

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación de la capacidad de almacenamiento de  
agua de los musgos en dos bosques y una plantación  
de queñual (*Polylepis*) en Huaraz, Áncash,  
2021-2022**

Robinson Daniel Cuadros Rojas

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Beatriz Fuentealba Durand  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 13 de Junio de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

Evaluación de la capacidad de almacenamiento de agua de los musgos en dos bosques y una plantación de queñual (Polylepis) en Huaraz, Ancash, 2021 - 2022

**Autores:**

1. Robinson Daniel Cuadros Rojas – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

Filtro de exclusión de bibliografía	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
Filtro de exclusión de grupos de palabras menores Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"):	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original**  
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

## **ASESORA**

Dra. Beatriz Fuentealba Durand

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme el regalo de la vida todos los días.

Al Instituto Nacional de Investigación de Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), por permitirme ser parte de esta gran institución, por brindarme todas las facilidades para el desarrollo de la presente tesis, por darme la oportunidad de conocer grandes amigos y ser parte de los proyectos que vienen realizando.

A PROCENCIA, por financiar el Proyecto Contrato 404-2019-2019-FONDECYT. Proyectos de investigación básica: Convocatoria 2019-01 “Caracterización estructural y funcional de tres bosques de *Polylepis*, en un gradiente de intervención humano”.

Al Parque Nacional Huascarán, por brindar los permisos necesarios para realizar investigación dentro de esta Área Natural Protegida, a los guardaparques y Usuarios de Pastos de las quebradas Llaca y Quillcayhuanca.

A la Dra. Beatriz Fuentealba, por su apoyo incansable durante todo el desarrollo de la tesis, por su orientación y por la paciencia hacia mi persona.

A la Blga. Jasmin Opisso, así como a la Blga. Jacqueline Carhuapoma, por su orientación y apoyo en la identificación inicial de las muestras de musgo. Al Blgo. Juan Benavides, por su ayuda en la identificación de los musgos.

Al Ing. Helder Mallqui, por su orientación y apoyo en el procesamiento de datos de microclima.

A la Blga. Sandra Arroyo, por su ayuda en la toma y procesamiento de fotografías.

A la Dra. Mirtha Camacho, por su ayuda en la elaboración de las encuestas. A la Ing. Eliana Cerdan, así como a la Ing. Rosa María Dextre, por su apoyo en la validación de las encuestas.

A los profesionales: Ing. Yanett Gonzales, Ing. Jhosselin Dextre y Tc. Abel Flores, por su apoyo en el trabajo de campo.

A mis compañeros en esta aventura de la titulación: Melissa Aranda, Fernando Calderón, Erick Aguilar, Evelyn Hoyos y Cristina Otoyá, por su apoyo en el trabajo de campo, las palabras de aliento y los gratos momentos compartidos.

## **DEDICATORIA**

A mis abuelitos, Cipriano Cuadros, Octavia Martin, Benigno Rojas y Donata Vilchez. A mis padres, Julio Cuadros y Eva Rojas, por ser ejemplo de superación, por su apoyo y motivación a mis estudios. A mis hermanos, Emerson, Mejail y Oliver, por su apoyo y orientación en la vida.

# ÍNDICE

<b>ASESORA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>ÍNDICE</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xi
<b>RESUMEN</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xiv
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	1
1.1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.1.2. Formulación del problema .....	2
1.1.2.1. Problema general .....	2
1.1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.2. Objetivos .....	3
1.2.1. Objetivo general .....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Justificación e importancia.....	3
1.4. Hipótesis y variables.....	4
1.4.1. Hipótesis general .....	4
1.4.2. Variables .....	4
1.4.3. Operacionalización de las variables.....	5
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	7
2.1. Antecedentes del problema.....	7
2.2. Bases teóricas.....	9



2.2.1.	Bosques de <i>Polylepis</i> .....	9
2.2.2.	Distribución de los bosques de queñual ( <i>Polylepis sp.</i> ).....	10
2.2.3.	Ecología de bosques de <i>Polylepis</i> .....	10
2.2.4.	Amenazas a los bosques de <i>Polylepis</i> .....	11
2.2.5.	Importancia de bosques de <i>Polylepis</i> .....	12
2.2.6.	Musgos y su importancia en el ciclo hidrológico de bosques de <i>Polylepis</i>	13
2.2.6.1.	Estructuras básicas de los musgos.....	14
2.2.6.2.	Roles en el ecosistema de los musgos .....	23
2.3.	Definición de términos básicos .....	25
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>		<b>26</b>
3.1.	Método, tipo y nivel de la investigación.....	26
3.1.1.	Métodos de investigación .....	26
3.1.2.	Tipo de investigación .....	26
3.1.3.	Nivel de investigación .....	27
3.2.	Diseño de la investigación.....	27
3.3.	Población y muestra .....	27
3.3.1.	Población.....	27
3.3.2.	Muestra .....	27
3.4.	Descripción de la metodología .....	27
3.4.1.	Área de estudio.....	28
3.4.2.	Actividades preliminares .....	31
3.4.3.	Establecimiento de parcelas .....	31
3.4.4.	Selección de los grupos de musgos.....	31
3.4.5.	Colecta e identificación de musgos .....	32
3.4.6.	Abundancia de musgos.....	33
3.4.7.	Capacidad de almacenamiento de agua .....	33
3.4.8.	Estructura de bosques .....	35
3.4.9.	Caracterización microclimática.....	36

3.4.10.	Evaluación de la historia de uso de suelo .....	37
3.4.11.	Análisis de datos.....	38
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	39
3.5.1.	Técnicas de recolección de datos.....	39
3.5.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	40
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>41</b>
4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	41
4.1.1.	Identificación de musgos con alta capacidad de almacenamiento de agua.. .....	41
4.1.2.	Cobertura de musgos .....	46
4.1.3.	Capacidad de almacenamiento de agua.....	48
4.1.3.1.	Capacidad máxima de almacenamiento de agua.....	49
4.1.3.2.	Capacidad de almacenamiento de agua en campo (%PS) .....	49
4.1.3.3.	Almacenamiento de agua de los musgos .....	50
4.1.4.	Historia de uso de suelo de los sitios de estudio.....	52
4.1.5.	Estructura forestal.....	56
4.1.6.	Microclima .....	59
4.1.7.	Influencia de la estructura forestal en la abundancia de musgos .....	67
4.1.8.	Influencia del microclima interior de cada sitio en la abundancia de musgos .....	69
4.2.	Prueba de hipótesis.....	70
4.3.	Discusión de resultados .....	73
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>76</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>77</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>78</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>82</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución simplificada de organismos fotosintéticos verdes. ....	13
Figura 2. A. Sección transversal de un eje con hebra central. B y C. Sección transversal de un eje sin hebra central y con hialodermis. ....	15
Figura 3. Partes de la hoja de los musgos. ....	15
Figura 4. Formas de vida de musgos y hepáticas. ....	18
Figura 5. Sección transversal del tallo con hebra central. ....	22
Figura 6. Mapa de ubicación de los sitios de estudio. ....	29
Figura 7. Zonas de estudio. ....	30
Figura 8. Procedimientos de colecta e identificación de musgos. ....	32
Figura 9. Estimación de la cobertura de musgos mediante cuadrantes. ....	33
Figura 10. Esquema de procedimientos para obtener el peso en campo, peso saturado con agua y peso seco de las muestras de musgos. ....	34
Figura 11. Ubicación de las microestaciones KESTREL. ....	37
Figura 12. Entrevista a A. guardaparque del PNH y B. al presidente del Comité de Usuarios de Pastos (CUP) de Llaca. ....	38
Figura 13. Musgos del grupo 1 en sustrato. ....	41
Figura 14. Musgo del grupo 2 sobre A. roca y B. tronco de <i>Polylepis sp.</i> ....	43
Figura 15. Musgos del grupo 4 sobre A. suelo y B. tronco de <i>Polylepis sp.</i> ....	44
Figura 16. Musgos del grupo 4 sobre A. roca y B. suelo. ....	45
Figura 17. Cobertura de musgos (%) en suelo y roca por cada sitio. ....	46
Figura 18. Cobertura de musgos (%) en los árboles de cada sitio. ....	47
Figura 19. Capacidad máxima de almacenamiento de agua (% PS) de los grupos de musgo. ....	49
Figura 20. Contenido hídrico en campo (%PS) de cada grupo de musgo. ....	49
Figura 21. Almacenamiento de agua por grupos de musgos en cada sitio en (l/parcela) en meses de A. estiaje y B. lluvia. ....	50
Figura 22. Distribución del DAP (cm) de árboles del género <i>Polylepis</i> en los bosques: Llaca 1 (a), Llaca (b) y Quillcayhuanca (c). ....	57
Figura 23. Distribución del DAP (cm) de árboles del género <i>Gynoxys</i> en los bosques de Llaca. ....	58
Figura 24. Temperatura horaria de los sitios de estudios en meses de estiaje. ....	61
Figura 25. Temperatura horaria de los sitios de estudios en meses de lluvia. ....	62

Figura 26. Repartición diaria de la Humedad Relativa (%) en los sitios de estudio en meses de estiaje en A. Llaca 1, B. Llaca 2 y C. Quillcayhuanca. ....	64
Figura 27. Repartición diaria de la Humedad Relativa (%) en los sitios de estudio en meses de lluvia en A. Llaca 1, B. Llaca 2 y C. Quillcayhuanca. ....	65
Figura 28. Regresión de la cobertura forestal de <i>Polylepis sp.</i> y la abundancia de musgos en árboles.....	68
Figura 29. Regresión entre cobertura forestal y abundancia de musgos del suelo.....	68
Figura 30. Regresión entre temperatura interior de los sitios de estudio y abundancia de musgos epífitos.....	69
Figura 31. Regresión entre humedad relativa de los sitios de estudio y abundancia de musgos epífitos.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables. ....	6
Tabla 2. Ubicación de los sitios de estudio. ....	28
Tabla 3. Técnicas e instrumentos utilizados en la investigación.....	39
Tabla 4. Instrumentos de recolección de datos. ....	40
Tabla 5. Musgos con alta capacidad de almacenamiento de agua, según familia, grupo y sitio donde fueron colectados. ....	45
Tabla 6. Estimación de la cobertura de grupos de musgos (m <sup>2</sup> ) por sitio de estudio.....	47
Tabla 7. Cobertura de musgos (%) por forófitos de los sitios de estudio.....	48
Tabla 8. Cobertura de musgos (m <sup>2</sup> ) por forófitos de los sitios de estudio.....	48
Tabla 9. Agua almacenada por musgos que se desarrollan en suelo y roca en meses de estiaje. ....	51
Tabla 10. Agua almacenada por musgos que se desarrollan en suelo y roca en meses de lluvia. ....	51
Tabla 11. Agua almacenada por musgos epifitos en diferentes forófitos en cada bosque. ....	52
Tabla 12. Número de árboles evaluados por género.....	56
Tabla 13. Número de árboles por género por cada sitio.....	59
Tabla 14. Cobertura forestal (%) por parcela y sitio de estudio. ....	59
Tabla 15. Resumen de las principales características de los sitios de estudio.....	66
Tabla 16. Abundancia de musgos y cobertura forestal de <i>Polylepis sp.</i> por parcela de cada sitio. ....	67
Tabla 17. Pruebas de normalidad de cobertura forestal de <i>Polylepis</i> y abundancia de musgos. ....	67
Tabla 18. Capacidad de almacenamiento de agua en campo promedio por sitio y estacionalidad.....	71
Tabla 19. Capacidad de almacenamiento de agua en campo promedio por sitio y estacionalidad.....	71
Tabla 20. Análisis de varianza del almacenamiento de agua en campo promedio por sitio y estacionalidad. ....	72

