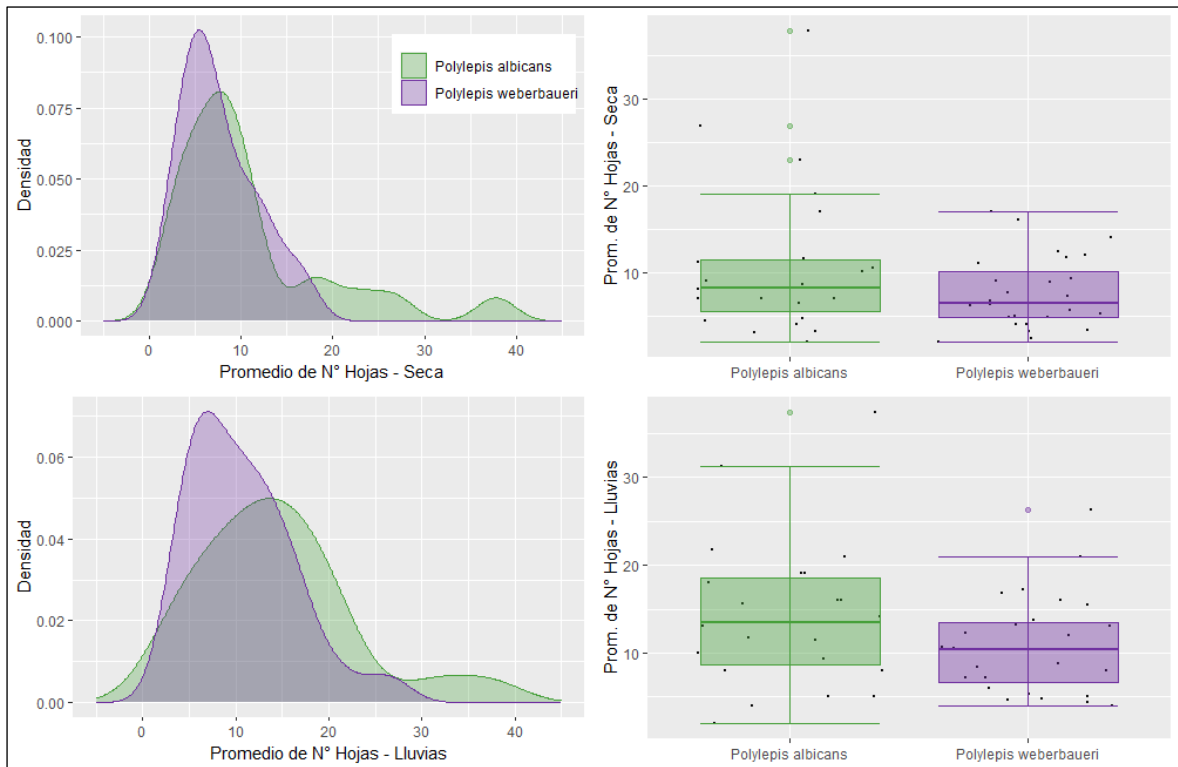
<b>Variable</b>	<b>n</b>	<b>Estadístico</b>	<b><i>p-value</i></b>
<b><i>Polylepis</i> spp.</b>			
Promedio de Alturas (cm)	50	<b>1244</b>	<b>0.0000</b>
Promedio de N° Hojas	48	<b>1002</b>	<b>0.0000</b>
<b><i>Polylepis weberbaueri</i></b>			
Promedio de Alturas (cm)	27	<b>378</b>	<b>0.0000</b>
Promedio de N° Hojas	27	<b>348</b>	<b>0.0000</b>
<b><i>Polylepis albicans</i></b>			
Promedio de Alturas (cm)	23	<b>260</b>	<b>0.0002</b>
Promedio de N° Hojas	21	<b>177</b>	<b>0.0010</b>

En la Tabla 12 se observan los resultados de las comparaciones entre épocas, las cuales señalaron ser significativas para rechazar la igualdad entre medias de la época seca y época de lluvias, tanto para el promedio de alturas como para el promedio de número de hojas. Complementariamente, también se llevaron a cabo pruebas de Wilcoxon específicas para *P. weberbaueri* y *P. albicans*, en donde se analizó la posible influencia de cada una de las especies sobre el resultado general de la significancia. Asimismo, en el Anexo 16 se incluyen los valores de las diferencias entre épocas, por cada variable y por cuadratín de las formaciones boscosas de las quebradas Llaca y Quillcayhuanca. Los datos del mencionado anexo sirvieron para la obtención de *boxplots* de ambas especies (Anexo 17), en donde se observa también la distinción en la distribución de nubes de puntos de cada época en la variable correspondiente.

Las diferencias significativas halladas entre épocas indicaron un incremento promedio de las variables durante el tiempo transcurrido para la toma de datos, tanto en altura como en número de hojas de la regeneración de especies de *Polylepis* en su conjunto. Las pruebas realizadas a los conjuntos individuales de datos de *P. weberbaueri* y de *P. albicans* indicaron que, de igual manera, la significancia en la diferencia de medias estuvo presente dentro de cada especie y en cada variable. Los gráficos de densidades y *boxplots* comparativos de datos de ambas épocas, variables promedio de alturas y promedio de número de hojas (Figuras 35 y 36, respectivamente), mostraron concordancia con lo descrito, específicamente, pudiéndose observar el desplazamiento de las densidades mientras se dio el cambio estacional de una época a otra.



**Figura 37:** Gráficos de densidades y *boxplots* del Promedio de Alturas (cm) de la época seca y época de lluvias por *Polylepis albicans* y *Polylepis weberbaueri*



**Figura 38:** Gráficos de densidades y *boxplots* del Promedio de N° Hojas de la época seca y época de lluvias por *Polylepis albicans* y *Polylepis weberbaueri*

Tabla 13: Estadísticos y *p-values* de pruebas de Mann Whitney sobre variables de interés durante el período de evaluación, época seca y época de lluvias para comparaciones entre especies

Variable	<i>n</i> <i>Polylepis weberbaueri</i>	<i>n</i> <i>Polylepis albicans</i>	Estadístico	<i>p-value</i>
<b>Ambas Épocas</b>				
Promedio de Alturas (cm)	54	46	<b>2293</b>	<b>0.0000</b>
Promedio de N° Hojas	54	42	1288	0.2550
<b>Época Seca</b>				
Promedio de Alturas (cm)	27	23	<b>575</b>	<b>0.0000</b>
Promedio de N° Hojas	27	21	312	0.5680
<b>Época de Lluvias</b>				
Promedio de Alturas (cm)	27	23	<b>575</b>	<b>0.0000</b>
Promedio de N° Hojas	27	21	342	0.2320

En la Tabla 13, por otro lado, se presentan los resultados de las comparaciones interespecíficas con pruebas Mann Whitney, las cuales siguieron la misma secuencia a la de las pruebas de Wilcoxon realizadas. En primer lugar, se utilizaron los datos de ambas épocas en su conjunto, empleándose como factor de agrupamiento a las especies *P. weberbaueri* y *P. albicans* y número de unidades muestrales por cada una como repeticiones para la variable correspondiente (Promedio de alturas:  $n_{P. weberbaueri} = 54$ ,  $n_{P. albicans} = 46$ ; promedio de número de hojas:  $n_{P. weberbaueri} = 54$ ,  $n_{P. albicans} = 42$ ). Posteriormente, se realizaron pruebas de Mann Whitney para los conjuntos individuales de datos de la época seca y de la época de lluvias con el fin de analizar la influencia de la época al resultado de la significancia general.

Se encontró significancia al comparar el promedio de alturas entre especies, existiendo una mayor altura media en plántulas de *P. albicans* que en plántulas de *P. weberbaueri*; en cambio, no hubo presencia de significancia al comparar el promedio de número de hojas entre *P. weberbaueri* y *P. albicans*. Las comparaciones interespecíficas para cada época individual señalaron presencia de significancias consistentes a los de las pruebas Mann Whitney realizadas en primer lugar. En este sentido, la Figura 37 muestra gráficamente cómo se diferencian las densidades de datos de *P. weberbaueri* y *P. albicans* para el promedio de sus alturas y por cada época, en tanto la Figura 38 permite observar la similitud entre las distribuciones del promedio de número de hojas de las especies con una ligera diferenciación en las gráficas para la época de lluvias, pero igualmente sin resultar esto significativo.

Las diferencias de alturas promedio entre *P. weberbaueri* y *P. albicans*, así como las diferencias significativas halladas en la transición de épocas durante el período de evaluación, podrían explicarse mediante las interacciones de las especies con las condiciones ambientales de su medio, las variaciones estacionales, las adaptaciones específicas a estos factores, y las preferencias ambientales de *P. weberbaueri* y *P. albicans*. Por ejemplo, Holtmeier (2009) menciona que, al menos durante el verano (i.e. época de lluvias), la precipitación quedaría relegada a ser un factor ambiental secundario ya que la nubosidad sería la de mayor influencia sobre factores ambientales como el balance de la radiación solar y la temperatura del aire en el ecotono bosque-pastizal en ecosistemas de montaña. Asimismo, Sevillano-Ríos & Morales (2021) señalan que, si bien la irradiación solar y temperatura del aire favorecen al incremento metabólico, estos factores ambientales regulan simultáneamente el balance hídrico y la evapotranspiración en las plantas, pudiendo generar eventos de estrés térmico e hídrico en estas. Igualmente, Bader *et al.* (2007) y Bader & Ruijten (2008) mencionan que plántulas de algunas especies de bosques alpinos son especialmente sensibles a la alta radiación solar en ecosistemas de montaña, pudiendo esta limitar la regeneración y siendo más importante que la temperatura. Adicionalmente, Bader *et al.* (2008), citados por Holtmeier (2009), mencionan que la exposición de plántulas de *Polylepis* a condiciones de claros y sin cobertura del dosel generarían insuficiente tolerancia a las condiciones ambientales (e.g. excesiva irradiación solar, bajas temperaturas), habiendo así una constante situación de estrés para la regeneración de los bosques.

Respecto a lo observado en campo, el cambio estacional en las quebradas Llaca y Quillcayhuanca se vio reflejado en el incremento de precipitaciones (Figuras 9 y 10) y la variación de otras condiciones ambientales dependientes de la temporada de lluvia (e.g. temperatura, nubosidad, radiación solar, etc.). Además de ello, es reconocido el efecto de la estacionalidad sobre parámetros abióticos y bióticos para el desarrollo de la vegetación, tal como el balance hídrico de las formaciones vegetales (Smith, 1988) y la actividad metabólica de los tejidos meristemáticos (Goldstein *et al.*, 1994, citados por Sevillano-Ríos & Morales, 2021), respectivamente. Por otro lado, cabe destacar que, si bien la bibliografía citada señala el efecto limitante de la radiación solar sobre la regeneración de bosques altoandinos, esto no se pudo comprobar a través del incremento promedio que se dio entre épocas para las variables analizadas. Sin embargo, lo mencionado podría haberse debido, entre otras razones, al hecho que la muestra del presente estudio estuvo limitada a bosques con un aspecto predominante, como lo fueron ambos bosques de Llaca en laderas con cara al sureste. Por

otro lado, la plantación Quillcayhuanca, al ser *P. albicans* una especie que se distribuye en altitudes menores que *P. weberbaueri*, se ubicó a un costado del curso del río de la quebrada, por lo que no se pudo analizar o tomar en cuenta su aspecto.

Por otra parte, *Polylepis* presenta múltiples adaptaciones a las condiciones climáticas de montaña, al mismo tiempo que recurre a mecanismos fisiológicos (e.g. alta capacidad fotosintética, alta tasa de respiración, intercambio diario de las concentraciones del líquido vacuolar) que confieren una elevada tolerancia a temperaturas gélidas diurnas y nocturnas (Rada *et al.*, 2001, citados por Holtmeier, 2009). De este modo, Arroyo (2015) al comparar *P. microphylla*, *P. racemosa* y *P. subsericans* reportó diferencias morfológicas y fisiológicas significativas (e.g. composición estructural de las hojas, densidad estomática, contenido hídrico, medidas de fluorescencia), siendo esto un indicador de adaptaciones específicas de las especies a sus distintos nichos ambientales. De igual modo, en su estudio Toivonen *et al.* (2017) señalan la capacidad de especies de *Polylepis* para expresar sus preferencias topográficas y beneficiarse de la heterogeneidad topoclimática en espacios reducidos, esto mediante cambios en la ocurrencia de individuos en colinas con aspectos distintos y según el cambio de elevación. Kessler *et al.* (2014) encontraron diferencias significativas en las alturas de bosques de *Polylepis* con condiciones de humedad distintas (i.e. laderas húmedas y laderas secas), siendo la temperatura la causa más probable de explicación de los patrones de altura en bosques a lo largo de la gradiente altitudinal. En este sentido, Sevillano-Ríos & Morales (2021) señalaron también la asociación de *P. weberbaueri* con áreas de menor irradiación solar y temperatura, así como de mayor humedad y altitud; mientras que *P. albicans* se asoció con áreas de mayor irradiación solar, temperatura y ambientes más secos.

Los resultados de la variación de promedio de alturas y promedio de número de hojas permitieron ver la sensibilidad de plántulas de *P. weberbaueri* y *P. albicans* a los cambios de las condiciones ambientales, aún si estos se dieron en un período de evaluación corto como lo fue el de la presente investigación. Por otra parte, aunque en su etapa adulta las especies de *Polylepis* presenten adaptaciones específicas que les permiten aprovechar al máximo las condiciones ambientales y diferenciarse entre estas, la regeneración natural se ve en general afectada por estos mismos factores, típicos de la climatología de los ecosistemas de montaña, los cuales son desfavorables y significan una barrera para la expansión de estas poblaciones.

## V. CONCLUSIONES

1. Los eventos de fenología reproductiva se registraron con una misma temporalidad de producción de fenofases para ambas especies estudiadas, asimismo estas mostraron tener eventos fenológicos relacionados a la época de lluvias estimada (octubre a abril).
2. Los picos de producción de flores y frutos en ambas especies ocurrieron en los meses de noviembre y enero, respectivamente.
3. Existieron diferencias en la distribución espacial de estructuras reproductivas en la copa de los árboles al comparar las especies, así como en la asociación de sus producciones máximas de frutos con los caracteres alométricos.
4. Las estructuras reproductivas de las especies presentaron características anatómicas y morfológicas muy similares entre sí, siendo el tamaño y los tricomas las únicas diferencias encontradas.
5. El cambio estacional de la época seca a la época de lluvias tuvo un efecto significativo sobre las variables evaluadas en la regeneración natural para ambas especies de estudio.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se podría replicar la metodología abarcando un número mayor de muestra al utilizado. De la misma forma, se podría incluir como componente de análisis a la gradiente altitudinal de los bosques, al estar el género *Polylepis* ampliamente ligado a cambios en la elevación.
- El proceso de modelamiento es complejo y requiere de la correcta especificación de la distribución de los datos, además de una cantidad de muestra mayor para hallar inferencias estadísticas más sólidas.
- Se puede profundizar el estudio al incluir variables ambientales que afectarían la reproducción de las especies. Asimismo, se debería considerar la influencia de las condiciones del micrositio en las plántulas.
- Ensayos de germinación complementarían los resultados, sirviendo como nexo de los procesos de producción de estructuras reproductivas y el establecimiento de plántulas de regeneración natural.
- Estudios descriptivos de adaptaciones fisiológicas permitirían conocer mejor la relación de las especies con las condiciones ambientales predominantes del paisaje que ocupan, al mismo tiempo que darían información base para comprender mejor su simpatria y la diferenciación de sus nichos ambientales.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agresti, A. (2015). Foundations of Linear and Generalized Linear Models. In *John Wiley & Sons, INC.*
- Aguirre Mendoza, Z., Díaz Ordóñez, L. F., & Palacios H., B. (2015). Fenología de especies forestales nativas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista Cedamaz*, 5(1), 68–80.
- Alejo Mosquera, M. P. (2021). *EVALUACIÓN DE LA COMUNIDAD LIQUÉNICA EPÍFITA EN TRES BOSQUES DOMINADOS POR ÁRBOLES DEL GÉNERO POLYLEPIS, EN EL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN, HUARAZ- ANCASH, PERIODO 2019-2020*. <https://doi.org/10.15381/ci.v4i1.5537>
- Ames Martínez, F. N., Quispe Melgar, H. R., Zuñiga López, D. G., Segovia Salcedo, M. C., & Kessler, M. (2019). *Bosques de Polylepis: Biodiversidad en la región central del Perú*. Universidad Continental.
- Arroyo Alfaro, S. J. (2015). *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*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Azaña Velasquez, Y. (2017). Evaluación del efecto de clausura sobre la recuperación de pastizales nativos en la quebrada Llaca, Parque Nacional Huascarán-Áncash [Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. In *Ciencia e Investigación*. [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3561/T033\\_71688422\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3561/T033_71688422_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bader, M. Y., & Ruijten, J. J. A. (2008). A topography-based model of forest cover at the alpine tree line in the tropical Andes. *Journal of Biogeography*, 35(4), 711–723. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01818.x>