## RESUMEN

Se evaluó la capacidad de almacenamiento de agua y factores que influyen en el desarrollo de los musgos en dos bosques naturales (LL1 y LL2) y una plantación (QUI) de queñual, *Polylepis sp.*, en Huaraz, Ancash. En cada sitio se establecieron 3 parcelas de 500 m<sup>2</sup> y se consideraron 4 grupos de musgos abundantes y con alta capacidad de retención hídrica. Se evaluó la cobertura de cada grupo en árboles, suelo y roca, y se estimó en laboratorio la capacidad de almacenamiento de agua en campo y máxima respecto a su peso seco, en meses de estiaje y lluvia. Obteniendo que los grupos 1 (familia Leucobryaceae) y 2 (familia Grimmiaceae) tuvieron una alta cobertura en suelo y roca en LL1 y LL2 (entre 7 y 17 %), pero no se encuentran en QUI. En QUI el grupo 3 (familias Orthotrichaceae y Pottiaceae) fue el más abundante en suelo (21.4 %). El grupo 4 (familias Hypnaceae y Semathophyllaceae) presentó la mayor cobertura en suelo y roca en LL2 (5.5 %), respecto a otros sitios. En los meses de estiaje los grupos tuvieron valores menores al 30 % de almacenamiento de agua, mientras que en los meses de lluvias los grupos 3 y 4 presentan valores significativamente mayores (428% y 495%, respectivamente) respecto a los grupos 1 y 2 (329 % y 295 %). La capacidad de almacenamiento de agua máxima fue muy alta para todos los grupos, con valores mayores al 600 % de su peso seco, destacando el grupo 4 con el valor significativamente más alto (899 %).

**Palabras clave:** queñual, musgos, *Polylepis sp.*, cobertura, peso seco, sustrato, estacionalidad.

## ABSTRACT

The water storage capacity and factors that influence the development of mosses in two natural forests (LL1 and LL2) and a plantation (QUI) of queñual, *Polylepis sp.*, in Huaraz, Ancash, were evaluated. In each site, 3 plots of 500 m<sup>2</sup> were established and 4 groups of abundant mosses with high water retention capacity were considered. The cover of each group in trees, soil and rock was evaluated, and the capacity of storage of water in the field and maximum with respect to its dry weight, in dry and rainy months, was estimated in the laboratory. Obtaining that groups 1 (Leucobryaceae family) and 2 (Grimmiaceae family) had a high soil and rock cover in LL1 and LL2 (between 7 and 17 %), but they are not found in QUI. In QUI, group 3 (Orthotrichaceae and Pottiaceae families) was the most abundant in soil (21.4 %). Group 4 (Hypnaceae and Semathophyllaceae families) presented the highest soil and rock cover in LL2 (5.5 %), compared to other sites. In the dry season, the groups had values less than 30 % of water storage, while in the rainy months, groups 3 and 4 present significantly higher values (428 % and 495 %, respectively) compared to groups 1 and 2 (329 % and 295 %). The maximum water storage capacity was very high for all groups, with values greater than 600 % of their dry weight, highlighting group 4 with the significantly higher value (899 %).

**Keywords:** queñual, mosses, *Polylepis sp.*, cover, dry weight, substrate, seasonality.

# INTRODUCCIÓN

Los bosques de queñual (*Polylepis sp.*) son ecosistemas forestales que se desarrollan a una gran altitud en los Andes y brindan importantes servicios ecosistémicos como captura de carbono y regulación hídrica. En los últimos años se han incrementado las investigaciones en estos ecosistemas, sin embargo, estas se han centrado en aspectos estructurales del bosque, composición vegetal y de aves, es así como existen vacíos de conocimiento en otros grupos que son parte de estos bosques, este es el caso de la comunidad de musgos y su rol en la retención hídrica de estos ecosistemas. El objetivo de la investigación fue evaluar el aporte de los musgos con mayor abundancia en la retención hídrica y los factores que condicionan su desarrollo en tres bosques de queñual, *Polylepis sp.*, en el Parque Nacional Huascarán, Ancash.

La investigación se divide en 4 capítulos; el Capítulo I contiene el planteamiento y formulación del problema, incluyendo los objetivos, justificación e importancia y la descripción de variables de estudio. La problemática central identificada es la falta de información sobre la comunidad de musgos asociados a los bosques de queñual y su aporte a la retención hídrica en estos ecosistemas.

El Capítulo II abarca el marco teórico, antecedentes de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos. En ella, se hace una revisión de los principales conceptos asociados a los musgos y los bosques de queñual.

El Capítulo III contiene la metodología, donde se detallan el área de estudio, métodos y el alcance de la investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, y las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos. El método empleado fue el descriptivo longitudinal, ya que se realizó la recolección de datos en dos momentos, buscando estudiar la estacionalidad de meses de estiaje y lluvia, sin intervenir en la dinámica natural de los sitios de trabajo.

El Capítulo IV presenta los resultados y la discusión. Los datos obtenidos se procesaron y se presentan en gráficos para un mejor entendimiento. Los resultados se comparan con lo obtenido con estudios anteriores, que abordan temáticas similares a las estudiadas en este estudio.



# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

En el Perú, los bosques altoandinos, dominados por árboles de queñual (del género *Polylepis sp.*), se distribuyen en pequeños parches desde los 3,500 m.s.n.m., ocupando aproximadamente 101,553 ha que representa el 0.08 % del territorio nacional (1). Estos bosques están restringidos a laderas rocosas y representan uno de los ecosistemas más amenazados del mundo (2). En el departamento de Áncash se han registrado 6 especies del género *Polylepis sp.*, así también esta región es considerada de gran endemismo de especies de flora y fauna (3). Dentro del departamento de Áncash se encuentra el Parque Nacional Huascarán que protege los bosques de queñual, sin embargo, aquellos que se encuentran fuera de esta área protegida vienen reduciéndose y perdiendo conectividad, debido principalmente a la tala y a la actividad ganadera que afectan su regeneración (4).

En bosques altoandinos es común encontrar una gruesa capa de hojarasca y musgos. Según Tobón (5) estos componentes son capaces de almacenar grandes cantidades de agua, hasta seis veces su peso seco, sin embargo, el rol que desempeñan en la hidrología de estos ecosistemas ha sido poco estudiado. Asimismo, Gonzales (6) reporta que plantaciones de *Polylepis*

*sp.* de 29 años en Quillcayhuanca, Huaraz, pueden tener tasas de infiltración más altas en comparación de un área testigo (278 y 117 cm/h respectivamente). En los últimos años se vienen impulsando proyectos de reforestación con queñual, sin embargo, estos están más enfocados en recuperar la cobertura vegetal, y son pocos los estudios que verifican si estos nuevos “bosques” cumplen funciones similares a los bosques naturales.

A pesar del rol que cumplen los musgos en la retención hídrica, estos son extraídos indiscriminadamente para su uso en viveros y para la decoración de nacimientos durante las fiestas navideñas. Según el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) (7), en el periodo de 2010 y 2020 en el Perú se decomisaron 28,725.27 kg de musgo, de los cuales 104 kg fueron decomisados en el departamento de Ancash. A pesar de que se reconoce la importancia de los musgos en la retención hídrica, son pocos los estudios que evalúan su abundancia y capacidad hídrica dentro de bosques de queñual y menos aún en áreas reforestadas. Tampoco se conoce como la estructura del bosque o las distintas historias de uso de suelo reciente podrían influir en la abundancia de estos. Debido a ello en la presente investigación se busca aportar conocimiento sobre el rol de retención hídrica que cumplen algunos de estos musgos en los bosques y plantaciones de queñual. Con el fin de dar evidencias de su importancia y así puedan ser tomados en cuenta en acciones de conservación y restauración.

## 1.1.2. Formulación del problema

### 1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es la capacidad de almacenamiento de agua y los factores que influyen en el desarrollo de los musgos en dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis sp.*) en Huaraz, Ancash?

#### 1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los grupos de musgos con alta capacidad de almacenamiento de agua y cuál es su cobertura?
- ¿Cuánto es la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados?
- ¿Cómo influyen la estructura forestal, la historia de uso de suelo reciente y el microclima interior en la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados?

### 1.2. Objetivos

#### 1.2.1. Objetivo general

Evaluar la capacidad de almacenamiento de agua y los factores que influyen en el desarrollo de los musgos en dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis sp.*) en Huaraz, Ancash.

#### 1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar los grupos de musgos con alta capacidad de almacenamiento de agua y estimar su cobertura.
- Calcular la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados.
- Evaluar la influencia de la estructura forestal, historia de uso de suelo reciente y el microclima interior en la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados.

### 1.3. Justificación e importancia

Esta investigación es importante porque espera aportar conocimiento sobre la importancia del rol de musgos dentro bosques de *Polylepis sp.* en los servicios hídricos que estos ofrecen, para así guiar estrategias adecuadas de conservación que permitan asegurar la provisión de este servicio.

Así también, es necesario estudiar la importancia de los musgos en áreas reforestadas con *Polylepis sp.* y ver si la cobertura y el rol que cumplen son comparables al de los bosques naturales, para contribuir con estrategias de restauración.

Por otro lado, los musgos son extraídos indiscriminadamente de los bosques para su uso en viveros y en la elaboración de nacimientos en temporadas navideñas, el presente estudio dará argumentos para evitar su extracción. Los nuevos conocimientos ayudarán a generar estudios relacionados, que en conjunto serán la base para una mejor toma de decisiones en temas de conservación y restauración de bosques de *Polylepis sp.*

#### 1.4. Hipótesis y variables

##### 1.4.1. Hipótesis general

H<sub>i</sub>: Se espera que los bosques presenten musgos con mayor capacidad de almacenamiento de agua que la plantación de queñual (*Polylepis sp.*), ya que al presentar una estructura forestal compleja y microclima favorable permite una mayor abundancia de estos musgos.

H<sub>0</sub>: Se espera que los bosques no presenten musgos con mayor capacidad de almacenamiento de agua que la plantación de queñual (*Polylepis sp.*), ya que la estructura forestal compleja y microclima favorable no influye en la abundancia de estos musgos.

##### 1.4.2. Variables

Variable independiente:

- \*Estructura del bosque.
- \*Historia de uso de suelo.
- \*Microclima interior.

Variable dependiente:

- \*Musgos.

#### 1.4.3. Operacionalización de las variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
		Abundancia	Cobertura (% y m <sup>2</sup> )	-Cuadrantes (1m*1m) -Cuadrantes (12cm*12cm)
Musgos  (Variable dependiente)	Planta briofita, no vascular, con amplia distribución, que crece favorablemente en regiones húmedas y sombreadas con baja evapotranspiración (8).	Capacidad de almacenamiento de agua	-Peso en campo (g) -Peso seco (g) -Peso musgo saturado (g) -Capacidad de almacenamiento de agua en campo (% de peso seco) -Capacidad máxima de almacenamiento de agua (% de peso seco)	-Wincha o regla -Espátula -Estufa de secado -Balanza (g) -Balanza digital (g)
Estructura forestal  (Variable independiente)	Mediciones de parámetros dasométricos que caracterizan a un bosque (9).	Datos dasométricos	-Altura (m) -Diámetro a la Altura del Pecho (cm) -Diámetro de copa (cm) -Número de individuos adultos (N°/ha)	-Estacas -Rafia -Cinta métrica -Wincha
Historia de uso de suelo  (Variable independiente)	Las acciones e intervenciones que han realizado en el tiempo los humanos sobre un sitio o superficie específica (10).	-Ganadería -Incendios forestales -Tala -Disturbios	-Presencia y tipo de ganado -Cantidad, ubicación y fecha de incendios forestales -Área de bosques (ha) -Número de árboles talados	Entrevistas
Microclima  (Variable independiente)	Conjunto de las condiciones climáticas particulares de un lugar determinado influido por diferentes factores ecológicos y medioambientales (11).	-Temperatura -Humedad Relativa	-Grados centígrados (°C) -Humedad relativa (%)	-GPS -Microestaciones KESTREL -Soporte de metal

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### 2.1. Antecedentes del problema

La tesis “Ecological studies of epiphytic bryophytes along altitudinal gradients in Southern Thailand”, presentada por Chantanaorrapint el 2010, tuvo como objetivo determinar la riqueza de especies y la composición de la comunidad de briofitas epifitas en varios bosques tropicales de Tailandia y correlacionarlas con parámetros ecológicos como: la altitud, la temperatura y la humedad del aire. Asimismo, se realizaron mediciones de pH de la corteza de los árboles hospedantes junto a estimación de la biomasa de briofitas epifitas, su capacidad de almacenamiento de agua y su porcentaje de cobertura. Los principales resultados fueron: la capacidad de almacenamiento de agua de las briofitas epifitas fue de 1.2 a 2.4 veces mayor que su peso seco, incrementando su valor cuando la altitud es mayor. De esta tesis se ha tomado la metodología para caracterizar el microclima de los bosques de queñual, indicando el tiempo de registro de 1 a 3 semanas, a intervalos de 10 minutos, que permitirá evidenciar los patrones diarios en los que fluctúa el microclima de los bosques de estudio. De igual forma, se tuvieron en cuenta los métodos empleados para estimar la biomasa (kg de peso seco/ha) y la capacidad de almacenamiento de agua (l/ha) (12).

El artículo científico: “Biomass and water storage dynamics of epiphytes in old-growth and secondary montane cloud forest stands in Costa Rica”, publicado por Kohler *et al.* el 2007, abordó el desarrollo en dos bosques nubosos con distinta historia de uso de suelo ubicados en el norte de Costa Rica. Tuvo como objetivos:

describir la composición y distribución de la vegetación epífita, dominada por briofitas, y el humus de dosel, estimar su biomasa a nivel de parcela y analizar en campo su dinámica de almacenamiento de agua. El resultado más relevante fue: el contenido de agua de las briofitas epífitas en el bosque más conservado mostro valores entre 36 % y 418 % de su peso seco. A pesar de la alta capacidad de almacenamiento de briofitas epífitas, es probable que esta capacidad dependa de la precipitación y condiciones de evaporación de cada bosque. De este artículo se ha tomado la metodología para seleccionar los árboles a evaluar por parcela, coleccionar muestras de briofitas epífitas y estimar el contenido de agua en campo (13).

El artículo científico “Regulación hídrica en cinco musgos del páramo de Chingaza”, publicado por Montenegro *et al.* el 2005, tuvo como objetivo analizar la fluctuación hídrica y las adaptaciones morfoanatómicas de cinco especies de musgos. La investigación se realizó en zonas de páramo del Parque Nacional Natural Chingaza en Colombia. Los resultados más relevantes fueron: las especies que presentaron mayor capacidad de almacenamiento hídrico en ecosistemas de páramo fueron *Sphagnum magellanicum* y *Sphagnum sancto-josephense* que absorbieron 23 y 21 veces su peso en seco respectivamente. De este artículo se ha tomado la metodología para estimar la capacidad máxima de absorción de agua y el contenido de agua en campo (14).

El artículo científico “Musgos (bryophita) de bosques de *Polylepis sericea* (Rosaceae) del estado de Mérida (Venezuela)”, publicado por Delgado y León el 2017, tuvo como objetivo presentar un primer listado de musgos en los bosques de *Polylepis* sp. de Venezuela, así como identificar las formas de vida de los musgos y sus sustratos de preferencia. Se reportaron 90 especies de musgos, siendo los géneros más diversos *Campylopus* (14 especies), *Leptodontium* (5), *Brutelia* (4), *Bryum* (4), *Zygodon* (4) y *Racomitrium* (3). El artículo brinda información de formas de vida de las especies de musgo que se desarrollan en bosques de queñual, lo que ayudó a establecer los criterios de selección de las especies que tendrían alto potencial de almacenamiento de agua en el presente trabajo de tesis (15).

La tesis “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”, presentada por Alejo el 2021, tuvo como objetivos caracterizar la comunidad liquénica epífita y caracterizar los bosques dominados por árboles del género *Polylepis* a partir de factores que pueden influir en la



comunidad liquénica. Esta investigación se desarrolló en los tres sitios de estudio que también se están considerando para el desarrollo de la presente tesis y brinda información sobre la historia de uso de suelo para cada bosque, su tamaño y factores de intervención. La información generada en esta tesis ayudó a tener información base para caracterizar cada sitio de estudio de la presente investigación (16).

El artículo “Diversity of Epiphytic Mosses (Bryophyta) in Forests of *Polylepis* (Rosaceae) in the Urubamba Range, Cusco, Peru”, publicado por Saji *et al.* el 2022, tuvo como objetivo determinar composición de musgos en los bosques de *Polylepis* en la cordillera Urubamba. Fueron seleccionados 4 bosques y en cada uno se seleccionaron 16 árboles. En cada árbol se evaluaron 10 cuadrantes de 600 cm<sup>2</sup>. Se encontraron 27 especies de musgo, distribuidos en 7 órdenes, 13 familias y 17 géneros. Los musgos *Neckkera ehrenbergii* Müll. Hal. *Zygodon quitensis* Mitt. y *Didymodon challaense* (Broth.) R.H. Zander son nuevos reportes para el Perú. La tesis ayudó a definir el número de árboles a evaluar por parcela y las partes del árbol a considerarse para cada evaluación (17).

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Bosques de *Polylepis*

Los bosques relictos altoandinos son aquellos dominados por asociaciones de queñual (*Polylepis spp.*) que tienen una extensión superior a 0.5 ha, comúnmente están restringidos a laderas rocosas. Abarcan una superficie aproximada de 156,973.4 ha del territorio del Perú (18). Los bosques de *Polylepis* se caracterizan por tener una compleja estructura, cuyos árboles tienen un follaje siempre verde, con pequeñas y densas hojas. La corteza es densamente laminada como una protección a las bajas temperaturas. Así también, los árboles a menudo están cubiertos por musgos y enredaderas. Estos ecosistemas tienen un microclima, productividad y diversidad biológica que contrastan con las condiciones de praderas aledañas (19).

El nombre *Polylepis* proviene de las voces griegas *poly* y *lepis*, que significa muchos y láminas respectivamente, sus nombres comunes son “keshua” “queñual” “quiñual”, estos varían a lo largo de los andes (9).

### 2.2.2. Distribución de los bosques de queñual (*Polylepis sp.*)

Los bosques de queñual *Polylepis sp.* se distribuyen desde el norte de Venezuela hasta el norte de Chile, y el centro de Argentina, entre los 3,500 y 4,400 m.s.n.m. de altitud, como indica Arnal (20). Según Boza y Kessler (21), actualmente el género *Polylepis sp.* cuenta con aproximadamente 45 especies distribuidas a lo largo de las cadenas montañosas de los Andes. Así también, Mendoza y Cano (3) mencionan que, en Perú, los bosques de *Polylepis sp.* se encuentra distribuido en 19 de los 24 departamentos, siendo Tumbes, Ica, Loreto, Ucayali y Madre de Dios donde no se ha registrado ninguna especie.

Para Mendoza y Cano (3), del total de especies que se encuentran en el Perú, 18 especies se distribuyen en el rango altitudinal de 3,000 a 4,000 m.s.n.m., siendo *P. pauta* la especie registrada a menor altitud, a 1,800 m.s.n.m., en la cordillera de Accanacu en Cusco.

En el departamento de Ancash se han reportado 6 especies de *Polylepis*: *P. incana*, *P. pepej*, *P. racemosa*, *P. reticulata*, *P. albicans*, y *P. weberbaueri*, como confirman Mendoza y Cano (3) y Boza *et al.* (22).

### 2.2.3. Ecología de bosques de *Polylepis*

Para Kessler (2) las condiciones ecológicas de los bosques de *Polylepis* se pueden caracterizar principalmente a condiciones de temperatura, humedad y suelos. Las fluctuaciones de temperaturas diurnas, diferencias entre 20°C a 30°C en los andes representan un estrés en los árboles que generan adaptaciones morfológicas y fisiológicas.

Generalmente los bosques de *Polylepis* están asociados a roquedales, quebradas y pendientes abruptas. Una hipótesis sobre esta distribución

indica que está influenciada principalmente por factores abióticos, ya que estos lugares tendrían mejores condiciones para el crecimiento arbóreo, mayor protección del viento y heladas o mayor humedad del suelo, como indican Renison *et al.* (23). Otra hipótesis es la antropogénica, que sostiene que el ramoneo de los herbívoros domésticos y los incendios son los causantes de restringir los bosques de *Polylepis* a estos lugares.

En una revisión realizada por Renison *et al.* (23), mencionan que los principales avances en el entendimiento de la ecología en bosques de *Polylepis* son: estructura poblacional, interacciones bióticas, biodiversidad y comunidad de plantas, sin embargo, la mayoría de estos estudios fueron realizados en Argentina y con la especie *Polylepis australis*, al tener una distribución latitudinal y altitudinal alta, es difícil generalizar estos resultados para todos los bosques y especies de *Polylepis*, por lo que se requieren más estudios para entender mejor la ecología de estos bosques.