- Bader, M. Y., Van Geloof, I., & Rietkerk, M. (2007). High solar radiation hinders tree regeneration above the alpine treeline in northern Ecuador. *Plant Ecology*, *191*(1), 33–45. <https://doi.org/10.1007/S11258-006-9212-6/METRICS>
- Barone, J. A., & Coley, P. D. (2002). Herbivorismo y las defensas de las plantas. In M. R. Guariguata & G. H. Kattan (Eds.), *Ecología y conservación de bosques neotropicales* (p. 465).
- Boza Espinoza, T. E., & Kessler, M. (2022). A monograph of the genus *Polylepis* (Rosaceae). *PhytoKeys*, *203*, 1–274. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.203.83529>
- Boza Espinoza, T. E., Quispe-Melgar, H. R., & Kessler, M. (2019). Taxonomic Reevaluation of the *Polylepis sericea* Complex (Rosaceae), with the Description of a New Species. *Systematic Botany*, *44*(2), 324–334. <https://doi.org/10.1600/036364419X15562052252225>
- Bustamante, R. O., & Simonetti, J. A. (2000). Seed predation and seedling recruitment in plants: The effect of the distance between parents. *Plant Ecology*, *147*(2), 173–183. <https://doi.org/10.1023/A:1009852400814>
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (1998). *Regression Analysis of Count Data* (P. Hammond & A. Holly, Eds.). Cambridge University Press.
- Castro Gonzales, J. A. (2014). *Caracterización del bosque de Polylepis de Jurau, microcuenca de Paria, distrito de Huasta, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Chauchard, L. M., Maresca, L., & González Peñalba, M. (2002). Método para evaluar el estado regenerativo de un rodal y su aplicación al manejo del bosque mixto de *Nothofagus*. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, *9*(9), 29–42. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48100903>
- Cortés-Flores, J., Hernández-Esquivel, K., González-Rodríguez, A., & Ibarra-Manríquez, G. (2017). Flowering phenology, growth forms, and pollination syndromes in tropical dry forest species: Influence of phylogeny and abiotic factors. *American Journal of Botany*, *104*(1), 39–49. <https://doi.org/10.3732/ajb.1600305>
- Cuyckens, G. A. E., Christie, D. A., Domic, A. I., Malizia, L. R., & Renison, D. (2016). Climate change and the distribution and conservation of the world's highest elevation

- woodlands in the South American Altiplano. *Global and Planetary Change*, 137, 79–87. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.12.010>
- Cuyckens, G. A. E., & Renison, D. (2018). Ecología y conservación de los bosques montanos de *Polylepis*: Una introducción al número especial. *Ecología Austral*, 28(1bis), 157–162. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.1.766>
- Dalling, J. W. (2002). Ecología de semillas. In M. R. Guarigata & G. H. Kattan (Eds.), *Ecología y conservación de bosques neotropicales* (p. 407).
- Davis, C. C., Willis, C. G., Primack, R. B., & Miller-Rushing, A. J. (2010). The importance of phylogeny to the study of phenological response to global climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1555), 3202–3213. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0130>
- Decreto Supremo 018 de 2015 [Ministerio de Agricultura y Riego]. Por el cual se aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal de la Ley N° 29763 – Ley Forestal y de Fauna Silvestre. 29 de septiembre de 2015.
- Decreto Supremo 0622 de 1975 [Agricultura]. Por el cual se declara la creación del Parque Nacional Huascarán ubicado en las Provincias de Recuay, Huaraz, Carhuaz, Yungay, Huaylas, Pomabamba, Mariscal Luzuriaga, Huari, Corongo, Sihuas Y Bolognesi, en el Departamento de Áncash. 1 de julio de 1975.
- Díaz Oblitas, R. I. (2019). *CARACTERIZACIÓN DE LA REGENERACIÓN NATURAL, COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y COBERTURA DE LOS RODALES DE “quinual” Polylepis multijuga Pilg. (ROSACEAE), DEL DISTRITO DE CHUGUR, HUALGAYOC* [Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1009>
- Domic, A. I., Bernhard, P., Edens-Meier, R., Camilo, G. R., & Capriles, J. M. (2017). Pollination ecology of *Polylepis tomentella* (Rosaceae), an andean anemophilous tree presenting a potential floral fungal infection. *International Journal of Plant Sciences*, 178(7), 512–521. <https://doi.org/10.1086/692504>
- Domic, A. I., Mamani, E., & Camilo, G. (2013). Fenología reproductiva de la kewiña (*Polylepis tomentella*, Rosaceae) en la puna semihúmeda de Chuquisaca (Bolivia). *Ecología En Bolivia*, 48(1), 31–45.

- FAO. (2004). *Inventario forestal nacional - Manual de campo*. (94/S).
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/JOC.5086>
- Font Quer, P. (2001). *Diccionario de botánica* (Ediciones Península, Ed.). Ediciones Península.  
[https://books.google.com/books/about/Diccionario\\_de\\_botánica.html?id=gyaJbwAA CAAJ](https://books.google.com/books/about/Diccionario_de_botánica.html?id=gyaJbwAA CAAJ)
- Fournier, L. A., & Charpentier, C. (1975). El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba*, 25(1), 45–48.
- Fuentealba, B., & Sevillano, S. (2016). Experiencias de rehabilitación comunitaria con queñual (*Polylepis* sp.) en el Departamento de Ancash, Perú. In E. Ceccon & D. R. Pérez (Eds.), *Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe* (1° Edición, Issue January, pp. 315–327). Vázquez Manzini Editores.
- Goldstein, G., Meinzer, F. C., & Rada, F. (1994). Environmental biology of a tropical treeline species, *Polylepis sericea*. In P. W. Rundel, A. P. Smith, & F. C. Meinzer (Eds.), *Tropical Alpine Environments* (pp. 129–150). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511551475.008>
- Gonzalez Alfaro, G. J. (2015). *Caracterización de la infiltración en bosques plantados con Polylepis spp., de 11 y 29 años, parque nacional Huascarán, quebrada Quilcayhuanca, Huaraz, Ancash*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Harris, I., Jones, P. D., Osborn, T. J., & Lister, D. H. (2013). Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology*, 34(3), 623–642. <https://doi.org/10.1002/JOC.3711>
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2014). *Hartmann & Kester's Plant Propagation: Principles and Practices*.
- Holtmeier, F.-K. (2009). *Mountain Timberlines* (F.-K. Holtmeier, Ed.). Springer Netherlands. [www.springer.com/series/5588](http://www.springer.com/series/5588)

- Hubbell, S. P. (1979). Tree Dispersion, Abundance, and Diversity in a Tropical Dry Forest. *Science*, 203(4387), 1299–1309.
- Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. (2015). *Informe de Inspección: Identificación y Georreferenciación de Áreas de Investigación en la Microcuenca Quillcayhuanca*. <https://www.inaigem.gob.pe/wp-content/uploads/2019/05/Inspección-Quillcayhuanca.pdf>
- Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. (2016). *Informe de Inspección: Identificación y Georreferenciación de Áreas de Investigación en la Sub Cuenca Río Casca Quebrada Llaca*. <https://www.inaigem.gob.pe/wp-content/uploads/2019/05/Informe-Taller-Llaca.pdf>
- Kessler, M. (2006). Bosques de Polylepis. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, 110–120. [http://www.beisa.dk/Publications/BEISA Book pdfer/Capitulo 07.pdf](http://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2007.pdf)
- Kessler, M., & Schmidt-Lebuhn, A. N. (2006). Taxonomical and distributional notes on Polylepis (Rosaceae). *Organisms Diversity & Evolution*, 6(1), 67–70. <https://doi.org/10.1016/j.ode.2005.04.001>
- Kessler, M., Toivonen, J. M., Sylvester, S. P., Kluge, J., & Hertel, D. (2014). Elevational patterns of Polylepis tree height (Rosaceae) in the high Andes of Peru: Role of human impact and climatic conditions. *Frontiers in Plant Science*, 5(MAY), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00194>
- Kim, D. H., Doyle, M. R., Sung, S., & Amasino, R. M. (2009). Vernalization: winter and the timing of flowering in plants. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 25, 277–299. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.CELLBIO.042308.113411>
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los Trópicos*.
- Lao Magin, R., Zevallos Pollito, P., & de la Cruz Silva, H. (1990). Información preliminar de la ecología, dendrología y distribución geográfica de las especies del genero Polylepis en el Perú. *Espacio y Desarrollo*, 2, 47–62. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/7882>
- Llerena, C. A., Hermoza, R. M., Yalle, S. R., Flores, F., & Salinas, N. (2017). Forest Management and Water in Peru. In P. A. Garcia-Chevesich, D. G. Neary, D. F. Scott, R. G. Benyon, & T. Reyna (Eds.), *Forest Management and the impact on water*

*resources: a review of 13 countries*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).

- Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, C. J. P., Murdiyarso, D., & Santoso, H. (2009). Ante un futuro incierto: Cómo se pueden adaptar los bosques y las comunidades al cambio climático. In *Ante un futuro incierto: Cómo se pueden adaptar los bosques y las comunidades al cambio climático*. Center for International Forestry Research (CIFOR). <https://doi.org/10.17528/CIFOR/002842>
- López, C. L., Domic, A. I., Mayta, C., García, E., & Gallegos, S. C. (2018). Fenología reproductiva de la queñua (*Polylepis incarum*, Rosaceae) durante un ciclo anual en la puna mesofítica de La Paz, Bolivia. *Ecología Austral*, 28(1bis), 301–309. <https://doi.org/10.25260/ea.18.28.1.1.516>
- López, C. L., Domic, A. I., Mayta, C., García, E., Quezada, J. A. N., & Gallegos, S. C. (2021). Pollen limitation and reproductive incompatibility system in a critically endangered tree, *Polylepis incarum* (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb (Rosaceae). *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 257–265. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1940050>
- Masías Camino, V. M. (2017). *Consideraciones para la medición de diámetros y altura de árboles vivos de Polylepis flavipila (Bitter) M. Kessler & Schmidt - Leb* (Vol. 21, Issue 2).
- Mendoza, W., & Cano, A. (2011). Diversidad del género *Polylepis* (Rosaceae, Sanguisorbeae) en los Andes peruanos. *Revista Peruana de Biología*, 18(2), 197–200. <https://doi.org/10.15381/rpb.v18i2.228>
- Mendoza, W., & Cano, A. (2012). *El Género Polylepis en el Perú*. Editorial Académica Española.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal: Memoria Descriptiva*. <https://www.gob.pe/minam>
- Ministerio del Ambiente. (2016a). Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático (ENBCC). In *Diario Oficial El Peruano* (Vol. 1). [http://www.bosques.gob.pe/archivo/ff3f54 ESTRATEGIACAMBIOCLIMATICO2016\\_ok.pdf](http://www.bosques.gob.pe/archivo/ff3f54 ESTRATEGIACAMBIOCLIMATICO2016_ok.pdf)

- Ministerio del Ambiente. (2016b). *Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/47575>
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú: Memoria Descriptiva*. <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>
- Ministerio del Ambiente. (2022). *Guía de evaluación del estado de los ecosistemas de bosques relictos*.
- Mora, B. (1990). Estudio de la fenología de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb en la vertiente del Pacífico en Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 10(4), 28–36. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5678816.pdf>
- Morales, L. V. (2017). *Polylepis Regeneration and the Potential for Forest Expansion in the Peruvian Andes: The Influence of Cattle and Environmental Conditions*. University of California.
- Morales, L. V., Fuentealba, B., Sevillano, C. S., Gómez, M. I., Segovia-Salcedo, M. C., Renison, D., Green, D., Auca, C., & Hensen, I. (2018). Oportunidades para acercar la ciencia a la práctica de la restauración de bosques y arbustales de *Polylepis*. *Ecología Austral*, 28(1bis), 291–300. <https://doi.org/10.25260/ea.18.28.1.1.529>
- Morales, L. V., Sevillano-Ríos, C. S., Fick, S., & Young, T. P. (2018). Differential seedling regeneration patterns across forest–grassland ecotones in two tropical treeline species (*Polylepis* spp.). *Austral Ecology*, 43(5), 514–526. <https://doi.org/10.1111/aec.12588>
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*.
- Oroz-Ramos, A. J., Bustamante-Navarrete, A. A., Farfan-Flores, J., & Santander-Azpilcueta, O. J. (2017). Artropodofauna de los Bosques de *Polylepis* (Rosaceae) de la Zona de Conchucos, Ancash. *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña*, 3, 97–112. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1162955>
- Orrego, F. (2011). *Queñoa: Árbol de las alturas* (Gerencia de Medio Ambiente de la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, Ed.).
- Pais Bosch, A. I., Tecco, P. A., Funes, G., & Cabido, M. (2012). Efecto de la temperatura en la regeneración de especies leñosas del Chaco Serrano e implicancias en la distribución

- actual y potencial de los bosques. *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*, 47(3–4), 401–410.
- Palacios-Ramos, S., Montenegro, R., Appleton, R. D., Sánchez, R. I., Vallejos, D. J., Owen, M. A., & Van Horn, R. C. (2022). La fenología de *Colicodendron scabridum*, sapote, en un bosque seco del norte del Perú. *Caldasia*, 44(3).
- Parque Nacional Huascarán. (2011). *Plan Maestro del 2010-2015*.
- Parque Nacional Huascarán. (2017). *Plan Maestro Periodo 2017-2021*.
- Pinos, J. (2020). Challenges and conservation implications of *Polylepis* woodlands in the Andean region: Defining actions for sustainable management. *Hacquetia*, 19(2), 143–153. <https://doi.org/10.2478/hacq-2020-0001>
- Pollice, J., Marcora, P., & Renison, D. (2013). Seed production in *Polylepis australis* (Rosaceae) as influenced by tree size, livestock and interannual climate variations in the mountains of central Argentina. *New Forests*, 44(2), 233–247. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9313-0>
- Quispe Ochoa, J. M. (2014). *Regeneración natural de Polylepis rugulosa Bitter y Polylepis tomentella Weddell (Rosaceae) “queñua” en la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca y su zona de amortiguamiento, enero - junio del 2010*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Reynel, C., Pennington, T. D., & Pennington, R. T. (2016). *Árboles del Perú*. Lima: Jesús Bellido M. <https://research-scotland.ac.uk/handle/20.500.12594/1416>
- Richards, S. A. (2005). Testing ecological theory using the information-theoretic approach: Examples and cautionary results. *Ecology*, 86(10), 2805–2814. <https://doi.org/10.1890/05-0074>
- Segovia-Salcedo, M. C., Domic, A., Boza, T. E., & Kessler, M. (2018). Situación taxonómica de las especies del género *Polylepis*. Implicancias para los estudios ecológicos, la conservación y la restauración de sus bosques. *Ecología Austral*, 28(1bis), 188–201. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.1.527>
- Seltmann, P., Cocucci, A., Renison, D., Cierjacks, A., & Hensen, I. (2009). Mating system, outcrossing distance effects and pollen availability in the wind-pollinated treeline

- species *Polylepis australis* BITT. (Rosaceae). *Basic and Applied Ecology*, 10(1), 52–60.  
<https://doi.org/10.1016/j.baae.2007.11.008>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, & Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021). *Cuenta de Bosques del Perú*.  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2148573/Cuenta Bosques del Perú.pdf.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2148573/Cuenta_Bosques_del_Peru.pdf.pdf)
- Sevillano-Ríos, C. S., & Morales, L. V. (2021). La temperatura y radiación solar explican diferencias en la distribución de dos árboles altoandinos (*Polylepis* spp.) localmente simpátricos en la Cordillera Blanca, Perú. *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 327–340.  
[https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1938887/SUPPL\\_FILE/TNEO\\_A\\_1938887\\_S M4098.DOCX](https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1938887/SUPPL_FILE/TNEO_A_1938887_S M4098.DOCX)
- Simpson, B. B. (1979). A Revision of the Genus *Polylepis* (Rosaceae: Sanguisorbeae). *Smithsonian Contributions to Botany*, 43, 1–62.  
<https://doi.org/10.5479/SI.0081024X.43.1>
- Smith, D. N. (1988). *Flora and vegetation of the Huascarán National Park, Ancash, Peru, with preliminary taxonomic studies for a manual of the flora* [Iowa State University].  
<https://www.proquest.com/openview/b73c10936fbfb74bf6e400e78706b522/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology* (3rd Editio). Sinauer Associates.
- Toivonen, J. M., Gonzales-Inca, C. A., Bader, M. Y., Ruokolainen, K., & Kessler, M. (2017). Elevational shifts in the topographic position of *polylepis* forest stands in the Andes of Southern Peru. *Forests*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.3390/f9010007>
- Torres, R. C., Renison, D., Hensen, I., Suarez, R., & Enrico, L. (2008). *Polylepis australis*' regeneration niche in relation to seed dispersal, site characteristics and livestock density. *Forest Ecology and Management*, 254(2), 255–260.  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.08.007>
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. (2021). *Polylepis Ruiz & Pav.*  
<https://www.tropicos.org/name/40014048>
- Urrutia, R., & Vuille, M. (2009). Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the

- 21st century. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 114(2).  
<https://doi.org/10.1029/2008JD011021>
- Valladares Perez, D. N. (2019). *ANÁLISIS DEL EFECTO DE BORDE EN LOS BOSQUES DEL GÉNERO Polylepis EN LA QUEBRADA LLACA, HUARAZ – ANCASH, 2017*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Vargas Ríos, O., Angulo Duarte, A., Nieves de la Hoz, L., Suarez Ramírez, S., Corredor Pedraa, A. L., & Rodríguez, L. H. (2021). *Propagación y Manejo de Plantas Nativas para la Restauración Ecológica del Páramo y Bosque Altoandino* (2021st ed.). Universidad Nacional de Colombia.
- Vega, C. K., Villegas, C. G., Rocabado, P. A., Quezada, J. A. N., López, M. Y., & Quevedo, A. W. (2018). Biología reproductiva de tres especies de *Polylepis* (*P. neglecta*, *P. incarum* y *P. pacensis*), con énfasis en su comportamiento germinativo. *Ecología Austral*, 28(1bis), 310–324. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.1.703>
- Villar Cabeza, M. Á., Marcelo Bazán, F. E., & Baselly Villanueva, J. R. (2018). *Evaluación de la fenología de la Cinchona officinalis L. en la Zona de Amortiguamiento del Bosque de Protección de Pagaibamba-I Etapa*. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/913>
- Vives Brosa, J. (2002). *El Diagnóstico de la sobredispersión en modelos de análisis de datos de recuento*.
- Wieser, G., & Tausz, M. (2007). Trees at their upper limit - Treelife limitation at the alpine timberline. In *Plant Ecophysiology* (Vol. 5).
- Wilczek, A. M., Burghardt, L. T., Cobb, A. R., Cooper, M. D., Welch, S. M., & Schmitt, J. (2010). Genetic and physiological bases for phenological responses to current and predicted climates. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1555), 3129–3147. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0128>
- Williams-Linera, G., & Meave, J. (2002). Patrones fenológicos. In M. R. Guariguata & G. H. Kattan (Eds.), *Ecología y conservación de bosques neotropicales* (p. 407).

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Resultados de Análisis de Suelos de Parcelas Permanentes en bosques de *Polylepis* de las quebradas Llaca y Quillcayhuanca

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C/E (1:1) eS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g			Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases		
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>				Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>
10477	LLA1-P1 (parcela borde)	4.21	0.04	0.00	10.83	3.9	95	76	23	1	A.Fr.	11.84	3.70	0.75	0.28	0.20	0.40	5.33	4.93	42
10478	LLA1-P2 (parcela intermedia)	4.17	0.12	0.00	28.29	15.3	275	64	31	5	Fr.A.	21.92	6.83	1.52	0.71	0.17	0.45	9.68	9.23	42
10479	LLA1-P3 (parcela interna)	4.05	0.19	0.00	18.79	16.4	209	62	32	6	Fr.A.	20.16	3.29	1.03	0.56	0.19	0.70	5.77	5.07	25
10480	LLA2-P1 (parcela borde)	4.08	0.13	0.00	19.09	14.2	158	70	25	5	Fr.A.	21.92	6.21	1.15	0.44	0.18	0.80	6.78	7.98	36
10481	LLA2-P2 (parcela intermedia)	4.17	0.05	0.00	16.28	58.5	216	72	25	3	Fr.A.	17.12	3.65	0.98	0.57	0.19	0.45	5.85	5.40	32
10482	LLA2-P3 (parcela interna)	3.88	0.05	0.00	18.57	45.5	166	62	33	5	Fr.A.	15.36	3.42	0.78	0.38	0.17	0.45	5.21	4.76	31
10483	QUI-P1 (parcela borde)	4.04	0.15	0.00	12.66	19.5	148	64	27	9	Fr.A.	13.44	1.04	0.42	0.37	0.10	1.20	3.12	1.92	14
10484	QUI-P2 (parcela interior)	4.29	0.12	0.00	16.55	20.9	143	70	25	5	Fr.A.	20.00	1.98	0.58	0.38	0.11	1.50	4.56	3.06	15
10485	QUI-P3 (parcela intermedia)	4.62	0.11	0.00	17.10	19.3	195	50	35	15	Fr.	18.08	3.51	0.85	0.49	0.10	0.80	5.75	4.95	27
10486	QUI-Pas (pastizal)	4.92	0.15	0.00	16.93	20.9	223	38	43	19	Fr.	18.24	5.95	0.83	0.62	0.15	0.35	7.90	7.55	41

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

  
**Ing. Braulio La Torre Martínez**  
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telef.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 Celular: 946-505-254  
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

### ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante : INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA  
 Departamento : ANCASH  
 Distrito : INDEPENDENCIA  
 Referencia : H.R. 73419-122C-20  
 Provincia : HUARAZ  
 Predio :  
 Fecha : 30/12/2020

**Anexo 2: Colecta de ramas terminales con fenología reproductiva en árboles de *Polylepis weberbaueri*, bosque Llaca 2, quebrada Llaca**





**Anexo 3: Procesamiento en gabinete de muestras de fenología reproductivas colectadas en campo y uso del microscopio estereoscopico para el conteo de estructuras reproductivas**



**Anexo 4: Formato auxiliar para el registro de fenología reproductiva de bosques de *Polylepis***

<b>BOSQUE:</b>			<b>CÓDIGO</b>			<b>FECHA</b>			
<b>COORDENADAS:</b>			<b>ALTITUD:</b>						
<b>ALTURA ÁRBOL</b>			<b>DAP: ( )</b>						
<b>N</b>	Rama 1:	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón
		Fem	Fem	Fem	Fem	Fem	Fem	Fem	Fem
		Mas	Mas	Mas	Mas	Mas	Mas	Mas	Mas
		Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde
		Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma
		Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec
		Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
<b>S</b>	Rama 2:	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón
		Fem	Fem	Fem	Fem	Fem	Fem	Fem	Fem
		Mas	Mas	Mas	Mas	Mas	Mas	Mas	Mas
		Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde
		Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma
		Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec
		Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
<b>E</b>	Rama 3:	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón
		Fem	Fem	Fem	Fem	Fem	Fem	Fem	Fem
		Mas	Mas	Mas	Mas	Mas	Mas	Mas	Mas
		Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde
		Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma
		Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec
		Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada
<b>O</b>	Rama 4:	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón	Botón
		Fem	Fem	Fem	Fem	Fem	Fem	Fem	Fem
		Mas	Mas	Mas	Mas	Mas	Mas	Mas	Mas
		Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde	Fruto verde
		Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma	Fruto ma
		Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec	Fruto sec
		Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada

N

O       E

S

**Anexo 5: Registros de producción de estructuras reproductivas de *Polylepis weberbaueri* de mayo 2021 a abril 2022**

Código	Punto	Año	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS
LL1.Pw.01	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	1	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.01	S	2021	5	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.01	E	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	4	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	2
LL1.Pw.01	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.02	N	2021	5	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	3	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.02	S	2021	5	0	0	0	3	0	0	6	0	0	0	0	6	0	7	0	0	0	0	0	0	8	6	4	1	0	0	0
LL1.Pw.02	E	2021	5	0	0	0	4	0	2	6	0	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	1
LL1.Pw.02	O	2021	5	0	0	0	8	0	0	6	0	0	0	10	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	1
LL1.Pw.03	N	2021	5	0	0	0	0	6	0	6	0	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0	3	8	0	0	0	0	0	1
LL1.Pw.03	S	2021	5	0	0	0	6	4	0	6	0	0	0	1	0	0	7	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	1
LL1.Pw.03	E	2021	5	0	0	0	0	8	9	6	0	0	0	11	5	0	7	0	0	0	0	0	3	8	8	9	1	0	0	0
LL1.Pw.03	O	2021	5	0	0	0	0	1	0	6	0	0	0	0	5	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.04	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.04	S	2021	5	0	0	0	5	0	0	6	0	0	0	3	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	1
LL1.Pw.04	E	2021	5	0	0	0	4	0	0	6	0	0	0	0	2	0	7	0	0	0	0	5	0	8	0	0	0	0	0	1
LL1.Pw.04	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	2	1	13	0
LL1.Pw.05	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.05	S	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.05	E	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.05	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.06	N	2021	5	0	0	0	7	3	0	6	0	0	0	4	1	0	7	0	0	0	0	4	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.06	S	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	5	1	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.06	E	2021	5	0	0	0	7	0	0	6	0	0	0	0	2	0	7	0	0	0	0	7	0	8	0	0	0	0	0	1
LL1.Pw.06	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.07	N	2021	5	0	0	0	4	0	0	6	0	0	0	3	0	0	7	0	0	0	0	2	0	8	0	0	0	0	0	1
LL1.Pw.07	S	2021	5	0	0	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	3	7	0	0	0	5	3	0	8	0	0	0	0	0	2
LL1.Pw.07	E	2021	5	0	0	0	7	7	0	6	0	0	0	3	0	0	7	0	0	0	3	0	0	8	0	0	0	0	0	3
LL1.Pw.07	O	2021	5	0	0	0	13	0	0	6	0	0	0	4	1	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.08	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.08	S	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.08	E	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.08	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.09	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.09	S	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.09	E	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	3	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.09	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.10	N	2021	5	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	0	3	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	1
LL1.Pw.10	S	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	4	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.10	E	2021	5	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	0	2	7	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.10	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0

BF : Botones florales; FF : Flores femeninas; FM : Flores masculinas; FrV : Frutos verdes; FrM : Frutos maduros ; FrS : Frutos secos

Código	Punto	Año	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS
LL1.Pw.01	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	18	0	0	0	0	12	0	0	8	16	0	0
LL1.Pw.01	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	51	34	0	0	0	0	11	15	39	0	17	0	0	12	0	13	2	70	0	0
LL1.Pw.01	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	8	1	0	0	11	3	41	0	0	0	0	12	0	10	10	11	0	0
LL1.Pw.01	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	11	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	2	4	0	0
LL1.Pw.02	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	17	0	0	0	0	11	0	9	9	35	0	0	12	0	0	1	17	0	0
LL1.Pw.02	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	19	30	7	29	0	0	12	0	9	4	48	0	0
LL1.Pw.02	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	4	0	0	0	0	12	0	0	8	30	0	0
LL1.Pw.02	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	7	1	0	0	0	11	21	26	2	39	0	0	12	0	27	11	200	0	0
LL1.Pw.03	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	20	11	6	0	0	0	11	14	8	18	32	0	0	12	1	9	0	24	0	0
LL1.Pw.03	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	31	9	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	11	0	0	0	0
LL1.Pw.03	E	2021	9	0	29	10	0	0	0	10	22	16	1	11	0	0	11	0	30	20	13	0	0	12	0	25	11	84	0	0
LL1.Pw.03	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	5	26	10	20	0	0
LL1.Pw.04	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.04	S	2021	9	0	0	0	0	1	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	6	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.04	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	7	0	0	12	0	6	7	4	0	0
LL1.Pw.04	O	2021	9	0	0	0	0	1	4	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	6	0	0	0	0
LL1.Pw.05	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.05	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.05	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.05	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.06	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	14	31	0	0	0	0	11	29	15	2	2	0	0	12	0	0	8	0	0	0
LL1.Pw.06	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	5	0	7	0	0	12	1	4	5	0	0	0
LL1.Pw.06	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	8	0	0	0	0	0	11	2	29	5	0	0	0	12	0	10	0	7	0	0
LL1.Pw.06	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.07	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	1	10	0	0
LL1.Pw.07	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	25	1	18	0	0	12	0	0	9	0	0	0
LL1.Pw.07	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	7	0	0	0	0	11	0	0	7	18	0	0	12	0	0	0	19	0	0
LL1.Pw.07	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	11	0	0
LL1.Pw.08	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.08	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.08	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.08	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.09	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.09	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.09	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.09	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.10	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	6	12	0	0	0	11	0	4	4	6	0	0	12	0	0	0	6	0	0
LL1.Pw.10	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	5	0	6	0	0	11	0	14	8	0	0	0	12	0	0	0	18	0	0
LL1.Pw.10	E	2021	9	0	24	0	0	0	0	10	0	20	0	0	0	0	11	0	9	0	7	0	0	12	0	0	0	36	0	0
LL1.Pw.10	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	4	3	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0

BF : Botones florales; FF : Flores femeninas; FM : Flores masculinas; FrV : Frutos verdes; FrM : Frutos maduros ; FrS : Frutos secos