#### 2.2.4. Amenazas a los bosques de *Polylepis*

Los bosques de *Polylepis* representan uno de los ecosistemas más amenazados de los Andes debido al cambio climático y a la reducción del tamaño de su población como indican Segovia-Salcedo *et al.* (24). De igual forma, esos ecosistemas tienen otras amenazas como:

- a) Tala: al estar ubicados en zonas altoandinas, que se caracterizan por tener pocos recursos forestales, los bosques de *Polylepis* son usados por poblaciones cercanas para la obtención de madera y leña. De esta manera el área forestal viene disminuyendo en estos bosques lo que afecta a su regeneración natural. Las consecuencias de estas actividades son la pérdida de diversidad asociada y un aumento de la presencia de especies invasoras, como indican Ames *et al.* (25).
- b) Sobrepastoreo: para Ames *et al.* (25) la presencia de ganado vacuno y ovino se asocia a la degradación de suelos, influyendo negativamente en la diversidad de flora endémica, así como reducir la regeneración natural de *Polylepis* ocasionado por el pisoteo excesivo o porque sirven de alimento al ganado.

- c) Quema: Ames *et al.* (25) indican que la quema es una práctica frecuente en las comunidades; al quemar los pastizales muchas veces el fuego se extiende al interior de los bosques, generando la destrucción de la vegetación y evitando la regeneración de *Polylepis*, la quema frecuente también propicia la erosión de los suelos.

#### 2.2.5. Importancia de bosques de *Polylepis*

Para el Ministerio del Ambiente (MINAM) (26), los servicios ecosistémicos son aquellos beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos, que las personas obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas. Entre los principales servicios ecosistémicos que brindan los bosques de *Polylepis* se tienen:

- a) Captura de carbono: los bosques de *Polylepis* contribuyen al secuestro de carbono, al almacenarlo en sus árboles y en su suelo orgánico; su ventaja respecto a otras especies es que está adaptado a condiciones ambientales extremas (25). En un estudio realizado en los bosques de queñual de la quebrada Llaca, se determinaron reservas totales de carbono en 57,834.75 t en toda el área de la quebrada, siendo 8,491.83 t (14.32 %) las almacenadas en la biomasa vegetal y 49,342.92 t (85.68 %) al carbono almacenado en suelo (27).
- b) Refugios de biodiversidad: los bosques de *Polylepis* son el hábitat de especies de interés para la conservación, en la región central se han registrado más de 130 de especies de fauna y más de 250 especies de flora de las cuales varias son de interés para la conservación como indican Ames *et al.* (25).
- c) Regulación hídrica: para Tobón (5), la vegetación estructurada de los bosques altoandinos, de los cuales el género *Polylepis* es dominante, permite la acumulación de broza y un mayor ingreso de materia orgánica al suelo, también aumenta la aireación del suelo a través del desarrollo de la rizosfera. Estos factores permiten la infiltración de agua en las primeras capas de suelo y la percolación a capas más profundas, lo cual contribuye a la regulación hídrica en temporadas de estiaje.

## 2.2.6. Musgos y su importancia en el ciclo hidrológico de bosques de *Polylepis*

Según Abaigar (28) los musgos son plantas verdes, generalmente pequeñas, que representan una de las tres líneas evolutivas de los briófitos, un grupo amplio de plantas que también incluye a las hepáticas y antocerotas. Debido a las características de su ciclo vital los briofitos (ver figura 1), se diferencian de otros organismos vegetales más evolucionados.

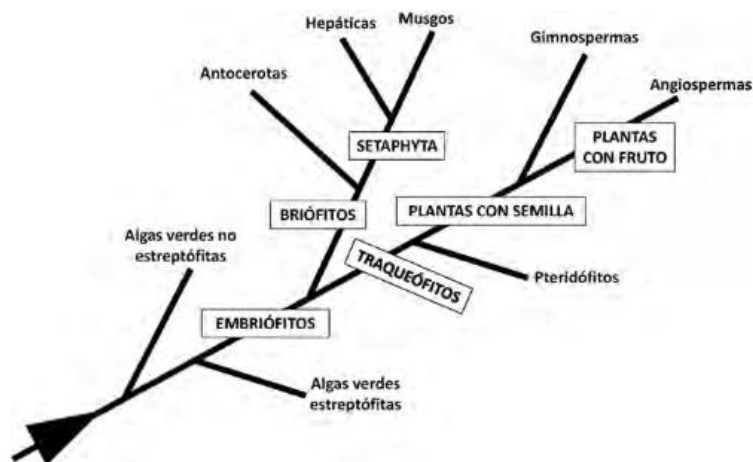


Figura 1. Evolución simplificada de organismos fotosintéticos verdes.

Fuente: Abaigar (28).

Según Delgadillo y Escolástico (8), dentro de los briofitos, los musgos son fácilmente reconocibles por su morfología única; así también, en el mundo se conocen aproximadamente 12,900 especies de musgos. Por otro lado, Churchill *et al.* (29) indican que los Andes Tropicales poseen una rica diversidad comprendida por 74 familias y 337 géneros. Para el Perú, el sitio web Briofitas Andinas, realizó una estimación de 829 especies y variedades de musgo, de los cuales 797 están presentes en los Andes, sin embargo, esta cifra podría ser mayor debido a que son necesarios más inventarios.

Para Estébanez *et al.* (30), los musgos se caracterizan por ser plantas confinadas a lugares húmedos y que evitan la exposición a la luz solar directa. Sin embargo, su alta capacidad de adaptación hace que estén presente en casi todos los ecosistemas del mundo a excepción de los

océanos. Por otro lado, carecen de lignina en sus paredes celulares por lo que sus tejidos tienen una baja impermeabilización y resistencia mecánica.

Los musgos desarrollan diversas estrategias de adaptación, una de ellas es la poiquilohídrica, que implica que la planta carece de mecanismos eficaces de regulación de niveles internos de agua por lo que depende de la disponibilidad hídrica exterior, por lo tanto, pueden hidratarse y desecarse rápidamente, debido a ello una particularidad de los musgos es su reviviscencia, es decir, que pueden permanecer en condiciones de deshidratación por debajo del umbral necesario para sus funciones metabólicas y de recuperar dichas funciones al rehidratarse, como indican Estébanez *et al.* (30).

#### 2.2.6.1. Estructuras básicas de los musgos

Tallos:

La estructura interna del tallo de los musgos puede ser homogénea o estar constituida por una epidermis externa, una corteza y una hebra central (ver figura 2A-C). Generalmente, la corteza se diferencia en una corteza externa de células con paredes fuertemente engrosadas y una corteza interna de células más grandes y paredes delgadas. La hebra central varía entre especies, en algunas pueden ser muy pequeñas o estar ausente y en otras ser fuerte y hasta un tercio del diámetro del tallo, como indican Gradstein *et al.* (31). En algunos musgos se forman una o varias hileras de células engrosadas en la parte externa de la sección transversal del tallo, esta formación recibe el nombre de hialodermis (ver figura 2C).

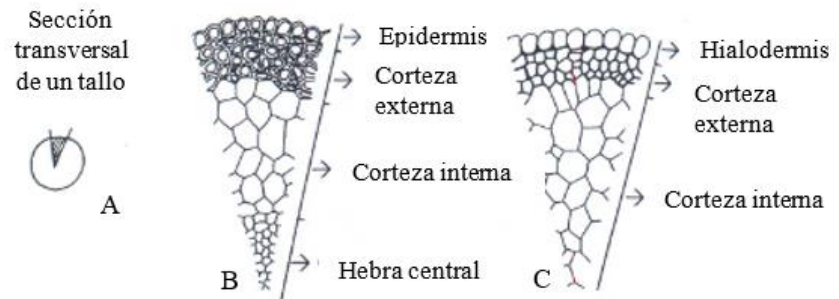


Figura 2. A. Sección transversal de un eje con hebra central. B y C. Sección transversal de un eje sin hebra central y con hialodermis.

Fuente: Gradstein *et al.* (31).

También conocidos como filidios, con frecuencia la base de las hojas envuelve el tallo, proporcionando espacios donde se retiene el agua. Las hojas presentan una gran variedad de características y son la principal ayuda para la identificación de las especies, como indican Delgadillo y Escolástico (8).

Según Gradstein *et al.* (31), la lámina de la hoja consta de una capa de células que pueden ser variables en forma, tamaño y ornamentación, con paredes gruesas o delgadas, con papilas o perforaciones, según su posición en la lámina: base, hoja media o ápice (ver figura 3), en muchas especies la hoja posee una nervadura central llamada costa, puede ser simple o doble, corta o larga.



Figura 3. Partes de la hoja de los musgos, a. costa y b. lámina.

Fuente: Gradstein *et al.* (31).

Las células dentro de una hoja varían considerablemente entre los distintos géneros de musgos: la forma, el tamaño y la disposición de las células. En una misma hoja también se

observan diferencias desde la hoja hasta el ápice, también se pueden presentar células alares en la parte inferior de las hojas, estos son generalmente de forma cuadrada y de paredes gruesas, forman un área triangular desde la costa hasta el borde la hoja, como indican Gradstein *et al.* (31).

Rizoides:

Son estructuras multicelulares con paredes transversales o diagonales, de color marrón. Algunas veces las paredes celulares de los rizoides pueden ser papilosas.

Órganos reproductivos:

Esporofito:

Como indican Gradstein *et al.* (31), el esporofito consta de una cápsula, una seta y un pie. El pie se inserta en el gametofito y sirve de soporte y ayuda al movimiento de sustancias a la cápsula. La cápsula es una urna que lleva esporas, a menudo tiene un cuello corto o largo, inicialmente está protegida por un tejido llamado caliptra que permanece encima de la cápsula con una estructura similar a una capucha. La seta se alarga antes de que la capsula madure y está formada por células de paredes gruesas que ayudan a que mantenga una posición erguida por encima del gametofito que ayuda a una mejor dispersión de las esporas.

Esporas:

Para Gradstein *et al.* (31), generalmente las esporas son de forma esférica y pueden germinar inmediatamente o permanecer latentes durante un periodo de unos días a varios años. Al germinar desarrollan un protonema, a partir de esta fase se forman nuevas células.

Morfología de los musgos:



Los musgos son una clase muy diversa de plantas y las especies puede ser morfológicamente diferentes. Para Glime (32), las formas de crecimiento de los musgos son aquellas características genéticamente controladas de las plantas que determinan su forma.

Acrocarpo:

Para Gradstein *et al.* (31) estos musgos producen su arquegonio y esporofito de forma terminal en la parte superior de sus tallos utilizando la célula apical, generalmente crecen erectos y poseen pocas ramas.

Pleurocarpo:

Producen sus arquegonios o esporofitos en la parte lateral de sus tallos, generalmente se arrastran o se postran y pueden formar matas densas que pueden ser colgantes, dendroides o frondosas, como indican Gradstein *et al.* (31).

Formas de vida:

Para Frahm *et al.* (33) las formas de vida son adaptaciones a nichos ecológicos especiales y reflejan hábitats, asimismo están especialmente con las condiciones de humedad, las formas de vida de los musgos han sido usadas exitosamente a lo largo de transectos para reconocer cinturones altitudinales en bosques lluviosos del sureste de Asia, África central y los Andes de Colombia. La literatura sobre las formas de vida y crecimiento es confusa porque distintos autores emplean términos diferentes, incluso de forma contraria. Magdefrau propone 10 formas de vida a la que Glime (32) añade una extra (ver figura 4).