Código	Punto	Año	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS
LL1.Pw.01	N	2022	1	0	0	0	16	0	0	2	0	0	0	0	10	0	3	0	0	0	13	10	0	4	0	1	0	19	3	0
LL1.Pw.01	S	2022	1	0	0	0	11	1	9	2	0	0	0	4	3	0	3	0	1	0	15	17	0	4	0	0	0	1	2	0
LL1.Pw.01	E	2022	1	0	5	9	71	0	0	2	0	6	0	16	21	0	3	0	0	0	0	10	0	4	0	1	1	22	15	0
LL1.Pw.01	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	37	0	3	0	0	0	5	3	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.02	N	2022	1	0	0	0	6	0	0	2	0	0	0	0	11	0	3	0	0	0	23	0	0	4	0	0	0	0	0	4
LL1.Pw.02	S	2022	1	0	0	3	121	22	3	2	0	0	0	0	20	1	3	0	0	0	17	23	1	4	0	0	0	24	8	0
LL1.Pw.02	E	2022	1	0	0	0	0	1	34	2	0	7	0	5	3	0	3	0	0	0	0	1	13	4	0	0	0	6	1	0
LL1.Pw.02	O	2022	1	0	0	0	11	0	0	2	0	5	0	0	27	0	3	0	0	0	5	0	0	4	0	0	0	48	3	4
LL1.Pw.03	N	2022	1	0	0	0	12	0	0	2	0	0	0	0	28	0	3	0	0	0	12	12	0	4	0	1	0	5	0	0
LL1.Pw.03	S	2022	1	0	0	0	7	0	0	2	0	0	0	1	21	0	3	0	0	0	8	3	0	4	0	2	0	20	1	2
LL1.Pw.03	E	2022	1	0	0	0	44	0	0	2	0	3	0	1	53	2	3	0	0	0	14	3	0	4	0	0	0	7	2	0
LL1.Pw.03	O	2022	1	0	7	4	27	0	0	2	0	0	0	16	3	0	3	0	0	0	5	3	0	4	0	1	0	3	1	0
LL1.Pw.04	N	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.04	S	2022	1	0	0	0	7	0	0	2	0	0	0	7	20	0	3	0	0	0	3	9	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.04	E	2022	1	0	0	0	25	0	0	2	0	0	0	0	10	0	3	0	0	0	3	3	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.04	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	13	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.05	N	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.05	S	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.05	E	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.05	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	8	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.06	N	2022	1	0	0	0	28	0	0	2	0	10	0	6	8	0	3	0	0	0	3	16	0	4	0	0	0	12	0	0
LL1.Pw.06	S	2022	1	0	0	0	16	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.06	E	2022	1	0	0	4	5	0	0	2	0	2	0	19	19	0	3	0	0	0	6	2	0	4	0	0	0	12	3	0
LL1.Pw.06	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	2	0	57	4	0
LL1.Pw.07	N	2022	1	0	0	3	7	0	0	2	0	7	1	11	43	0	3	0	0	0	2	26	0	4	0	0	0	4	2	0
LL1.Pw.07	S	2022	1	0	0	0	63	4	0	2	0	0	0	14	7	0	3	0	0	0	5	15	0	4	0	0	0	10	15	0
LL1.Pw.07	E	2022	1	0	0	0	70	10	0	2	0	5	0	3	9	0	3	0	0	6	1	10	0	4	0	0	0	7	6	0
LL1.Pw.07	O	2022	1	0	0	0	14	0	0	2	0	2	0	14	85	0	3	0	0	0	2	25	0	4	0	0	0	14	3	1
LL1.Pw.08	N	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.08	S	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.08	E	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.08	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.09	N	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.09	S	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.09	E	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.09	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.10	N	2022	1	0	1	0	6	0	0	2	0	0	0	0	6	0	3	0	0	0	0	0	9	4	0	0	0	0	0	0
LL1.Pw.10	S	2022	1	0	1	0	43	0	0	2	0	0	0	0	11	2	3	0	0	0	2	5	1	4	0	2	0	2	1	0
LL1.Pw.10	E	2022	1	0	1	0	71	0	0	2	0	0	0	0	14	0	3	0	0	0	5	8	1	4	0	0	0	0	0	5
LL1.Pw.10	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	13	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0

BF : Botones florales; FF : Flores femeninas; FM : Flores masculinas; FrV : Frutos verdes; FrM : Frutos maduros ; FrS : Frutos secos

Código	Punto	Año	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS
LL2.Pw.01	N	2021	5	0	0	0	15	0	5	6	0	0	0	27	19	0	7	0	0	0	4	4	3	8	0	0	4	2	1	0
LL2.Pw.01	S	2021	5	0	0	0	21	0	0	6	0	0	0	7	0	9	7	0	0	0	12	0	0	8	0	0	0	0	0	8
LL2.Pw.01	E	2021	5	0	0	0	27	0	0	6	0	0	0	0	0	18	7	0	0	0	10	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.01	O	2021	5	0	0	0	23	0	0	6	10	0	0	0	46	0	7	0	0	0	1	0	2	8	0	0	1	3	1	11
LL2.Pw.02	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0	7	0	0	0	1	0	2	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.02	S	2021	5	0	0	0	14	0	0	6	0	0	0	3	0	0	7	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	8
LL2.Pw.02	E	2021	5	0	0	2	7	0	0	6	0	0	0	0	13	0	7	0	0	0	0	0	5	8	0	0	0	0	0	9
LL2.Pw.02	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	8	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.03	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.03	S	2021	5	0	0	0	18	2	0	6	0	0	0	0	0	20	7	0	0	0	12	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.03	E	2021	5	0	0	0	0	11	0	6	0	0	0	12	3	0	7	0	0	0	19	0	3	8	0	0	0	9	0	0
LL2.Pw.03	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.04	N	2021	5	0	0	0	10	4	0	6	0	0	0	3	3	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.04	S	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	9	0	7	0	0	0	3	0	0	8	0	0	0	0	0	15
LL2.Pw.04	E	2021	5	0	0	0	9	0	0	6	0	0	0	18	4	0	7	0	0	0	6	0	8	8	0	0	2	4	0	0
LL2.Pw.04	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	40	12	0	7	0	0	0	0	0	3	8	0	0	0	4	0	1
LL2.Pw.05	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	1	7	0	0	0	4	1	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.05	S	2021	5	0	0	0	0	11	0	6	0	0	0	0	6	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	1
LL2.Pw.05	E	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	2	0	7	0	0	0	8	0	0	8	0	0	0	0	0	4
LL2.Pw.05	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	2	9	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.06	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.06	S	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.06	E	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.06	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	2	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.07	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	7	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.07	S	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	4	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.07	E	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	6	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	5
LL2.Pw.07	O	2021	5	0	0	0	1	18	0	6	0	0	0	0	0	2	7	0	0	0	0	4	5	8	0	0	0	0	1	0
LL2.Pw.08	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.08	S	2021	5	0	0	0	0	30	0	6	0	0	0	0	2	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	2
LL2.Pw.08	E	2021	5	0	0	0	0	6	0	6	0	0	0	0	3	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.08	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	7	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.09	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	5	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.09	S	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.09	E	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.09	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.10	N	2021	5	0	0	0	0	16	0	6	0	0	0	0	4	0	7	0	0	0	0	4	0	8	0	0	0	0	0	2
LL2.Pw.10	S	2021	5	0	0	0	0	0	5	6	0	0	0	0	3	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	1
LL2.Pw.10	E	2021	5	0	0	0	0	36	6	6	0	0	0	3	9	0	7	0	0	0	0	8	0	8	0	0	0	0	0	5
LL2.Pw.10	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	0

BF : Botones florales; FF : Flores femeninas; FM : Flores masculinas; FrV : Frutos verdes; FrM : Frutos maduros ; FrS : Frutos secos

Código	Punto	Año	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS
LL2.Pw.01	N	2021	9	0	0	0	0	0	5	10	1	9	0	0	0	2	11	36	25	18	8	0	0	12	0	14	19	0	0	0
LL2.Pw.01	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	11	24	1	0	0	12	0	0	19	4	0	0
LL2.Pw.01	E	2021	9	0	0	0	0	0	3	10	8	18	0	0	0	0	11	17	20	15	40	0	0	12	6	21	21	62	0	0
LL2.Pw.01	O	2021	9	0	0	0	0	0	2	10	42	33	0	0	0	1	11	41	63	1	0	0	0	12	2	62	0	78	0	0
LL2.Pw.02	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	2	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.02	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	9	3	0	0
LL2.Pw.02	E	2021	9	0	0	4	0	0	0	10	0	0	1	4	0	2	11	27	5	5	4	0	0	12	0	0	18	20	0	0
LL2.Pw.02	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	6	6	0	0	0
LL2.Pw.03	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.03	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	8	11	0	0	0	0
LL2.Pw.03	E	2021	9	0	0	0	0	0	3	10	0	0	1	1	0	0	11	10	0	0	0	0	10	12	0	6	6	4	0	4
LL2.Pw.03	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.04	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.04	S	2021	9	0	0	0	0	0	3	10	0	0	0	0	0	2	11	6	2	13	10	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.04	E	2021	9	0	0	1	0	0	8	10	13	24	13	2	0	0	11	0	6	2	36	0	0	12	0	0	4	15	0	0
LL2.Pw.04	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	8	0	0	0	11	7	5	9	38	0	0	12	0	2	1	9	0	0
LL2.Pw.05	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	4	8	3	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.05	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.05	E	2021	9	0	0	0	0	0	2	10	0	0	0	0	0	0	11	0	18	4	0	0	0	12	0	7	2	0	0	0
LL2.Pw.05	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.06	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.06	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.06	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.06	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	3	2	0	12	0	0	0	3	0	0
LL2.Pw.07	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.07	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.07	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	9	0	0	0	0
LL2.Pw.07	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	10	14	0	0	0	0	12	0	17	18	17	0	0
LL2.Pw.08	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	2	28	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.08	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.08	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	26	21	0	0	0	0	12	1	10	0	0	0	0
LL2.Pw.08	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	1	19	0	0	0	0	12	0	2	9	0	0	0
LL2.Pw.09	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.09	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.09	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.09	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.10	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	21	0	0
LL2.Pw.10	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	16	0	0
LL2.Pw.10	E	2021	9	0	0	0	0	0	6	10	7	5	1	0	0	1	11	0	0	4	8	0	0	12	0	0	0	12	0	0
LL2.Pw.10	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0

BF : Botones florales; FF : Flores femeninas; FM : Flores masculinas; FrV : Frutos verdes; FrM : Frutos maduros ; FrS : Frutos secos

Código	Punto	Año	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS
LL2.Pw.01	N	2022	1	0	0	0	14	0	0	2	0	1	0	0	10	0	3	0	0	0	23	0	0	4	0	1	0	4	0	0
LL2.Pw.01	S	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	10	10	2	3	0	0	0	10	0	0	4	0	0	0	15	0	0
LL2.Pw.01	E	2022	1	0	0	12	119	0	5	2	0	3	0	2	27	0	3	0	1	0	11	7	0	4	0	0	0	2	1	0
LL2.Pw.01	O	2022	1	0	2	0	21	0	0	2	0	4	0	0	19	0	3	0	15	0	16	44	3	4	0	2	0	25	0	0
LL2.Pw.02	N	2022	1	0	1	0	11	0	0	2	1	3	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.02	S	2022	1	0	0	0	11	0	0	2	0	0	0	4	21	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.02	E	2022	1	0	1	4	24	0	0	2	0	9	0	21	43	0	3	0	6	0	5	0	0	4	0	0	0	31	1	0
LL2.Pw.02	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.03	N	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.03	S	2022	1	0	0	11	28	0	0	2	0	0	0	14	0	0	3	0	4	0	3	0	24	4	0	0	0	5	0	0
LL2.Pw.03	E	2022	1	0	0	22	49	0	0	2	0	0	0	24	11	0	3	0	0	0	4	8	15	4	0	2	0	29	1	0
LL2.Pw.03	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.04	N	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	9	0	3	0	0	0	5	0	0	4	0	0	0	6	1	0
LL2.Pw.04	S	2022	1	0	0	0	35	0	0	2	0	2	0	3	5	0	3	0	0	0	0	4	0	4	0	1	0	11	4	0
LL2.Pw.04	E	2022	1	0	2	0	13	0	0	2	0	0	0	0	7	0	3	0	8	0	0	41	3	4	0	0	0	3	7	0
LL2.Pw.04	O	2022	1	0	1	3	30	0	2	2	0	0	0	2	7	0	3	0	0	0	0	11	1	4	0	1	0	15	15	0
LL2.Pw.05	N	2022	1	0	0	0	20	0	0	2	0	0	0	16	3	0	3	0	0	0	6	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.05	S	2022	1	0	0	0	12	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.05	E	2022	1	0	0	1	19	0	0	2	0	0	0	9	0	0	3	0	0	0	3	0	0	4	0	0	0	2	0	0
LL2.Pw.05	O	2022	1	0	0	0	41	0	0	2	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	4	1	0
LL2.Pw.06	N	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.06	S	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.06	E	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.06	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.07	N	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	10	0	4	0	0	0	1	0	0
LL2.Pw.07	S	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	8	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.07	E	2022	1	0	0	1	6	0	0	2	0	0	0	0	15	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	3	0
LL2.Pw.07	O	2022	1	0	0	8	30	0	0	2	0	0	0	6	14	0	3	0	0	0	6	3	0	4	0	0	0	17	5	0
LL2.Pw.08	N	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.08	S	2022	1	0	0	0	17	4	2	2	0	0	0	6	10	0	3	0	4	0	0	7	1	4	0	0	0	2	2	0
LL2.Pw.08	E	2022	1	0	0	2	27	17	0	2	0	1	0	1	26	0	3	0	0	0	1	14	0	4	0	0	0	15	1	0
LL2.Pw.08	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	16	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.09	N	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.09	S	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.09	E	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.09	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.10	N	2022	1	0	0	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.10	S	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.10	E	2022	1	0	0	0	5	0	0	2	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0	6	0	4	0	0	0	0	0	0
LL2.Pw.10	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0

BF : Botones florales; FF : Flores femeninas; FM : Flores masculinas; FrV : Frutos verdes; FrM : Frutos maduros ; FrS : Frutos secos

**Anexo 6:** Registros de producción de estructuras reproductivas de *Polylepis albicans* de mayo 2021 a abril 2022

Código	Punto	Año	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS
Q.Pa.01	N	2021	5	0	0	0	0	0	45	6	0	0	0	0	55	5	7	0	0	0	0	0	18	8	0	0	0	0	0	19
Q.Pa.01	S	2021	5	0	0	0	0	0	50	6	0	0	0	0	0	12	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.01	E	2021	5	0	0	0	0	0	60	6	0	0	0	0	0	27	7	0	1	0	0	0	50	8	0	0	0	0	1	18
Q.Pa.01	O	2021	5	0	0	0	0	0	13	6	0	0	0	0	0	22	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.02	N	2021	5	0	0	0	0	0	44	6	0	0	0	0	29	28	7	0	0	0	0	0	62	8	0	0	0	0	0	5
Q.Pa.02	S	2021	5	0	0	0	0	0	103	6	0	0	0	0	0	29	7	0	0	0	0	0	23	8	0	0	0	0	0	19
Q.Pa.02	E	2021	5	0	0	0	103	0	0	6	0	0	0	6	33	18	7	0	8	0	0	0	0	8	0	3	0	0	0	62
Q.Pa.02	O	2021	5	0	0	0	0	0	10	6	0	0	0	0	34	0	7	0	0	0	0	0	14	8	0	0	0	0	0	19
Q.Pa.03	N	2021	5	0	0	0	0	0	64	6	0	0	0	0	0	17	7	0	0	0	0	0	8	8	0	34	11	0	0	21
Q.Pa.03	S	2021	5	0	0	0	0	0	10	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	6	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.03	E	2021	5	0	0	0	0	0	69	6	0	0	0	0	0	21	7	0	0	0	0	0	30	8	0	2	0	0	0	21
Q.Pa.03	O	2021	5	0	0	0	0	0	19	6	0	0	0	0	0	70	7	0	0	0	0	0	13	8	0	0	0	0	0	42
Q.Pa.04	N	2021	5	0	0	0	0	0	4	6	0	0	0	0	27	0	7	0	0	0	0	10	2	8	0	0	0	0	0	16
Q.Pa.04	S	2021	5	0	0	0	0	0	154	6	0	0	0	0	15	0	7	0	0	0	0	0	17	8	0	0	0	0	0	21
Q.Pa.04	E	2021	5	0	0	0	0	0	15	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	12
Q.Pa.04	O	2021	5	0	0	0	0	0	15	6	0	0	0	0	27	0	7	0	0	0	0	0	14	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.05	N	2021	5	0	17	0	0	7	17	6	0	0	0	0	0	27	7	0	0	0	0	0	14	8	0	0	3	0	0	40
Q.Pa.05	S	2021	5	0	0	0	15	0	0	6	0	5	0	0	0	0	7	0	0	0	5	0	1	8	0	0	0	0	0	10
Q.Pa.05	E	2021	5	0	0	0	0	0	16	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.05	O	2021	5	0	15	0	10	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.06	N	2021	5	0	0	0	0	0	82	6	9	0	0	0	28	57	7	0	13	0	10	0	51	8	0	0	0	0	0	86
Q.Pa.06	S	2021	5	0	0	0	6	2	101	6	9	0	0	0	24	13	7	0	0	0	0	0	23	8	0	0	0	0	0	86
Q.Pa.06	E	2021	5	0	0	0	0	0	28	6	0	0	0	0	16	33	7	0	39	0	0	0	199	8	0	0	0	0	0	8
Q.Pa.06	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0	0	32	0	7	0	1	0	0	0	36	8	0	0	0	0	0	9
Q.Pa.07	N	2021	5	0	0	0	0	0	19	6	0	0	0	0	0	15	7	0	0	0	0	0	11	8	0	0	0	0	0	6
Q.Pa.07	S	2021	5	0	0	0	0	0	28	6	0	0	0	0	5	5	7	0	0	0	0	0	55	8	0	0	0	0	0	40
Q.Pa.07	E	2021	5	0	0	0	0	0	18	6	0	0	0	0	33	57	7	0	0	0	0	0	13	8	0	0	0	0	0	6
Q.Pa.07	O	2021	5	0	62	0	21	13	46	6	0	0	0	0	0	27	7	0	0	0	0	0	10	8	0	0	0	0	0	12
Q.Pa.08	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	66	8	0	0	0	0	0	67
Q.Pa.08	S	2021	5	0	0	0	0	0	47	6	0	0	0	0	26	14	7	0	0	0	0	0	64	8	0	0	0	0	0	54
Q.Pa.08	E	2021	5	0	0	0	0	0	98	6	0	0	0	0	0	119	7	0	0	0	0	0	52	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.08	O	2021	5	0	0	0	0	0	200	6	0	0	0	0	0	0	7	0	6	0	0	0	34	8	0	0	0	0	0	0

**BF** : Botones florales; **FF** : Flores femeninas; **FM** : Flores masculinas; **FrV** : Frutos verdes; **FrM** : Frutos maduros ; **FrS** : Frutos secos

Código	Punto	Año	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS
Q.Pa.09	N	2021	5	0	0	0	0	0	31	6	9	0	0	0	4	17	7	0	0	0	0	0	13	8	0	0	0	0	0	43
Q.Pa.09	S	2021	5	0	0	0	0	0	36	6	0	0	0	0	18	72	7	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	63
Q.Pa.09	E	2021	5	0	0	0	0	0	106	6	0	0	0	0	83	28	7	10	24	0	0	0	27	8	0	0	0	0	0	45
Q.Pa.09	O	2021	5	0	0	0	0	0	21	6	0	0	0	0	0	7	7	0	12	0	0	0	85	8	0	0	6	0	0	0
Q.Pa.10	N	2021	5	0	0	0	0	0	31	6	4	0	0	0	22	0	7	0	0	0	0	0	30	8	0	0	0	0	0	13
Q.Pa.10	S	2021	5	0	0	0	21	0	30	6	0	0	0	0	16	0	7	0	0	0	0	0	27	8	0	0	0	0	0	46
Q.Pa.10	E	2021	5	0	0	0	0	0	36	6	0	0	0	0	18	22	7	0	3	0	0	0	47	8	0	0	5	0	0	54
Q.Pa.10	O	2021	5	0	0	0	0	0	62	6	0	0	0	0	42	12	7	0	15	0	0	0	33	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.11	N	2021	5	0	38	0	0	0	27	6	0	0	0	0	14	16	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	29
Q.Pa.11	S	2021	5	0	0	0	0	0	43	6	0	0	0	0	20	0	7	27	20	0	0	0	91	8	0	0	0	0	0	177
Q.Pa.11	E	2021	5	0	0	0	64	0	85	6	31	0	0	16	39	9	7	7	10	0	0	0	99	8	0	0	0	0	0	24
Q.Pa.11	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	74	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.12	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.12	S	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.12	E	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.12	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.13	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.13	S	2021	5	0	0	24	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.13	E	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.13	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.14	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.14	S	2021	5	0	0	0	0	0	34	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	36	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.14	E	2021	5	0	0	0	0	0	24	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.14	O	2021	5	0	0	0	0	0	51	6	0	0	0	0	0	76	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	21
Q.Pa.15	N	2021	5	0	0	0	0	17	0	6	10	52	0	0	0	0	7	0	3	0	0	0	47	8	0	0	0	0	0	17
Q.Pa.15	S	2021	5	8	0	0	0	0	57	6	37	186	0	0	65	57	7	0	0	0	0	0	34	8	0	0	0	0	0	25
Q.Pa.15	E	2021	5	0	3	0	37	21	21	6	10	0	0	0	43	62	7	0	52	0	0	0	114	8	0	0	0	0	0	171
Q.Pa.15	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	15	0	0	0	22	0	7	0	0	0	0	0	6	8	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.16	N	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	18	8	0	0	1	0	0	17
Q.Pa.16	S	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	48	7	2	1	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	2
Q.Pa.16	E	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	44	7	0	0	0	0	0	48	8	0	0	0	0	0	16
Q.Pa.16	O	2021	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0

BF : Botones florales; FF : Flores femeninas; FM : Flores masculinas; FrV : Frutos verdes; FrM : Frutos maduros ; FrS : Frutos secos

Código	Punto	Año	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS
Q.Pa.01	N	2021	9	0	15	18	0	0	0	10	0	0	0	35	0	0	11	0	0	0	25	0	0	12	0	43	18	273	23	0
Q.Pa.01	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	1	68	165	0	0	11	0	0	0	42	0	0	12	24	65	0	504	61	0
Q.Pa.01	E	2021	9	0	0	22	0	0	0	10	20	0	35	46	0	0	11	2	0	0	140	0	0	12	0	0	0	51	17	0
Q.Pa.01	O	2021	9	0	0	0	0	0	8	10	0	1	0	92	0	0	11	16	6	25	121	0	23	12	8	14	36	100	5	0
Q.Pa.02	N	2021	9	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	12	11	24	0	0	30	0	0	12	0	54	26	103	0	50
Q.Pa.02	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	14	11	0	29	0	0	0	0	12	0	26	0	30	0	0
Q.Pa.02	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	2	23	0	0	0	8	11	25	19	24	24	0	0	12	3	64	0	52	0	0
Q.Pa.02	O	2021	9	0	0	0	0	14	0	10	0	21	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	12	12	0	23	0	68	0	0
Q.Pa.03	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	15	0	0	0	0	11	14	22	0	0	0	12	0	0	0	15	0	0	
Q.Pa.03	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	12	0	16	0	0	0	0	0
Q.Pa.03	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	3	67	0	0	0	12	0	0	0	17	0	0	
Q.Pa.03	O	2021	9	0	0	0	0	0	11	10	0	0	0	0	0	12	11	0	14	0	0	0	4	12	0	14	0	0	0	0
Q.Pa.04	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	21	15	3	0	0	11	0	0	0	0	0	12	0	20	0	0	0	0	0
Q.Pa.04	S	2021	9	0	0	0	0	0	11	10	0	0	0	0	0	0	11	35	68	0	0	0	12	0	1	14	21	0	0	
Q.Pa.04	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	12	0	20	15	2	0	0	
Q.Pa.04	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	12	0	13	32	0	0	0	0
Q.Pa.05	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	18	14	0	12	5	45	0	371	0	0	
Q.Pa.05	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	12	20	28	50	34	0	0	
Q.Pa.05	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	12	0	0	21	51	0	0	
Q.Pa.05	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	16	28	0	0	0	0	11	0	20	20	0	0	12	0	29	67	0	0	0	
Q.Pa.06	N	2021	9	0	0	0	0	3	11	10	64	26	15	2	0	9	11	0	87	4	0	0	12	0	2	0	75	0	0	
Q.Pa.06	S	2021	9	0	0	1	20	0	14	10	66	0	14	18	0	0	11	0	23	0	0	0	12	0	10	19	85	0	4	
Q.Pa.06	E	2021	9	0	0	14	0	0	36	10	115	44	26	20	0	7	11	6	39	0	0	0	12	2	0	8	72	2	15	
Q.Pa.06	O	2021	9	0	0	0	0	0	22	10	88	39	51	23	0	12	11	0	21	0	0	0	12	0	0	89	116	0	0	
Q.Pa.07	N	2021	9	0	0	0	0	0	11	10	16	41	47	1	1	0	11	0	37	24	5	0	8	12	0	0	0	54	0	0
Q.Pa.07	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	16	30	0	0	0	0	11	1	7	0	0	0	12	0	0	0	53	0	0	
Q.Pa.07	E	2021	9	0	0	0	0	0	20	10	0	31	0	0	0	0	11	1	23	15	32	0	12	0	4	0	80	0	0	
Q.Pa.07	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	35	93	2	0	0	37	11	0	20	0	16	0	12	0	0	0	103	0	0	
Q.Pa.08	N	2021	9	0	0	0	0	0	35	10	21	61	0	0	0	0	11	0	98	30	0	0	12	0	0	0	109	0	0	
Q.Pa.08	S	2021	9	0	0	0	0	0	27	10	122	79	0	0	0	0	11	3	128	60	5	0	12	0	0	64	180	0	0	
Q.Pa.08	E	2021	9	55	50	2	0	0	56	10	169	95	24	3	0	0	11	8	143	305	15	0	12	14	27	26	250	1	0	
Q.Pa.08	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	58	160	0	0	0	0	11	2	72	85	12	0	12	3	29	0	41	0	0	

BF : Botones florales; FF : Flores femeninas; FM : Flores masculinas; FrV : Frutos verdes; FrM : Frutos maduros ; FrS : Frutos secos

Código	Punto	Año	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS
Q.Pa.09	N	2021	9	0	0	1	0	0	56	10	17	82	28	0	0	0	11	12	29	84	17	0	0	12	0	0	0	80	0	0
Q.Pa.09	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	30	43	16	21	0	0	11	0	0	81	5	0	0	12	3	0	0	77	0	0
Q.Pa.09	E	2021	9	0	0	0	0	0	122	10	22	54	3	0	0	0	11	0	64	31	38	0	8	12	10	17	0	166	0	0
Q.Pa.09	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	23	36	10	0	0	0	11	0	16	8	48	0	0	12	0	0	0	85	0	0
Q.Pa.10	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	37	16	34	34	0	0	11	0	15	0	19	0	15	12	0	0	0	49	0	0
Q.Pa.10	S	2021	9	0	6	14	0	0	0	10	28	34	39	109	0	0	11	13	15	18	74	0	0	12	0	39	37	208	0	0
Q.Pa.10	E	2021	9	0	0	0	0	0	24	10	0	26	12	42	0	0	11	15	17	0	57	0	0	12	0	40	39	226	1	0
Q.Pa.10	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	15	19	4	0	0	0	11	1	21	13	55	0	5	12	0	0	25	314	29	0
Q.Pa.11	N	2021	9	0	0	0	0	0	25	10	69	18	0	29	0	0	11	0	47	0	26	0	0	12	27	49	0	109	0	0
Q.Pa.11	S	2021	9	59	0	0	0	0	137	10	0	74	0	0	0	12	11	51	177	37	29	0	0	12	65	155	42	248	0	0
Q.Pa.11	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	107	99	0	40	0	68	11	31	163	42	0	0	0	12	23	74	71	66	0	0
Q.Pa.11	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	33	93	13	27	0	0	11	65	69	63	26	0	0	12	40	15	53	152	0	0
Q.Pa.12	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.12	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	71	12	3	0	0	11	3	28	54	72	0	0	12	0	0	0	58	0	0
Q.Pa.12	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	87	66	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	51	0	0
Q.Pa.12	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	63	0	0	0	0	11	0	22	18	60	0	0	12	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.13	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	25	99	4	0	0	0	12	0	0	86	88	0	0
Q.Pa.13	S	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.13	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	40	2	0	0
Q.Pa.13	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	63	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	184	4	0
Q.Pa.14	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	6	18	0	0	12	1	0	0	153	0	0
Q.Pa.14	S	2021	9	4	36	70	3	0	0	10	0	20	0	0	0	0	11	13	17	100	84	0	0	12	6	0	0	52	0	0
Q.Pa.14	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	24	0	0	0	0	11	0	0	3	92	0	0	12	1	0	0	97	0	0
Q.Pa.14	O	2021	9	8	34	0	0	0	0	10	0	0	0	94	0	0	11	9	0	19	48	0	0	12	3	0	0	63	0	0
Q.Pa.15	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	2	2	22	186	15	25	11	0	0	9	36	0	0	12	0	0	0	94	6	0
Q.Pa.15	S	2021	9	24	116	25	0	0	0	10	0	22	52	72	0	0	11	5	25	13	110	0	29	12	0	0	0	111	1	0
Q.Pa.15	E	2021	9	6	40	5	0	0	0	10	1	0	0	52	0	0	11	0	0	0	45	0	20	12	2	1	0	92	0	0
Q.Pa.15	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	1	0	0	43	0	0	11	3	0	0	112	0	41	12	0	0	0	94	0	0
Q.Pa.16	N	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	41	0	0	0	0	11	28	90	19	125	0	0	12	9	0	0	78	0	0
Q.Pa.16	S	2021	9	32	8	0	0	0	37	10	42	46	21	114	0	0	11	5	76	18	46	0	0	12	0	0	0	119	0	0
Q.Pa.16	E	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	0	83	13	0	0	0	11	0	64	2	59	0	0	12	1	0	36	63	0	0
Q.Pa.16	O	2021	9	0	0	0	0	0	0	10	21	17	0	18	0	0	11	0	0	50	0	0	0	12	0	0	0	245	0	0

BF : Botones florales; FF : Flores femeninas; FM : Flores masculinas; FrV : Frutos verdes; FrM : Frutos maduros ; FrS : Frutos secos

Código	Punto	Año	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS
Q.Pa.01	N	2022	1	10	0	0	75	0	61	2	0	0	0	96	32	0	3	0	31	0	13	0	183	4	0	21	0	15	0	82
Q.Pa.01	S	2022	1	0	2	0	95	5	21	2	0	11	0	0	22	105	3	0	0	0	0	0	145	4	0	0	0	0	0	19
Q.Pa.01	E	2022	1	5	0	0	0	4	69	2	0	0	0	0	0	88	3	0	20	0	0	0	143	4	0	0	0	0	0	37
Q.Pa.01	O	2022	1	0	6	0	132	0	86	2	0	0	0	0	0	36	3	0	0	0	0	0	84	4	0	0	0	0	0	48
Q.Pa.02	N	2022	1	0	0	16	22	0	0	2	0	9	0	12	19	0	3	10	7	0	33	0	0	4	5	12	0	2	0	0
Q.Pa.02	S	2022	1	0	0	0	136	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	112	39	0	4	0	0	0	0	0	9
Q.Pa.02	E	2022	1	2	11	0	239	0	0	2	8	10	0	6	55	24	3	13	0	0	51	42	8	4	0	7	0	0	0	0
Q.Pa.02	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	5	0	22	39	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.03	N	2022	1	0	0	0	21	0	0	2	0	1	0	15	0	0	3	0	0	0	20	20	0	4	2	15	0	0	7	8
Q.Pa.03	S	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	7	0	0	3	0	0	0	34	0	0	4	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.03	E	2022	1	0	0	0	17	0	0	2	0	0	0	32	0	0	3	0	0	0	66	0	16	4	0	2	0	21	0	0
Q.Pa.03	O	2022	1	0	0	0	22	0	0	2	0	0	0	11	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.04	N	2022	1	0	1	0	20	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	72	0	4	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.04	S	2022	1	0	1	0	64	43	0	2	0	0	0	20	0	0	3	0	0	0	0	37	0	4	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.04	E	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	27	18	8	4	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.04	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	38	0	4	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.05	N	2022	1	0	0	0	83	0	0	2	0	1	0	74	115	16	3	3	15	0	0	13	0	4	0	0	0	49	0	0
Q.Pa.05	S	2022	1	0	0	26	0	0	0	2	0	0	0	34	0	0	3	0	5	0	0	11	9	4	0	7	0	0	0	0
Q.Pa.05	E	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	16	0	0	0	14
Q.Pa.05	O	2022	1	0	0	0	65	0	5	2	0	0	0	16	26	0	3	0	0	0	0	37	0	4	0	0	0	22	0	0
Q.Pa.06	N	2022	1	4	0	0	200	0	0	2	0	0	0	17	22	0	3	0	0	0	0	18	77	4	0	0	0	0	0	23
Q.Pa.06	S	2022	1	1	0	0	181	1	0	2	0	0	0	80	9	0	3	0	0	0	0	0	20	4	0	0	0	0	0	70
Q.Pa.06	E	2022	1	18	43	0	241	4	9	2	0	0	0	72	0	57	3	0	5	0	0	69	150	4	0	0	0	0	0	45
Q.Pa.06	O	2022	1	2	3	0	214	1	0	2	0	19	0	38	36	0	3	0	7	0	0	58	9	4	0	0	0	0	0	59
Q.Pa.07	N	2022	1	0	0	0	1	77	0	2	0	3	0	16	78	0	3	0	0	0	17	11	31	4	0	0	0	16	0	19
Q.Pa.07	S	2022	1	0	2	0	125	6	34	2	0	0	0	0	15	0	3	0	0	0	24	0	23	4	0	0	0	0	0	27
Q.Pa.07	E	2022	1	0	1	0	320	11	0	2	0	0	0	16	28	7	3	0	0	0	0	51	32	4	0	1	0	0	0	130
Q.Pa.07	O	2022	1	0	0	0	290	28	6	2	0	0	0	0	13	0	3	0	0	0	0	10	16	4	0	0	0	15	0	21
Q.Pa.08	N	2022	1	0	0	0	121	6	0	2	0	0	0	88	43	0	3	0	0	0	0	0	87	4	0	0	0	0	0	44
Q.Pa.08	S	2022	1	0	0	0	213	27	0	2	0	0	0	99	33	0	3	0	0	0	0	0	221	4	0	19	0	0	1	163
Q.Pa.08	E	2022	1	9	0	0	298	13	0	2	0	29	0	74	117	0	3	41	0	0	30	0	72	4	0	20	0	0	0	63
Q.Pa.08	O	2022	1	0	0	0	71	0	0	2	17	24	0	2	96	28	3	13	0	0	0	0	122	4	0	0	0	0	0	167