La luz y el agua son determinantes en las formas de vida de los musgos, los brotes con follaje denso facilitan el movimiento y la retención de agua en áreas con suficiente agua en el suelo, desarrollándose así los céspedes altos (ver figura 4). Por otro lado, las esteras, las tramas, las colas y los abanicos no pueden obtener agua por acción capilar, sino que dependen de espacios

capilares para retener agua. Glime (32) indica que los musgos colgantes son susceptibles a secarse, por ello viven en lugares con mucha lluvia o niebla. Asimismo, la forma de vida de cojín (ver figura 4) está altamente adaptada a la conservación del agua. Los dendroides son intolerantes a periodos largos de desecación, ya que el sistema de conducción interna no es efectivo para transportar agua a las partes superiores de la planta, como indican Frahm *et al.* (33).

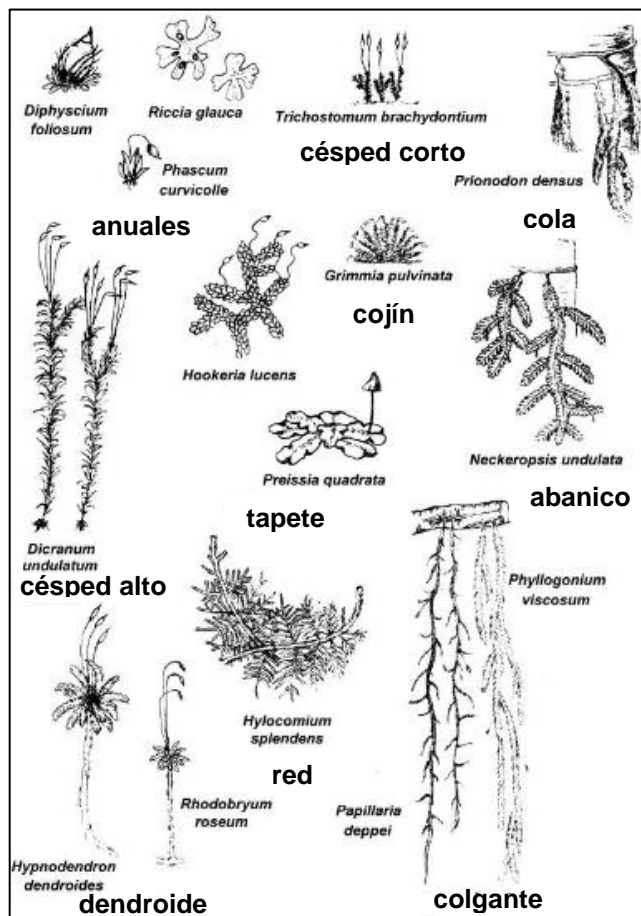


Figura 4. Formas de vida de musgos y hepáticas.

Fuente: Magdefrau.

Ecología:

Para Glime y Gradstein (34), los principales impulsores ambientales que determinan los tipos de comunidades de briofitas son la humedad, la temperatura y la intensidad de luz.

Las formas de vida y crecimiento difieren entre los hábitats. Del mismo modo, la productividad varía según el hábitat, con crecimientos densos en bosques nubosos húmedos y poca biomasa en el suelo del bosque lluvioso donde hay poca penetración de luz. También, los periodos de crecimiento y reproducción coinciden con los periodos lluviosos, mientras que las briófitas suelen permanecer inactivas en las estaciones secas.

#### Sustrato:

Los musgos están presentes en la mayor parte de ecosistemas terrestres y de agua dulce del planeta, a pesar de su amplia distribución pocas veces los musgos son dominantes en los ambientes donde se desarrollan. Los musgos prefieren colonizar ambientes adversos donde tienen ventaja competitiva frente a otros organismos, como indica Abaigar (28). Para Goffinet y Shaw (35), las principales propiedades que determinan el sustrato a colonizarse son: la vida útil de la superficie, sus propiedades químicas y su capacidad de retención de agua. Entre los distintos sustratos que colonizan los musgos, se tienen:

#### Roca:

En este sustrato se crean distintos nichos, creados por fisuras o grietas donde se acumula agua. Así también, las rocas generan caras sombreadas o más expuestas al sol. Los musgos con forma de cojín son comunes en este sustrato, también se observan aristas hialinas que las protegen de la luz ultravioleta durante periodos secos. Cuando las rocas están rodeadas de árboles generan una mayor riqueza de especies y predomina la reproducción asexual.

Para Abaigar (28), los musgos son los primeros colonizadores del hábitat de las rocas junto con los líquenes y contribuyen a desarrollar protosuelos, donde se instalarán otros organismos.

Los musgos que habitan en las rocas reciben el nombre de epilotos, y pertenecen los géneros *Gymnomitrium sp.*, *Andreaea sp.*, *Grimmia sp.* y *Racomitrium sp.* contienen muchos epifitos obligados.

Epifitos:

Para Frahm *et al.* (33) se denominan epifitos a los musgos que se desarrollan sobre troncos y ramas de árboles. Están adaptadas por su forma de vida y fisiología para soportar la desecación, sus nutrientes los obtienen de la atmósfera, la lluvia y en menor medida de los nutrientes recogidos de la corteza del árbol hospedero. Los musgos epifitos son muy sensibles a los factores del hábitat como: estructura y pH de la corteza del árbol y el microclima. Debido a que obtienen agua y nutrientes de la atmósfera, son excelentes bioindicadores de la calidad del aire.

El hábitat arbóreo de las epifitas es diferente en cuanto a sus condiciones de microhábitat. Se suele dividir al árbol en varias zonas: tronco, ramas y copa, siendo la clasificación más usada para propuesta por Johannson en 1974. Generalmente la diversidad de epifitas varía dependiendo de: la altitud del sitio de estudio, el árbol huésped, la altura dentro del árbol y la cantidad de árboles evaluados, como indican Frahm *et al.* (33). Para Goffinet y Shaw (35), los principales factores del forofito son: la longevidad del árbol, la tasa de renovación, capacidad de retención hídrica, acidez y contenido de nutrientes de la corteza.

Ecofisiología:

Temperatura:

En general, los briófitos pueden tolerar temperaturas bajas de 1°C y hasta 40°C. Para muchas especies el rango óptimo de temperatura es de 15-25°C, esto les permite colonizar grandes altitudes o regiones. La temperatura afecta a la tasa fotosintética, frecuencia respiratoria, tiempo reproductivo, crecimiento, desarrollo y productividad, según Vanderpoorten y Goffinet (36).

Agua:

Para Glime (37), los musgos actúan como esponjas es decir retienen agua a través de pequeñas cámaras y espacios capilares, esto debido a su pequeño tamaño y hojas diminutas. El agua retenida sirve para sus propias necesidades y en algunos casos afecta a los ecosistemas en los que se desarrollan.

Para Glime (37), los musgos a diferencia de las traqueofitas carecen de lignina, desarrollando en cambio otras estrategias como el transporte de agua, para lo cual los musgos tienen dos vías que a menudo se dan de forma simultánea en la misma planta: movimiento interno, llamado también endohídrico que se da a través de un cilindro central, la mayoría de los musgos acrocárpicos son parcialmente endohídricos. Por otro lado, está el movimiento externo o ectohídrico a lo largo de las superficies de las hojas, lo que permite la entrada de agua directamente del rocío y la niebla.

La mayoría de los musgos pleurocárpicos son ectohídricos, sin embargo, los musgos se adaptan a distintas condiciones del ambiente, alterando el movimiento interno y externo del agua, según sus necesidades. Cuando están completamente hidratados los musgos pueden tener un contenido de agua muy alto de hasta 1,200 % de su masa seca, por el contrario, pueden sobrevivir de meses a años al estar secas, como indica Glime (37).

Estructuras de conducción de agua:

Los tallos de los musgos tienen una estructura básica compuesta por una epidermis que rodea a la corteza. Sin embargo, en los musgos acrocarpos suele existir un cilindro conductor en el centro del tallo, este cilindro está compuesto por hidroides y estereidas (ver figura 5) que forman la hebra central, como indica Glime (37). Los hidroides vienen a ser las células conductoras de agua y colectivamente forman el hidroma. Así también, las

estereidas son células alargadas, similares a fibras, que dan soporte al tallo, usualmente esta dispuestas alrededor del hidroma.

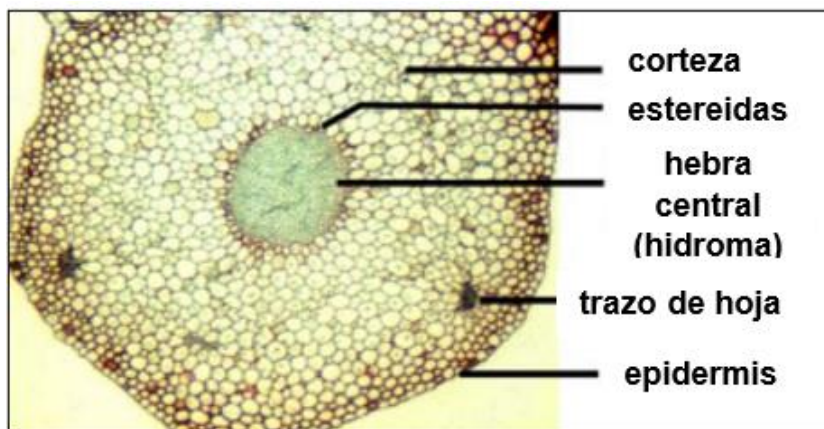


Figura 5. Sección transversal del tallo con hebra central.

Fuente: Glime (37).

Luz:

La capacidad de obtener una ganancia neta de la fotosíntesis a bajas intensidades de luz permite que los musgos vivan en lugares inhóspitos para otras plantas. En bosques caducifolios, los árboles dejan caer hojarasca que oscurece el suelo, haciéndolo inhabitable para los musgos (38).

La ganancia fotosintética neta es el carbono neto que se almacena, mientras que las pérdidas de carbono como  $\text{CO}_2$  se da en la respiración. El nivel de luz en el que la ganancia de  $\text{CO}_2$  es igual a la pérdida por respiración se denomina punto de compensación de luz. Por otro lado, la calidad de luz varía entre los distintos hábitats, al aire libre las plantas reciben el espectro completo de la luz solar a la que se denomina luz blanca, sin embargo, en los bosques el dosel verde absorbe gran parte de la luz roja, reflejando la luz verde, estas diferencias en las longitudes de onda influyen en la fotosíntesis de los musgos (38).

Las briofitas que crecen en los suelos dentro del bosque tienen que adaptarse a poca luz y alta humedad, mientras que las que se desarrollan en el dosel se adaptan a una fuerte desecación y temperaturas más altas, pero tienen más luz.