BF : Botones florales; FF : Flores femeninas; FM : Flores masculinas; FrV : Frutos verdes; FrM : Frutos maduros ; FrS : Frutos secos

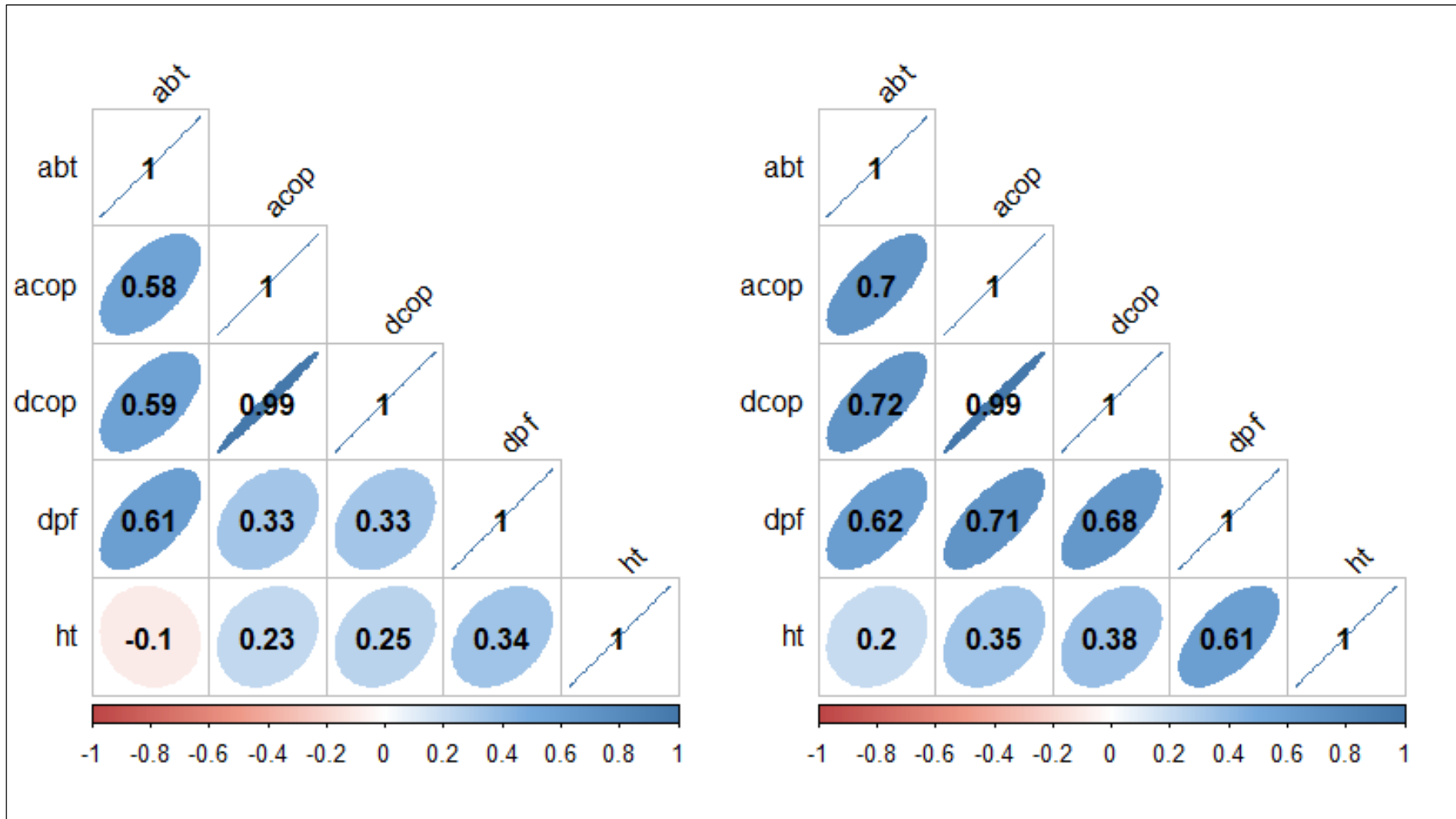
Código	Punto	Año	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	Mes	BF	FF	FM	FrV	FrM	FrS	
Q.Pa.09	N	2022	1	0	4	0	169	0	0	2	0	0	0	0	17	0	3	0	0	0	14	0	50	4	0	0	0	0	0	22	
Q.Pa.09	S	2022	1	0	3	0	151	14	12	2	0	33	0	160	26	42	3	0	0	0	0	0	42	4	0	2	0	0	0	46	
Q.Pa.09	E	2022	1	0	1	0	219	0	0	2	0	5	0	109	105	2	3	0	0	0	0	15	72	4	0	15	0	0	0	111	
Q.Pa.09	O	2022	1	0	6	0	98	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	62	4	0	0	0	0	0	31	
Q.Pa.10	N	2022	1	0	0	0	34	0	0	2	0	0	0	15	17	4	3	0	3	0	0	40	121	4	0	0	0	33	0	160	
Q.Pa.10	S	2022	1	0	0	0	11	62	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	11	0	4	8	83	4	0	12	0	0	0	29	
Q.Pa.10	E	2022	1	26	67	29	61	18	0	2	14	11	10	248	16	70	3	0	1	0	0	34	110	4	0	2	0	0	0	32	
Q.Pa.10	O	2022	1	0	4	0	234	154	177	2	0	13	0	76	32	0	3	0	0	0	0	0	22	4	0	5	0	20	8	29	
Q.Pa.11	N	2022	1	0	1	45	228	50	0	2	1	6	0	119	53	28	3	0	1	0	76	77	76	4	0	0	0	0	0	33	
Q.Pa.11	S	2022	1	4	38	34	208	19	22	2	0	2	0	157	47	0	3	0	25	0	41	120	79	4	0	39	0	34	0	94	
Q.Pa.11	E	2022	1	0	52	24	84	19	0	2	0	25	0	95	20	10	3	0	1	0	45	93	20	4	0	0	0	38	0	20	
Q.Pa.11	O	2022	1	1	3	19	452	12	0	2	0	15	0	267	148	33	3	0	0	0	0	0	0	4	1	28	0	29	0	4	
Q.Pa.12	N	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.12	S	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.12	E	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	8	0	18	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.12	O	2022	1	0	0	0	68	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.13	N	2022	1	0	0	0	96	0	0	2	0	11	0	31	189	0	3	0	0	0	17	41	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.13	S	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	22	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.13	E	2022	1	0	2	25	165	0	0	2	0	0	0	0	101	0	3	0	3	0	24	0	22	4	0	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.13	O	2022	1	0	1	0	120	0	0	2	0	0	0	17	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.14	N	2022	1	0	0	0	91	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.14	S	2022	1	0	0	0	57	0	34	2	1	20	0	0	0	35	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.14	E	2022	1	0	0	0	48	0	0	2	0	2	0	59	0	10	3	0	0	0	57	35	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.14	O	2022	1	0	0	0	46	0	38	2	0	0	0	0	0	116	3	0	0	0	0	0	28	4	0	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.15	N	2022	1	0	4	23	2	0	19	2	0	0	0	0	0	133	3	0	0	0	0	0	36	4	0	0	0	21	0	0	0
Q.Pa.15	S	2022	1	0	3	0	39	0	43	2	16	34	0	30	96	31	3	0	0	0	0	0	83	4	0	0	0	0	0	0	35
Q.Pa.15	E	2022	1	0	0	0	29	40	11	2	0	13	0	0	0	18	3	8	0	0	0	0	92	4	19	0	0	0	0	0	19
Q.Pa.15	O	2022	1	0	2	0	23	24	0	2	0	11	0	17	84	13	3	46	115	20	100	0	14	4	0	0	0	1	0	23	
Q.Pa.16	N	2022	1	0	1	0	0	69	0	2	0	0	0	0	37	24	3	0	0	0	0	0	57	4	0	0	0	0	0	0	12
Q.Pa.16	S	2022	1	0	6	0	0	191	0	2	0	0	0	17	26	0	3	0	0	0	0	40	49	4	0	6	0	0	0	29	
Q.Pa.16	E	2022	1	1	1	0	0	139	2	2	0	0	0	0	37	0	3	0	0	0	0	0	37	4	0	0	0	0	0	0	0
Q.Pa.16	O	2022	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	10	92	31	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0

BF : Botones florales; FF : Flores femeninas; FM : Flores masculinas; FrV : Frutos verdes; FrM : Frutos maduros ; FrS : Frutos secos

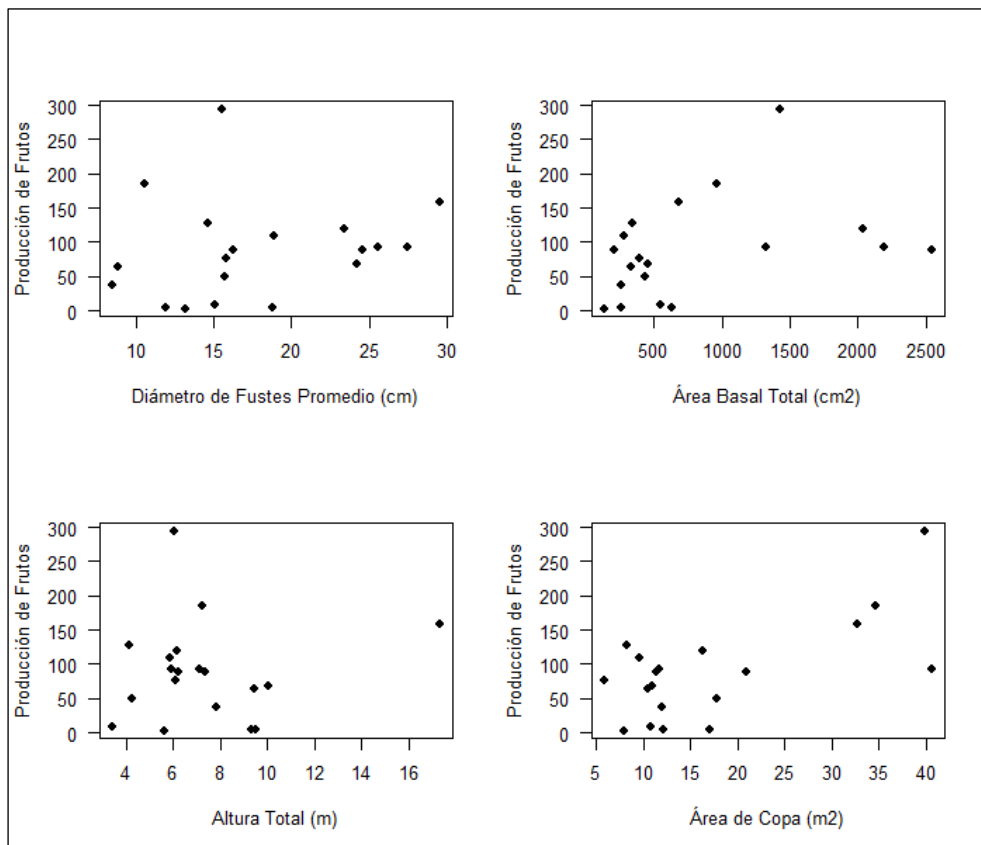
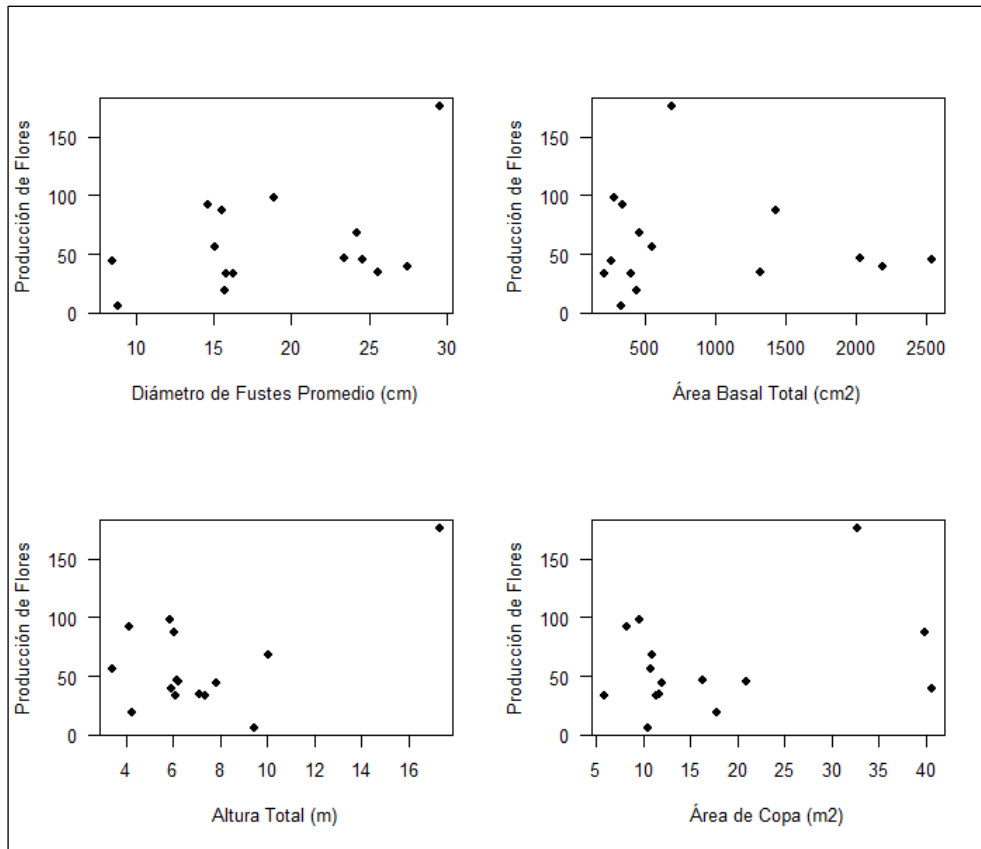
**Anexo 7: Variables alométricas de los individuos de *Polylepis weberbaueri* y *Polylepis albicans* evaluados de las quebradas Llaca y Quillcayhuanca, respectivamente**