#### 2.2.6.2. Roles en el ecosistema de los musgos

Debido a su capacidad de absorción de agua y minerales, así como de aislamiento térmico, los briofitos se convierten en importantes reguladores de la disponibilidad hídrica y de nutrientes. Asimismo, favorecen el desarrollo de otras plantas y son refugio preferente de muchos invertebrados y pequeños animales, también son sensibles a las perturbaciones que la acción humana ocasiona, de ahí su utilidad como bioindicadores (30). A continuación, se detallan los principales roles que cumplen los musgos en los ecosistemas donde se desarrollan:

Capacidad de almacenamiento de agua:

Una importante función ecológica de los musgos es la función de almacenamiento de agua, ya que así los musgos previenen la erosión y garantizan el abastecimiento de agua para consumo humano, riego, entre otros usos (33). Una parte del agua es almacenada por las plantas y otra parte entre la planta, a esta última se denomina agua de intercepción, esta es difícil de determinar ya que se escurre con facilidad cuando los musgos están equilibrados. La capacidad de almacenamiento de agua de los musgos suele ser 3 veces su peso seco (33), aunque este valor puede ser diferente entre los distintos géneros, ya que otros géneros pueden absorber hasta 15 veces su peso en agua y ser responsables de un 50 % del agua total interceptada en ecosistemas forestales (30).

Un factor importante para estimar la capacidad de almacenamiento de agua es la biomasa de musgos de cada ecosistema, ya que estos factores están directamente

relacionados. La biomasa de los musgos aumenta con la elevación, por encima de los 2,000 m.s.n.m. se alcanza una importante biomasa epífita, de ahí la importancia de los bosques montanos (33). Diversos estudios alrededor del mundo reportaron valores de biomasa y su respectiva capacidad de almacenamiento de agua por parte de musgos epífitos. En 1993, Wolf determinó 2,000 kg de fitomasa por hectárea con 10,000 litros de agua almacenada en un bosque andino de Colombia a 1,500 m de elevación y 23,000 kg de fitomasa por hectárea con 80,000 a 100,000 litros a 3,500 m.s.n.m., sin embargo, se presume que la mayor parte del agua almacenada por los musgos epífitos se evapora, lo que contribuye a una alta humedad del aire y la condensación de nubes, de este modo evitan la desecación y calentamiento del paisaje (33).

Los musgos terrestres también juegan un papel importante en el almacenamiento de agua, especialmente en bosques subalpinos donde el suelo está densamente cubierto por musgos. En el suelo almacenan agua hasta una cierta cantidad y la evaporan a la atmósfera. Si llegan a saturarse, el agua adicional no se escurre causando erosión, sino que alimenta el agua subterránea (33).

Ciclo biogeoquímico:

Los musgos también contribuyen a los ciclos biogeoquímicos debido a su capacidad de absorber nutrientes que son transportados por la lluvia, de este modo los musgos van incorporando los nutrientes a la biomasa orgánica, cuando esta llega a descomponerse se va incorporando al ecosistema (33).

Un ejemplo de almacenamiento de carbono a largo plazo es la formación de turba por parte del musgo *Sphagnum sp.* Las turberas son ecosistemas que acumulan materia orgánica como consecuencia de un desequilibrio de la producción primaria y la descomposición, debido a condiciones desfavorables como baja



temperatura, bajo pH y suelo anaeróbico impiden fuertemente la degradación de la materia orgánica (36).

Sucesión de la vegetación y formación de suelos:

Los musgos representan un componente sustancial de varios ecosistemas, interactúan con otras comunidades de plantas y en muchos casos tienen un papel importante en el desarrollo del suelo, acelerando la meteorización física y química, atrapando material orgánico e inorgánico arrastrado por el viento y la lluvia. Al contribuir al desarrollo de suelo, también crean un hábitat que facilita el establecimiento de plantas vasculares (36).

Los musgos también juegan un papel importante regulando la temperatura y la humedad del suelo, al ser aislantes efectivos limitan el grado de deshielo de áreas con permafrost (36).

### 2.3. Definición de términos básicos

- Abundancia de musgos: la abundancia en el caso de las plantas vasculares se determina por el número de individuos de una especie en un área determinada, sin embargo, esto no siempre es posible en musgos, pues estos crecen formando tapetes y es difícil determinar el número total de individuos. Como alternativa se puede estimar la cobertura, según proponen Delgadillo y Escolástico (8).
- Bosque relicto altoandino: el bosque relicto altoandino se encuentra distribuido en pequeños parques en la región altoandina, entre 3,500 y 4,900 m.s.n.m. se le considera relicto por su reducida superficie, alta fragmentación y difícil accesibilidad, se caracteriza por estar dominado por árboles del género *Polylepis sp.* conocido como queñual. En ocasiones está asociada a géneros como *Gynoxis sp.* y *Ecallonia sp.* (1).
- Capacidad de almacenamiento de agua: el almacenamiento de agua en musgos puede definirse en términos de agua de retención y agua de intercepción, el agua de retención es el agua almacenada por las plantas y el agua de intercepción es el agua mantenida en gotas entre plantas individuales, como indica Chantanaorrapint (12).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### 3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

##### 3.1.1. Métodos de investigación

El método general que se utilizó fue el científico. Según Ñaupas *et al.* (39), el método científico es un proceso muy ordenado que comprende etapas secuenciales desde la definición del problema hasta la aceptación o rechazo de la hipótesis de investigación. Asimismo, la investigación tuvo un enfoque cuantitativo ya que se recolectaron datos para la prueba de hipótesis con base a la medición numérica y el análisis estadístico, como indican Hernández *et al.* (40). Posteriormente con el análisis de datos se tendrá una mejor comprensión de la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos más abundantes presentes en los dos bosques y la plantación de *Polylepis* estudiados.

##### 3.1.2. Tipo de investigación

Según Hernández *et al.* (40), la investigación fue básica ya que su finalidad fue incrementar conocimientos sobre la capacidad de almacenamiento de agua de los musgos presentes en bosques y plantaciones de *Polylepis*.

### 3.1.3. Nivel de investigación

El alcance de la investigación fue correlacional ya que buscó conocer la relación que puede existir entre dos o más variables (40). Para la presente investigación, se emplearon datos de la abundancia de los grupos de musgos para ver su relación con su capacidad de almacenamiento de agua.

### 3.2. Diseño de la investigación

La presente investigación tuvo un diseño no experimental, ya que se realizó sin manipular variables; se observaron los fenómenos tal como se dieron en su contexto natural para analizarlos (40).

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

Está constituida por la comunidad de musgos que se desarrollan en dos bosques y una plantación de *Polylepis*.

#### 3.3.2. Muestra

Para determinar la capacidad de almacenamiento de agua de los musgos se colectaron 203 muestras de los 4 grupos: 94 muestras en los meses de estiaje y 109 en los meses de lluvia. La cobertura de los musgos fue evaluada con 108 cuadrantes sobre suelo y roca y en 455 cuadrantes sobre 91 árboles. Asimismo, se colectaron 12 muestras adicionales de los musgos seleccionados para su identificación taxonómica.

### 3.4. Descripción de la metodología

### 3.4.1. Área de estudio

Los sitios estudiados en la presente investigación se encuentran dentro del Parque Nacional Huascarán, en el departamento de Ancash, Perú (ver figura 6). Asimismo, la ubicación, coordenadas UTM, altitud promedio y extensión de cada sitio se detallan en la tabla 2.

El bosque Llaca 1 (figura 7A, D) tiene una altitud entre los 4,100 y 4,370 m.s.n.m. Está dominado por árboles de *Polylepis weberbaueri*, asimismo, el género acompañante de este bosque es *Gynoxys sp.* Llaca 1 está naturalmente aislado por un río y una depresión rocosa, tiene una pendiente moderada y gran presencia de rocas.

El bosque Llaca 2 (figura 7B, E) está ubicado a una altitud entre los 4,320 y 4,400 m.s.n.m. La extensión inicial del bosque disminuyó debido a la construcción de una carretera, asimismo este bosque tiene presión por parte del ganado de la zona. Tiene una pendiente moderada y gran presencia de rocas.

La plantación Quillcayhuanca (figura 7C, F) está ubicada a una altitud entre los 3,840 y 3,870 m.s.n.m. Tiene una antigüedad de unos 30 años aproximadamente, posee una pendiente leve. Los árboles presentes en la plantación son *Polylepis albicans*, *Polylepis weberbaueri*, *Polylepis racemosa* y en menor cantidad *Eucalyptus sp.*

Tabla 2. Ubicación de los sitios de estudio.

Características	Sitio		
	Llaca 1	Llaca 2	Quillcayhuanca
Origen	Bosque natural	Bosque natural	Plantación
Distrito	Independencia	Independencia	Huaraz
Provincia	Huaraz	Huaraz	Huaraz
Coordenadas E	229397	230953	234648
Coordenadas N	8952917	8955479	8949017
Altitud promedio (m.s.n.m.)	4235	4360	3855
Extensión (ha)	38	1.3	2.9

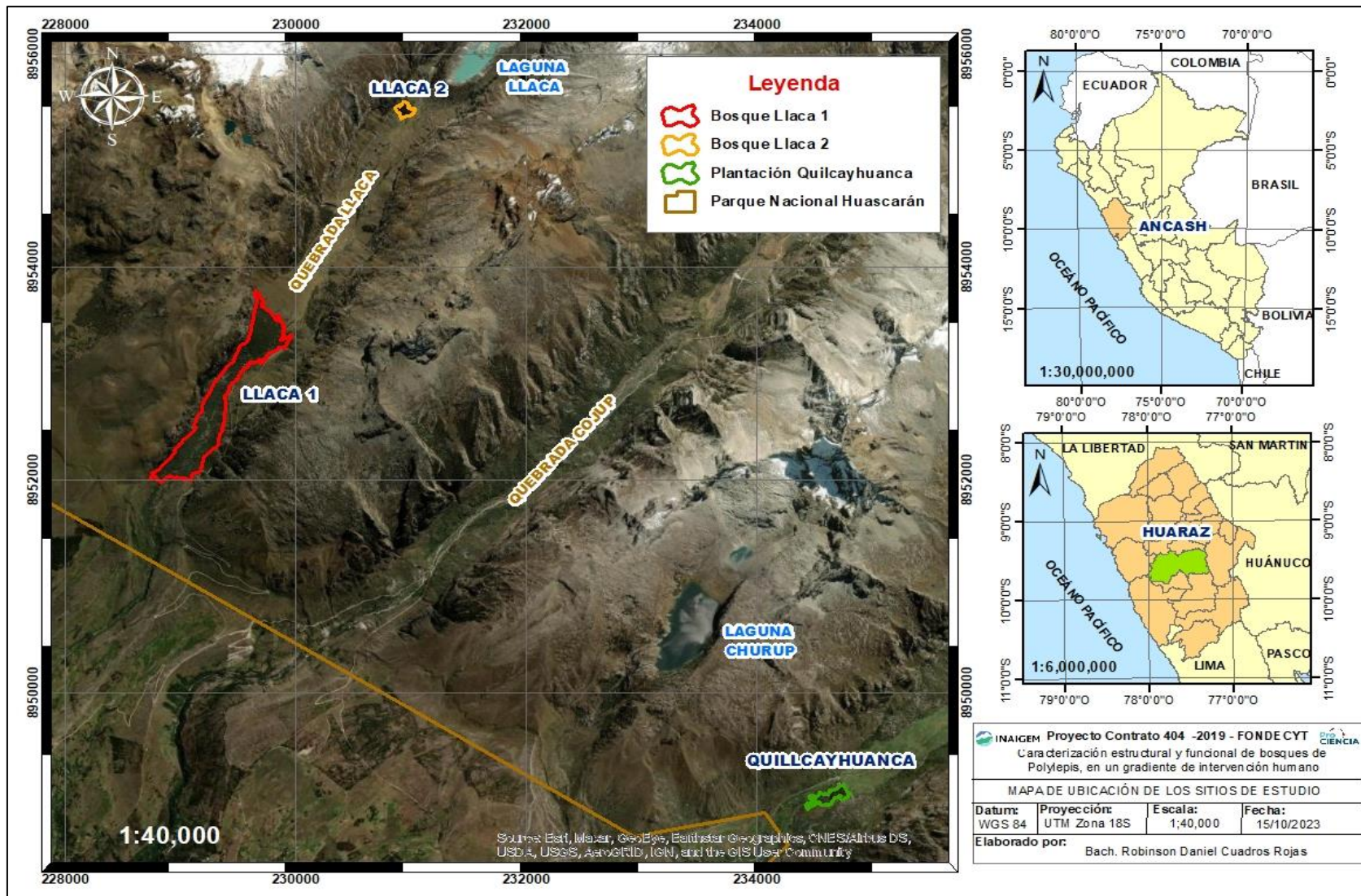


Figura 6. Mapa de ubicación de los sitios de estudio.