N°	Código	Este	Norte	Altitud (msnm)	Ø Fuste Prom. (cm)	Área Basal Total (cm <sup>2</sup> )	Altura Total (m)	Ø Copa Mayor (m)	Ø Copa Menor (m)	Ø Copa Prom. (m)	Área de Copa (m <sup>2</sup> )
<b>Quebrada Llaca</b>											
1	LL1.Pw.1	229726	8953495	4255	18.84	278.89	5.88	3.8	3.2	3.50	9.55
2	LL1.Pw.2	229729	8953506	4279	15.50	1426.70	6.01	7.7	6.6	7.15	39.91
3	LL1.Pw.3	229729	8953514	4304	14.66	337.94	4.15	4.2	2.5	3.35	8.25
4	LL1.Pw.4	229730	8953549	4332	15.74	439.33	4.25	5.8	3.9	4.85	17.77
5	LL1.Pw.5	229708	8953584	4370	15.13	545.01	3.41	4.6	3.0	3.80	10.84
6	LL1.Pw.6	229714	8953568	4352	16.27	207.79	7.37	4.4	3.3	3.85	11.40
7	LL1.Pw.7	229713	8953522	4324	10.54	962.51	7.21	7.0	6.3	6.65	34.64
8	LL1.Pw.8	229704	8953508	4329	10.38	255.21	5.25	4.9	3.7	4.30	14.24
9	LL1.Pw.9	229755	8953462	4098	13.18	136.39	5.62	3.9	2.6	3.25	7.96
10	LL1.Pw.10	229741	8953466	4168	23.40	2034.89	6.15	4.6	4.5	4.55	16.26
11	LL2.Pw.1	230914	8955486	4394	29.51	683.83	17.31	6.6	6.3	6.45	32.66
12	LL2.Pw.2	230937	8955487	4206	27.44	2189.99	5.89	7.6	6.8	7.20	40.59
13	LL2.Pw.3	230942	8955496	4264	15.79	391.90	6.06	3.0	2.5	2.75	5.89
14	LL2.Pw.4	230932	8955484	4324	24.60	2539.79	6.19	6.5	4.1	5.30	20.93
15	LL2.Pw.5	230942	8955473	4326	25.58	1321.12	7.08	4.5	3.3	3.90	11.66
16	LL2.Pw.6	230941	8955463	4333	11.90	257.01	9.30	5.5	2.8	4.15	12.10
17	LL2.Pw.7	230929	8955452	4337	8.51	259.76	7.80	5.1	3.0	4.05	12.02
18	LL2.Pw.8	230967	8955463	4350	24.16	458.43	10.04	4.2	3.3	3.75	10.89
19	LL2.Pw.9	230954	8955440	4361	18.80	627.50	9.50	7.0	3.1	5.05	17.04
20	LL2.Pw.10	230954	8955455	4372	8.88	329.24	9.45	4.3	3.1	3.70	10.47
<b>Quebrada Quillcayhuanca</b>											
21	Q.Pa.1	234627	8948962	3868	14.36	899.92	8.49	8.1	6.2	7.15	39.44
22	Q.Pa.2	234665	8949002	3848	14.46	687.93	8.46	6.7	5.4	6.05	28.42
23	Q.Pa.3	234667	8949029	3842	8.22	193.63	5.39	4.4	3.5	3.95	12.10
24	Q.Pa.4	234678	8949034	3840	10.28	476.92	6.66	6.4	5.2	5.80	26.14
25	Q.Pa.5	234757	8949045	3850	13.75	1287.26	6.26	10.2	8.0	9.10	64.09
26	Q.Pa.6	234775	8949045	3851	14.50	1526.29	6.34	8.8	8.3	8.55	57.37
27	Q.Pa.7	234759	8949084	3848	17.69	1243.76	8.26	8.4	5.7	7.05	37.60
28	Q.Pa.8	234757	8949099	3839	13.86	1922.36	7.18	8.3	7.6	7.95	49.54
29	Q.Pa.9	234743	8949065	3845	10.87	1078.16	7.97	9.5	5.4	7.45	40.29
30	Q.Pa.10	234689	8949021	3837	8.12	464.81	9.13	6.3	5.6	5.95	27.71
31	Q.Pa.11	234685	8949035	3842	16.87	1667.48	9.29	7.5	6.6	7.05	38.88
32	Q.Pa.12	234628	8949022	3842	11.53	764.12	7.18	10.2	7.0	8.60	56.08
33	Q.Pa.13	234634	8949019	3846	20.79	1086.43	11.22	9.9	7.3	8.60	56.76
34	Q.Pa.14	234641	8948977	3860	11.16	778.73	9.80	8.8	6.8	7.80	47.00
35	Q.Pa.15	234615	8948972	3851	33.74	1789.70	10.84	12.6	8.4	10.50	83.13
36	Q.Pa.16	234648	8949026	3840	15.60	677.76	9.34	7.4	6.5	6.95	37.78

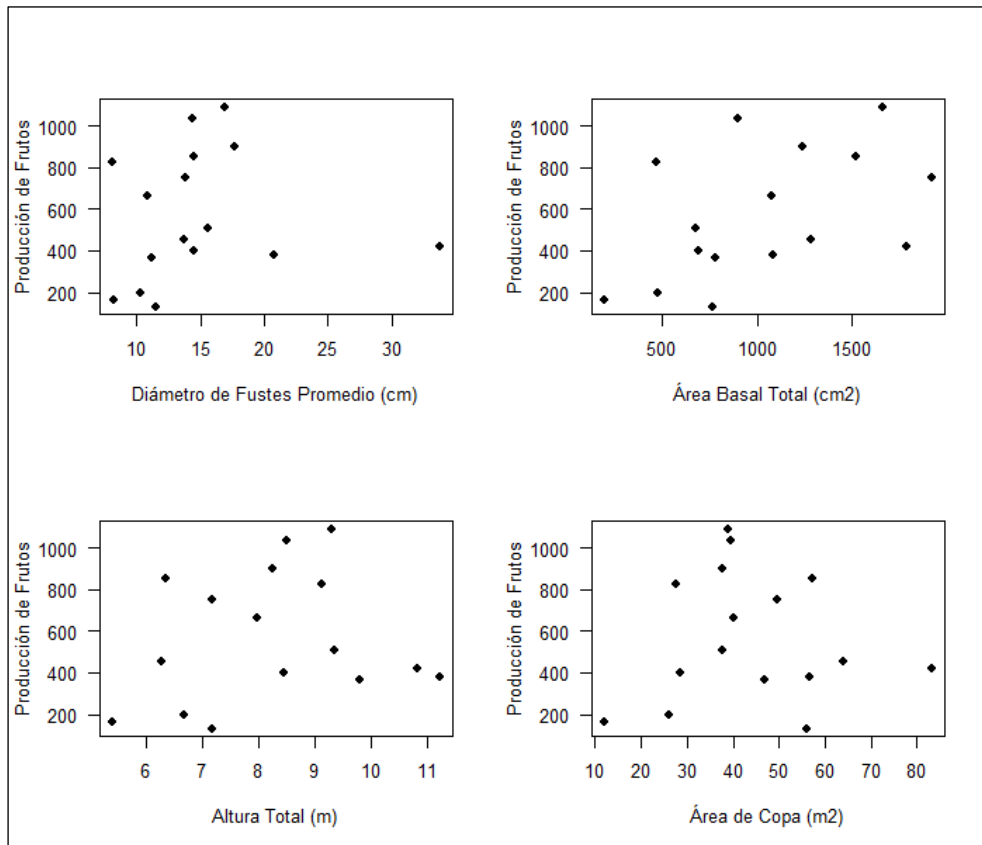
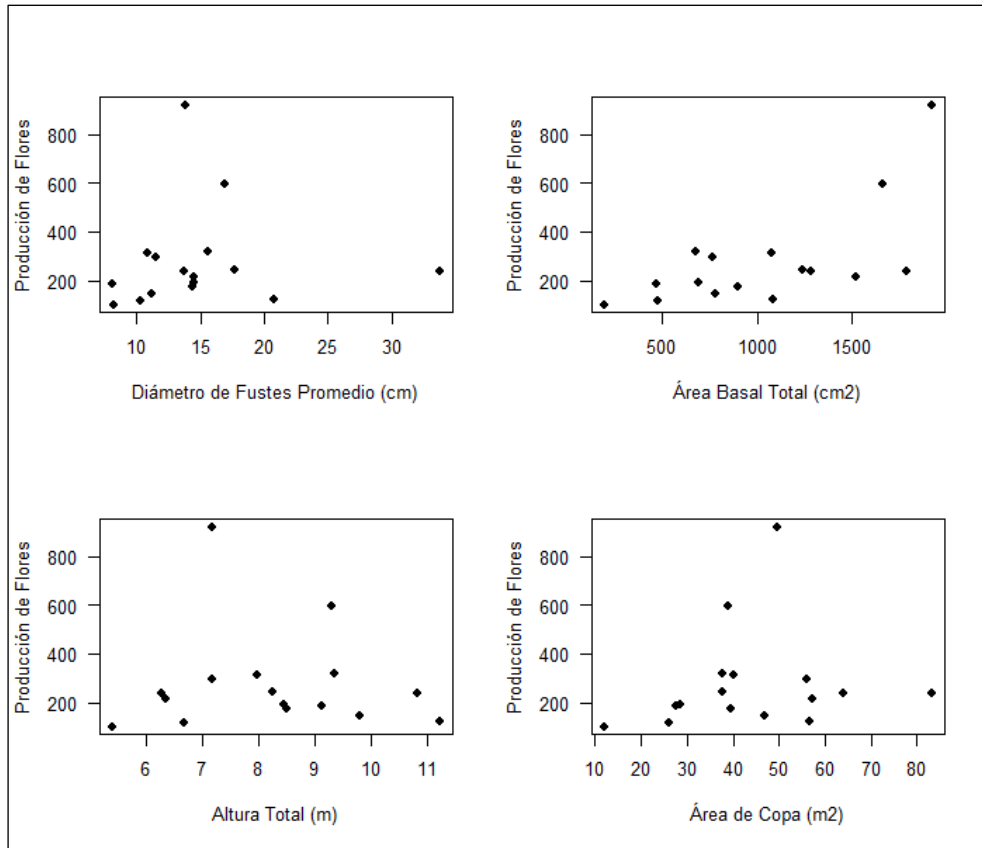
Anexo 8: Gráfico de correlación de las covariables de *Polylepis weberbaueri* (izquierda; n = 20) y *Polylepis albicans* (derecha; n = 16)



**Anexo 9: Gráficos de dispersión de Producción de Flores y covariables (arriba) y gráficos de Producción de Frutos y covariables (abajo) - *Polylepis weberbaueri***



**Anexo 10: Gráficos de dispersión de Producción de Flores y covariables (arriba) y gráficos de Producción de Frutos y covariables (abajo) - *Polylepis albicans***



**Anexo 11: Mediciones de estructuras reproductivas de *Polylepis weberbaueri* por estadio fenológico**

N°	Especie	Alto (mm)					Ancho (mm)				
		BF	FF	FM	FrV	FrM	BF	FF	FM	FrV	FrM
1	<i>P. weberbaueri</i>	4.5	8.0	7.0	10.0	6.0	4.5	5.0	8.0	7.5	6.5
2	<i>P. weberbaueri</i>	5.0	7.0	8.0	10.0	9.0	5.0	5.0	11.0	8.0	6.5
3	<i>P. weberbaueri</i>	4.0	6.0	7.0	6.0	8.5	4.5	5.0	8.0	8.0	7.0
4	<i>P. weberbaueri</i>	4.5	5.5	7.0	6.5	7.5	4.0	5.0	8.0	6.0	6.0
5	<i>P. weberbaueri</i>	4.0	5.0	8.0	7.0	6.5	4.0	4.5	7.0	7.0	6.5
6	<i>P. weberbaueri</i>	4.5	5.5	6.5	8.0	8.0	4.5	5.0	7.0	6.5	6.5
7	<i>P. weberbaueri</i>	4.5	5.0	6.5	10.5	5.5	4.0	5.0	7.0	8.0	6.0
8	<i>P. weberbaueri</i>	4.5	5.0	6.0	11.5	11.0	5.0	4.5	7.5	9.0	6.5
9	<i>P. weberbaueri</i>	5.0	5.0	7.0	12.0	4.0	3.5	4.5	8.0	9.0	5.0
10	<i>P. weberbaueri</i>	5.5	5.0	7.0	10.0	5.5	4.5	4.0	8.5	7.5	5.0
11	<i>P. weberbaueri</i>	4.5	7.0	11.5	10.0	7.0	4.0	6.5	8.5	10.0	5.0
12	<i>P. weberbaueri</i>	6.0	6.0	9.0	8.0	6.5	4.0	6.0	8.0	8.0	8.5
13	<i>P. weberbaueri</i>	5.0	5.0	7.0	7.5	7.0	5.0	6.0	7.0	6.5	4.5
14	<i>P. weberbaueri</i>	6.0	5.5	8.0	8.5	5.0	4.0	5.0	9.5	8.0	5.0
15	<i>P. weberbaueri</i>	6.0	6.0	8.0	7.5	7.0	5.0	6.5	7.0	7.5	5.0
16	<i>P. weberbaueri</i>	5.0	6.0	7.5	9.0	5.0	4.5	6.0	7.0	9.0	6.0
17	<i>P. weberbaueri</i>	4.0	6.0	9.0	10.0	9.0	4.0	8.0	8.0	8.0	5.5
18	<i>P. weberbaueri</i>	5.0	7.0	8.0	6.0	8.5	4.5	8.0	8.0	7.0	6.5
19	<i>P. weberbaueri</i>	4.5	5.0	7.0	8.5	7.5	4.0	6.0	9.0	8.0	8.5
20	<i>P. weberbaueri</i>	4.0	6.0	7.0	11.5	10.0	4.5	6.0	7.0	8.0	7.0
21	<i>P. weberbaueri</i>	4.5	5.0	6.0	8.0	12.0	5.5	5.5	7.0	8.0	7.0
22	<i>P. weberbaueri</i>	6.0	5.0	7.5	10.0	10.5	4.0	6.0	7.0	9.0	8.0
23	<i>P. weberbaueri</i>	5.0	5.5	7.0	10.0	10.0	4.5	7.0	8.0	9.0	8.0
24	<i>P. weberbaueri</i>	4.5	7.0	10.0	10.0	10.0	4.0	6.0	9.0	7.0	6.5
25	<i>P. weberbaueri</i>	4.0	6.5	8.0	10.0	7.0	4.0	5.5	7.0	9.0	8.5
26	<i>P. weberbaueri</i>	5.0	7.0	7.5	8.5	10.0	4.0	5.0	8.0	8.0	6.0
27	<i>P. weberbaueri</i>	5.0	6.0	8.0	9.0	12.0	4.5	4.0	8.0	8.0	8.0
28	<i>P. weberbaueri</i>	5.0	7.5	10.0	10.0	9.0	4.5	4.0	10.0	9.5	6.0
29	<i>P. weberbaueri</i>	5.0	8.0	12.0	12.0	9.0	5.0	4.0	13.0	8.0	8.0
30	<i>P. weberbaueri</i>	5.5	8.0	12.0	7.5	7.0	5.0	6.5	10.0	7.0	8.0
<b>Promedio</b>		4.85	6.07	8.00	9.10	8.02	4.40	5.50	8.20	7.97	6.57
<b>Desv. Estándar</b>		0.62	1.01	1.62	1.67	2.10	0.46	1.07	1.39	0.94	1.19
<b>BF : Botones florales; FF : Flores femeninas; FM : Flores masculinas;</b> <b>FrV : Frutos verdes; FrM : Frutos maduros</b>											