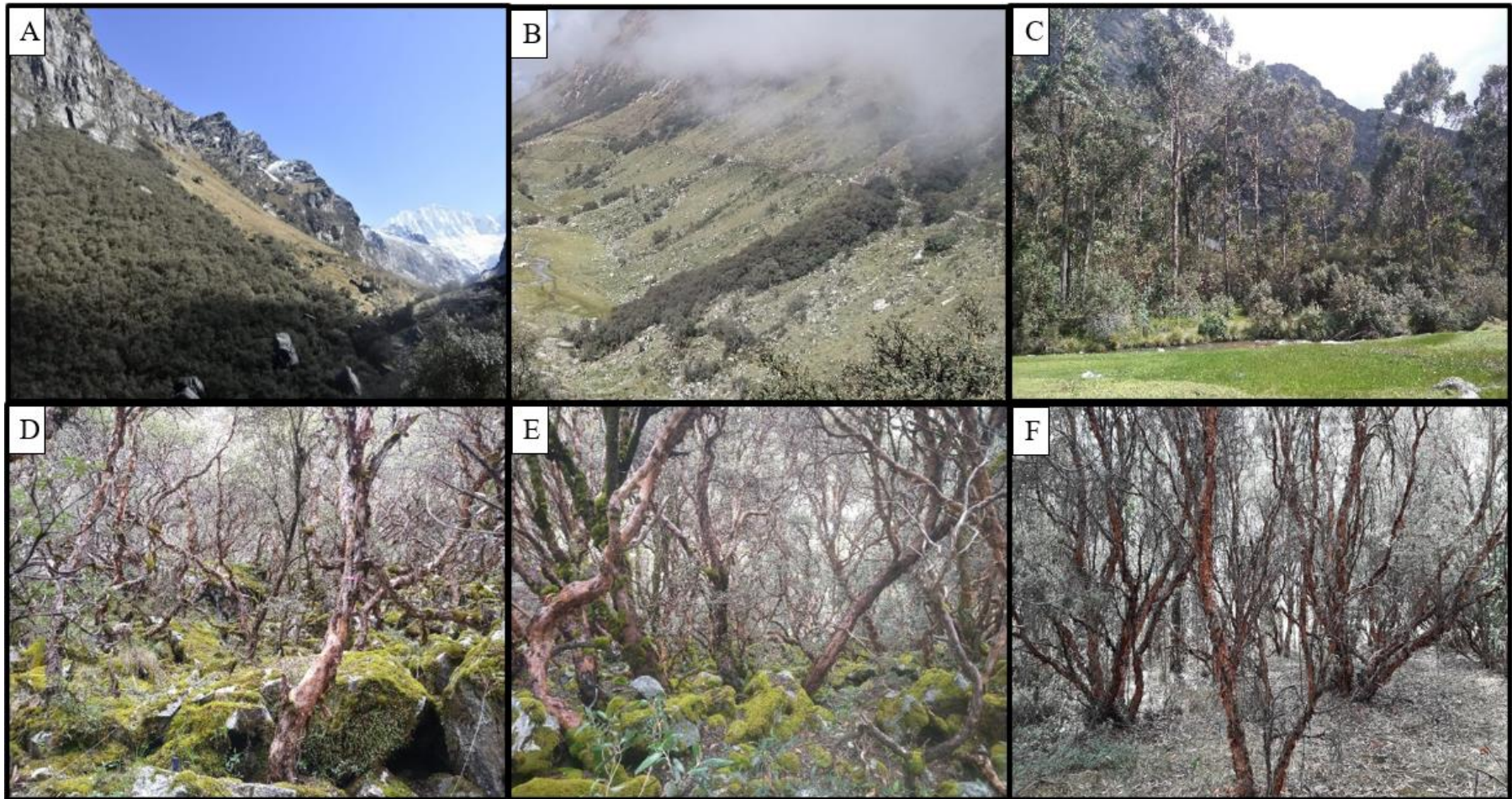


Figura 7. Zonas de estudio. A y D. Bosque Llaca 1, B y E. Bosque Llaca 2. C y F. Plantación Quillcayhuanca. Vista panorámica (A, B y C), Interior del sitio (D, E y F).

#### 3.4.2. Actividades preliminares

Antes de las salidas de campo se tramitaron permisos de investigación ante el Parque Nacional Huascarán. Este requisito fue indispensable ya que los sitios de estudio se ubican al interior dentro de esta Área Natural Protegida. Estos trámites se dieron como parte del proyecto “Caracterización estructural y funcional del bosque de *Polylepis sp.* en un gradiente de intervención humano” ejecutado por el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, en adelante INAIGEM. El permiso de investigación se muestra en el Anexo 1.

#### 3.4.3. Establecimiento de parcelas

Se establecieron 3 parcelas de 500 m<sup>2</sup> por cada bosque. Para establecer la dimensión de las parcelas se tomó en referencia lo recomendado por el Ministerio del Ambiente (MINAM) (41), que indica un tamaño mínimo de muestra de 400 m<sup>2</sup> para bosques altoandinos. Asimismo, Delgadillo y Escolástico (8) recomiendan el uso de parcelas para el muestreo de briofitas en bosques con áreas amplias y homogéneas, de este modo se obtiene una mejor representatividad de las especies comunes. La ubicación de las parcelas dentro de cada bosque se realizó de manera aleatoria, cuando esta se ubicaba en zonas de difícil acceso se reubicaban, de esta manera se garantizaban áreas que representen adecuadamente el bosque y que su esfuerzo de muestreo no sea excesivo.

#### 3.4.4. Selección de los grupos de musgos

Se realizó una visita de campo a los sitios de estudio para estimar visualmente los grupos de musgos más abundantes por bosque. Se colectaron y pesaron en campo muestras de musgos más abundantes (ver Anexo 2), los cuales fueron llevados a laboratorio donde se determinó su Contenido Hídrico en Campo (%PS) y su Capacidad Máxima de Retención Hídrica (%PS). El procedimiento para obtener estos índices se detalla en

la sección 3.4.6. Para elegir los grupos de musgos con los que se trabajó se tuvo en consideración: estimación de la abundancia, capacidad de almacenamiento de agua y presencia en al menos 2 bosques de estudio, es así como se definieron 4 grupos de musgo, los cuales fueron estudiados en la presente investigación.

#### 3.4.5. Colecta e identificación de musgos

Se realizó la colecta de musgos, previamente seleccionados, con fines de identificación y de determinación de su capacidad de almacenamiento de agua. Con tal fin, se elaboró una ficha de colecta (ver Anexo 3) que recopila información relevante para la investigación.

Para la identificación, se consideraron los siguientes procedimientos (figura 8): se fotografiaron los grupos de musgo en campo y luego se colectaron con sus respectivos esporofitos, se codificó cada colecta y estas fueron transportadas en bolsas de papel. En laboratorio se separaron muestras representativas de cada colecta, que contengan todas las estructuras del musgo. Con ayuda de un estereoscopio y microscopio se fotografió la disposición de las células de los filidios en la base, margen y ápice. Asimismo, se realizó un corte transversal para ver la costa de cada filidio. Las fotografías de estas características junto a sus medidas sirvieron fueron enviadas a especialistas que ayudaron en la identificación de los musgos de cada grupo.

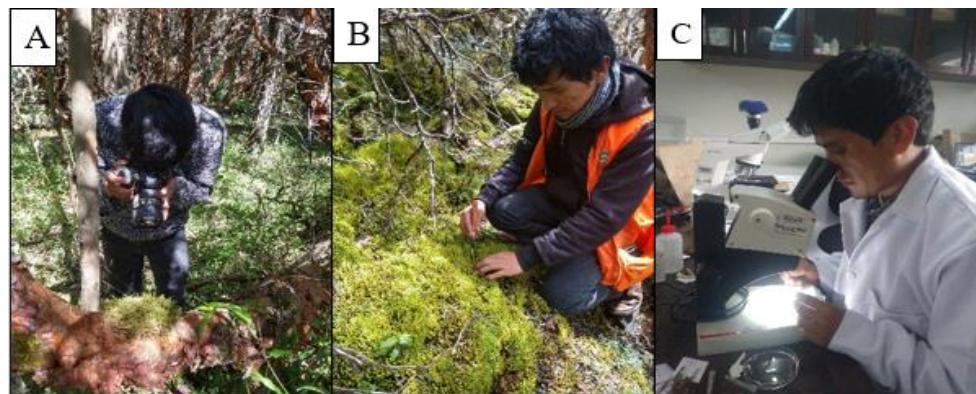


Figura 8. Procedimientos de colecta e identificación de musgos A. fotografía en campo, B. colecta y C. toma de fotos con ayuda de un estereoscopio.



### 3.4.6. Abundancia de musgos

La abundancia se determina contando el número de individuos de una especie sobre un área determinada, sin embargo, esta forma no es aplicable a las briofitas ya que crecen en formas de vida en las cuales es difícil saber el número de individuos, es así que como alternativa se estima la cobertura mediante el porcentaje de la cuadrícula (8). Para estimar la cobertura de musgos en suelo y roca se utilizó un cuadrante de 1 m<sup>2</sup> de PVC con 25 cuadrículas, representando cada uno 4 % de la cobertura total (figura 9.A), se contó el número de cuadrículas cubiertas por cada grupo y se estimó el porcentaje de cobertura (%) total mediante la regla de tres simple, los valores obtenidos en cada evaluación se anotaron en una ficha de campo (ver Anexo 4). Por cada parcela se realizó esta evaluación en 12 puntos distribuidos sistemáticamente.