**Anexo 12: Mediciones de estructuras reproductivas de *Polylepis albicans* por estadio fenológico**

N°	Especie	Alto (mm)					Ancho (mm)				
		BF	FF	FM	FrV	FrM	BF	FF	FM	FrV	FrM
1	<i>P.albicans</i>	2.5	4.0	8.5	7.0	6.5	2.0	3.5	5.0	4.0	6.0
2	<i>P.albicans</i>	2.5	4.5	6.0	6.5	6.0	2.0	3.0	4.0	4.0	5.0
3	<i>P.albicans</i>	3.0	4.5	5.0	6.5	5.0	2.0	3.5	4.0	4.0	5.0
4	<i>P.albicans</i>	3.0	5.0	5.5	8.0	6.0	2.0	3.0	3.5	4.5	5.0
5	<i>P.albicans</i>	3.0	4.5	6.0	7.0	5.0	2.0	3.0	4.0	5.0	5.0
6	<i>P.albicans</i>	2.5	4.0	4.5	8.0	5.0	1.5	2.5	3.0	4.5	5.0
7	<i>P.albicans</i>	2.5	4.5	5.0	7.0	5.0	2.0	3.0	3.0	3.0	5.0
8	<i>P.albicans</i>	2.0	4.0	5.0	7.0	5.5	1.5	3.0	4.0	4.5	5.0
9	<i>P.albicans</i>	2.5	4.5	7.0	7.0	8.0	2.0	3.0	5.0	4.5	7.0
10	<i>P.albicans</i>	2.5	4.5	7.0	6.5	7.0	2.0	2.5	3.5	4.0	6.0
11	<i>P.albicans</i>	2.5	4.0	6.5	7.5	5.5	1.5	3.5	4.0	4.0	6.0
12	<i>P.albicans</i>	3.0	4.5	7.0	7.0	5.0	2.0	3.0	5.0	3.0	5.5
13	<i>P.albicans</i>	2.5	4.5	5.0	7.0	6.0	2.0	3.5	3.5	4.5	5.0
14	<i>P.albicans</i>	2.5	4.5	5.5	7.0	5.0	2.0	2.5	3.5	4.0	6.0
15	<i>P.albicans</i>	2.5	4.5	5.0	6.0	7.0	2.0	2.5	4.5	3.5	5.0
16	<i>P.albicans</i>	2.5	4.5	6.0	7.5	5.5	2.0	3.0	4.0	4.5	6.0
17	<i>P.albicans</i>	3.5	5.0	6.0	6.5	7.0	2.5	3.0	4.0	4.0	4.0
18	<i>P.albicans</i>	2.0	5.0	5.0	7.5	6.5	2.0	4.0	4.0	3.5	5.0
19	<i>P.albicans</i>	2.5	4.5	5.0	6.5	7.5	2.0	3.0	4.0	3.5	5.0
20	<i>P.albicans</i>	2.5	5.5	5.5	7.0	7.0	2.0	3.5	4.0	4.5	6.0
21	<i>P.albicans</i>	2.5	4.5	5.0	7.5	8.0	2.0	3.5	4.0	3.5	6.0
22	<i>P.albicans</i>	2.5	5.0	5.5	7.0	6.0	2.0	3.0	4.0	4.5	5.0
23	<i>P.albicans</i>	2.0	5.0	4.5	6.0	5.5	1.5	3.5	4.0	4.5	5.5
24	<i>P.albicans</i>	2.5	5.0	5.5	6.0	6.0	2.0	3.5	4.0	3.5	6.0
25	<i>P.albicans</i>	2.5	5.0	5.0	6.0	6.0	2.0	3.5	3.5	5.0	5.5
26	<i>P.albicans</i>	2.5	4.5	5.0	8.0	7.0	2.0	3.5	4.0	5.5	6.5
27	<i>P.albicans</i>	3.0	5.0	5.0	6.0	5.5	2.0	3.5	4.5	4.0	5.5
28	<i>P.albicans</i>	3.0	5.0	6.0	6.0	5.0	2.0	3.5	4.5	6.0	6.5
29	<i>P.albicans</i>	3.0	5.0	5.0	6.5	5.5	2.0	3.5	3.5	5.0	4.5
30	<i>P.albicans</i>	3.0	4.5	5.5	6.0	9.0	1.5	3.0	4.0	3.0	5.5
<b>Promedio</b>		2.62	4.63	5.60	6.83	6.15	1.93	3.18	3.98	4.18	5.47
<b>Desv. Estándar</b>		0.34	0.37	0.88	0.63	1.06	0.22	0.38	0.50	0.71	0.66
<p align="center"><b>BF</b> : Botones florales; <b>FF</b> : Flores femeninas; <b>FM</b> : Flores masculinas;  <b>FrV</b> : Frutos verdes; <b>FrM</b> : Frutos maduros</p>											

Anexo 13: Instalación de cuadratín y marcado permanente de plántulas de regeneración natural en bosque de *Polylepis weberbaueri*, bosque Llaca 1, quebrada Llaca



**Anexo 14: Distribución espacial de los cuadratines con regeneración natural en los puntos cardinales por bosque y por quebrada**

<b>Bosque - Quebrada</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Oeste</b>	<b>Sur</b>	<b>Total</b>
Bosque Llaca 1	6	5	6	4	21
Bosque Llaca 2	4	1	1	0	6
Llaca	10	6	7	4	27
Quillcayhuanca	6	6	8	3	23
<b>Total</b>	16	12	15	7	50

**Anexo 15: Descripción de los cuadratines registrados, número promedio de plántulas y valores promedio de las variables estudiadas por bosque y por quebrada**

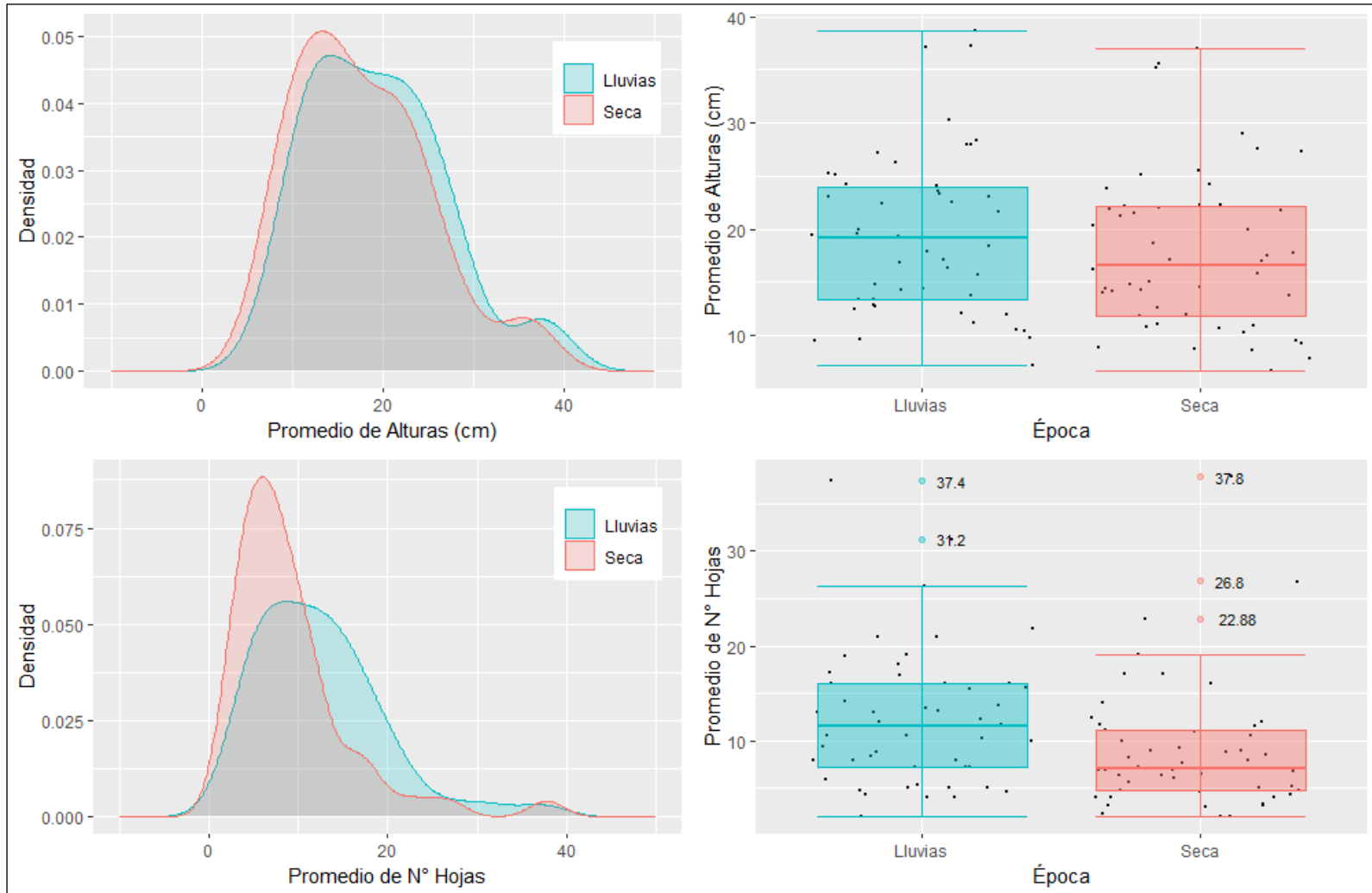
<b>Bosque - Quebrada</b>	<b>N° Cuadratines</b>	<b>Densid.* (Plnt./m<sup>2</sup>)</b>	<b>Prom. de Alturas (cm)</b>			<b>Prom. N° Hojas</b>		
			<b>Seca</b>	<b>Lluvias</b>	<b>ΔÉpocas</b>	<b>Seca</b>	<b>Lluvias</b>	<b>ΔÉpocas</b>
Bosque Llaca 1	21	2.60	13.10	15.00	1.84	7.91	11.40	3.48
Bosque Llaca 2	6	0.83	12.10	13.20	1.03	6.63	8.37	1.74
Llaca	27	1.71	12.90	14.60	1.66	7.62	10.70	3.09
Quillcayhuanca	23	1.27	23.50	25.10	1.62	10.80	14.40	3.53
<b>Total</b>	50	1.51	17.78	19.42	1.64	9.10	12.39	3.29

\*Calculado a partir del total de plántulas y el área total de cuadratines proyectados por formación boscosa

**Anexo 16: Variables de altura promedio y número de hojas promedio de los cuadratines de plántulas para la época seca y época de lluvias en las quebradas Llaca y Quillcayhuanca**

N°	Bosque	Código	Punto	N° Plántulas	Alt. Prom. Seca (cm)	Alt. Prom. Lluvias (cm)	Dif. Prom. Alturas (cm)	N° Hojas Seca	N° Hojas Lluvias	Dif. Prom. N° Hojas
<b>Quebrada Llaca</b>										
1	Llaca 1	LL1.Pw.1	Este	1	14.20	14.80	0.60	4.00	8.00	4.00
2	Llaca 1	LL1.Pw.3	Este	6	7.80	9.68	1.88	6.33	8.33	2.00
3	Llaca 1	LL1.Pw.4	Este	4	8.60	10.43	1.83	9.25	13.75	4.50
4	Llaca 1	LL1.Pw.6	Este	9	17.46	19.42	1.97	6.44	8.78	2.33
5	Llaca 1	LL1.Pw.9	Este	2	15.85	17.10	1.25	9.00	13.00	4.00
6	Llaca 1	LL1.Pw.10	Este	6	14.35	16.28	1.93	5.00	12.00	7.00
7	Llaca 1	LL1.Pw.3	Norte	3	17.10	19.17	2.07	17.00	26.33	9.33
8	Llaca 1	LL1.Pw.4	Norte	5	18.64	22.50	3.86	12.40	17.20	4.80
9	Llaca 1	LL1.Pw.6	Norte	6	10.83	12.03	1.20	5.67	5.33	-0.33
10	Llaca 1	LL1.Pw.8	Norte	5	10.74	12.76	2.02	4.80	7.20	2.40
11	Llaca 1	LL1.Pw.9	Norte	6	14.48	16.90	2.42	11.00	12.33	1.33
12	Llaca 1	LL1.Pw.1	Oeste	6	11.80	13.70	1.90	2.33	4.33	2.00
13	Llaca 1	LL1.Pw.4	Oeste	5	20.30	23.30	3.00	12.00	15.40	3.40
14	Llaca 1	LL1.Pw.5	Oeste	8	9.15	11.11	1.96	3.25	4.75	1.50
15	Llaca 1	LL1.Pw.6	Oeste	6	16.92	19.32	2.40	5.17	10.33	5.17
16	Llaca 1	LL1.Pw.9	Oeste	10	6.60	7.12	0.52	6.10	7.20	1.10
17	Llaca 1	LL1.Pw.10	Oeste	1	11.90	12.50	0.60	14.00	16.00	2.00
18	Llaca 1	LL1.Pw.1	Sur	1	11.00	12.80	1.80	16.00	21.00	5.00
19	Llaca 1	LL1.Pw.3	Sur	5	12.54	13.30	0.76	7.60	13.20	5.60
20	Llaca 1	LL1.Pw.6	Sur	7	14.76	17.84	3.09	6.71	10.57	3.86
21	Llaca 1	LL1.Pw.8	Sur	2	10.25	11.90	1.65	2.00	4.00	2.00
22	Llaca 2	LL2.Pw.1	Este	7	14.13	15.67	1.54	8.86	10.57	1.71
23	Llaca 2	LL2.Pw.5	Este	1	14.00	14.20	0.20	4.00	6.00	2.00
24	Llaca 2	LL2.Pw.6	Este	6	17.70	19.55	1.85	11.67	16.83	5.17
25	Llaca 2	LL2.Pw.7	Este	6	8.70	9.45	0.75	3.33	5.00	1.67
26	Llaca 2	LL2.Pw.7	Norte	8	9.46	9.61	0.15	4.75	4.63	-0.13
27	Llaca 2	LL2.Pw.6	Oeste	5	8.80	10.50	1.70	7.20	7.20	0.00
<b>Quebrada Quillcayhuanca</b>										
28	Quillcayhuanca	Q.Pa.3	Este	6	25.17	27.13	1.97	8.17	11.67	3.50
29	Quillcayhuanca	Q.Pa.4	Este	1	27.30	27.90	0.60	4.00	10.00	6.00
30	Quillcayhuanca	Q.Pa.8	Este	1	15.00	20.00	5.00	7.00	19.00	12.00
31	Quillcayhuanca	Q.Pa.9	Este	6	16.25	19.10	2.85	3.17	5.00	1.83
32	Quillcayhuanca	Q.Pa.14	Este	5	22.28	21.64	-0.64	37.80	37.40	-0.40
33	Quillcayhuanca	Q.Pa.16	Este	6	25.17	27.13	1.97	8.17	11.67	3.50
34	Quillcayhuanca	Q.Pa.7	Norte	5	24.22	26.22	2.00	8.60	16.00	7.40
35	Quillcayhuanca	Q.Pa.8	Norte	2	22.05	25.30	3.25	7.00	21.00	14.00
36	Quillcayhuanca	Q.Pa.9	Norte	1	21.20	24.20	3.00	7.00	13.00	6.00
37	Quillcayhuanca	Q.Pa.11	Norte	2	13.80	14.40	0.60	3.00	4.00	1.00
38	Quillcayhuanca	Q.Pa.14	Norte	5	35.22	37.12	1.90	11.60	15.60	4.00
39	Quillcayhuanca	Q.Pa.16	Norte	5	22.18	23.52	1.34	6.40	8.00	1.60
40	Quillcayhuanca	Q.Pa.1	Oeste	1	21.50	24.10	2.60	17.00	19.00	2.00
41	Quillcayhuanca	Q.Pa.2	Oeste	3	35.63	37.27	1.63	4.33	9.33	5.00
42	Quillcayhuanca	Q.Pa.3	Oeste	5	27.52	27.90	0.38	26.80	31.20	4.40
43	Quillcayhuanca	Q.Pa.4	Oeste	1	25.50	28.30	2.80	10.00	18.00	8.00
44	Quillcayhuanca	Q.Pa.11	Oeste	2	36.95	38.65	1.70	10.50	11.50	1.00
45	Quillcayhuanca	Q.Pa.12	Oeste	5	23.76	25.12	1.36	4.60	5.00	0.40
46	Quillcayhuanca	Q.Pa.14	Oeste	8	29.04	30.24	1.20	22.88	21.75	-1.13
47	Quillcayhuanca	Q.Pa.16	Oeste	7	21.74	23.01	1.27	9.00	14.14	5.14
48	Quillcayhuanca	Q.Pa.1	Sur	2	22.25	22.35	0.10	19.00	16.00	-3.00
49	Quillcayhuanca	Q.Pa.4	Sur	1	10.60	13.40	2.80	2.00	2.00	0.00
50	Quillcayhuanca	Q.Pa.14	Sur	6	21.93	22.98	1.05	11.17	13.50	2.33

Anexo 17: Gráfico de densidades y cajas (*boxplots*) por época seca y de lluvias (Arriba: Promedio de Alturas (cm); abajo: Promedio de N° Hojas)



Anexo 18: Gráficos de Q-Q normalidad e histogramas de las variables de interés (Arriba: Promedio de Alturas (cm); abajo: Promedio de N° Hojas)