Figura 9. Estimación de la cobertura de musgos mediante cuadrantes en A. suelo y B. árboles.

Para evaluar la cobertura de musgos en árboles, se eligieron 10 árboles representativos por cada parcela. En cada árbol se realizaron 5 evaluaciones a lo largo del tronco a cada 35 cm desde el suelo con ayuda de un cuadrante de PVC de 12 cm<sup>2</sup> (figura 9.B).

### 3.4.7. Capacidad de almacenamiento de agua

Se colectaron muestras de los grupos de musgo en cada parcela, teniendo cuidado de que la muestra sea homogénea, es decir evitando coleccionar otro grupo, también se limpió el suelo o corteza de árbol que venía adherido en algunas muestras, para evitar que estos elementos influyan en el peso del musgo. Las muestras ya limpias fueron pesadas, medidas, codificadas en campo y trasladadas en bolsas de plástico para evitar pérdidas de agua. Posteriormente, en el laboratorio del INAIGEM, cada muestra se sumergió en agua por 5 minutos, se dejó escurrir el exceso y se pesó nuevamente, restando el peso de la bolsa se obtuvo el peso del musgo saturado con agua.

Finalmente, se colocaron las muestras en bolsas de papel y se secaron en una estufa a una temperatura de 75°C por 48 horas; al finalizar este proceso se pesaron nuevamente para obtener el peso seco (figura 10).



Figura 10. Esquema de procedimientos para obtener el peso en campo, peso saturado con agua y peso seco de las muestras de musgos.

Con los datos tomados, se estimó el contenido de agua (CA) en porcentaje del peso seco (PS), aplicando la fórmula propuesta por Montenegro *et al.* (14), siendo (PF) el peso fresco de la muestra de musgo.

$$CA = \frac{(PF - PS)}{PS} \times 100$$

La evaluación de la capacidad de almacenamiento de agua de los musgos se realizó en meses de estiaje y de lluvia. Para la estimación del almacenamiento de agua de los musgos de cada sitio en suelo y roca, se utilizaron datos de cobertura por cada grupo de musgo (m<sup>2</sup>) y su respectiva capacidad de almacenamiento de agua (l/m<sup>2</sup>). Al multiplicar estos valores se obtiene la cantidad de agua (l) almacenada, estos valores se multiplicarán por la extensión de cada sitio. Teniendo un valor estimado de la cantidad de agua (l), que estarían almacenando los bosques y plantación en meses de estiaje y lluvia.

Para la estimación del almacenamiento de agua de musgos epifitos por cada sitio, se utilizaron los datos de la estimación del total de árboles de los bosques y plantación, el cual se multiplico por el promedio de la capacidad de almacenamiento de agua de cada grupo de musgo, obteniendo un valor estimado de la cantidad de agua (l), que estarían almacenando los bosques y plantación en mese de estiaje y lluvia.

#### 3.4.8. Estructura de bosques

Para caracterizar la estructura de los bosques, se emplearon las 3 parcelas de 500 m<sup>2</sup> y se codificaron todos los árboles cuyos troncos estén dentro de cada parcela. Se elaboró una ficha de campo (ver Anexo 5) donde se anotaron las estimaciones de altura del árbol (m), del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) medido a una altura de 1.3 m del nivel del suelo, y el diámetro de copa (m). Se calculó el DAP dividiendo la medida de la Circunferencia a la Altura del Pecho (CAP), a una altura de 1.3 m, entre 3.1416 que corresponde al valor de pi ( $\pi$ ).

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Para conocer la estructura poblacional de los bosques estudiados, se realizó un análisis de la distribución de clases de diámetros de las especies inventariadas, considerando que cada clase constituye una medida de la edad de los árboles. Se definieron clases de 5 cm según lo propuesto por el Ministerio del Ambiente (MINAM) (41) para bosques de sierra.

También se estimó visualmente altura. Para la cobertura de copa o área de copa (AC) de cada individuo adulto (DAP > 10 cm), se calculó el diámetro promedio de la copa (DC) y se aplicó la siguiente fórmula sugerida por el Ministerio del Ambiente (MINAM) (41).

$$AC = 3.1416 \left(\frac{DC}{2}\right)^2$$

Para la densidad poblacional (D), se contaron el número de árboles (N) en un área determinada (A). Para la presente investigación, esta área corresponde al de cada parcela (500 m<sup>2</sup>). La densidad poblacional se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$D = \frac{N}{A}$$

Los valores obtenidos sirvieron para estimar el número de árboles que existen por cada sitio de estudio. La evaluación estructural se realizó solo una vez en el presente estudio.

#### 3.4.9. Caracterización microclimática

La caracterización del microclima se realizó durante tres semanas por cada bosque, en meses de estiaje y de lluvia. Para ello se utilizaron microestaciones KESTREL, ubicadas dentro y fuera del bosque (figura 11). Los equipos tomaron datos de temperatura (°C) y humedad relativa (%HR) cada 10 minutos. Para la ubicación dentro del bosque se priorizaron sitios que estuvieran en el centroide o cerca de aquel.

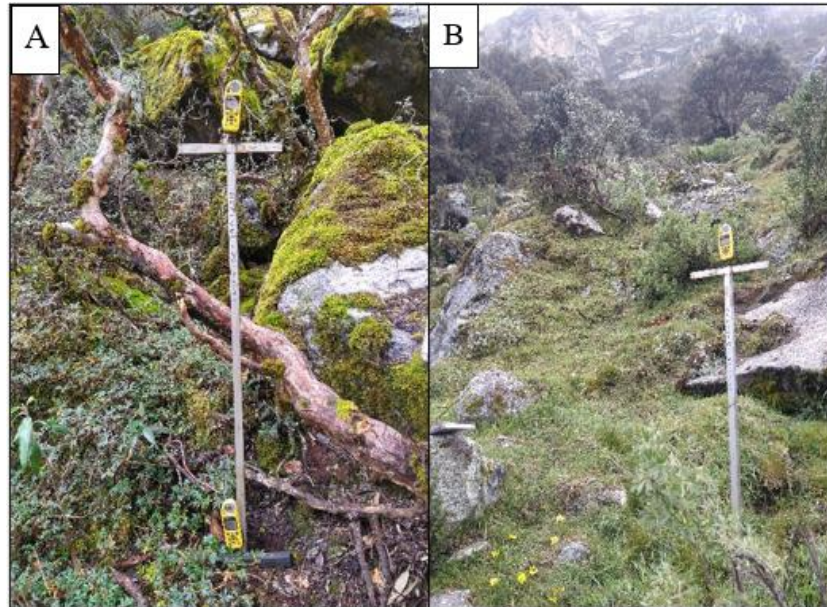


Figura 11. Ubicación de las microestaciones KESTREL A. dentro y B. fuera del bosque Llaca 2.

Asimismo, se tuvo en cuenta que los equipos estuvieran dentro de una parcela. Los equipos que se ubicaron fuera del bosque, se ubicaron a 10 m del borde de cada sitio y a una altitud similar a los equipos que caracterizaban el microclima interior de cada sitio de estudio.

#### 3.4.10. Evaluación de la historia de uso de suelo

Se realizaron entrevistas a guardaparques del Parque Nacional Huascarán (PNH) y a miembros de los Comités de Usuarios de Pastos (CUP) de las quebradas de Llaca y Quillcayhuanca (figura 12), para lo cual previamente se elaboraron guías de entrevistas (ver Anexo 6) que buscan entender el manejo pasado y actual de los bosques y plantación de *Polylepis sp.*, la ocurrencia de incendios u otros eventos que pudieran haber causado disturbios en cada sitio, asimismo conocer los usos que dan a los sitios de estudio.





Figura 12. Entrevista a A. guardaparque del PNH y B. al presidente del Comité de Usuarios de Pastos (CUP) de Llaca.

#### 3.4.11. Análisis de datos

La información obtenida fue organizada en bases de datos que faciliten el análisis estadístico. Para el análisis de cobertura de los grupos de musgo, se realizaron análisis exploratorios de los datos y pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov). Los datos que no tenían una distribución normal fueron transformados (transformación raíz cuadrada), posteriormente se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) en el programa INFOSTAT, para observar si existían diferencias significativas en la cobertura de cada grupo de musgos agrupados en los sustratos de suelo y roca, asimismo epífitos. Esta comparación se realizó para cada sitio de estudio y posteriormente se realizó la comparación entre la cobertura total entre sitios de estudio.

Para la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos. Se realizaron análisis exploratorios de los datos (BOXPLOT), se revisaron los datos atípicos, luego se realizaron pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov). Ya que los datos no tenían distribución normal, se realizó una transformación raíz cuadrada de los datos. Finalmente, se realizó una prueba ANOVA buscando diferencias significativas, teniendo como variable independiente la capacidad de almacenamiento de agua y como variable dependiente a los grupos de musgos. Para la comparación

de la capacidad de almacenamiento de agua entre sitios de estudios se tuvo como variable dependiente la capacidad de almacenamiento de cada sitio por parcela y como variable independiente los sitios de estudio.

Para los datos de estructura, se elaboraron histogramas con los datos de Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), con un intervalo de 5 cm, para los datos de densidad se estimó el número total árboles de cada sitio a partir del promedio de las cantidades registradas en cada parcela. Para los análisis de microclima, se empleó el software Hidroesta, el cual permitió procesar los datos registrados de temperatura (°C) y humedad (%), para obtener el comportamiento horario de estas variables. A partir de estos valores se realizó una prueba de normalidad de los datos, con el resultado de esta prueba se determinó la prueba paramétrica (t-student para dos muestras independientes) o la prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney), buscando diferencias significativas entra las microestaciones ubicadas dentro y fuera de cada sitio. Finalmente se realizaron pruebas de correlación entre la estructura y microclima con la cobertura de musgos de cada sitio.

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.5.1. Técnicas de recolección de datos

A continuación, se detallan los equipos, instrumentos y materiales utilizados para el desarrollo de la investigación.

Tabla 3. *Técnicas e instrumentos utilizados en la investigación.*

N°	TÉCNICA	INSTRUMENTO
1	Colecta de musgo	-Fichas de colecta -Guía de campo de los grupos de musgos -Bolsas ziploc y de papel -Espátula -Wincha de 5 m

		-Bisturi
2	Identificación de la colecta de musgo	-Cubre y porta objetos -Estereoscopio LEICA ES2 y Microscopio ZEISS Axiolab 5 -Cámara fotográfica NIKÓN D7200
3	Evaluación de la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgo	-Balanza analítica RADWAG AS220 - R2 -Estufa -Balde, tina y colador -Ficha de datos
4	Evaluación de la cobertura de los grupos de musgo	-Ficha de toma de datos -Cuadrantes de tubo de PVC de 1m <sup>2</sup> y 12 cm <sup>2</sup> -Wincha de 5 y 30 m -Cinta flagging
5	Evaluación estructural de los bosques	-Ficha de toma de datos -Equipo de Posicionamiento (GPS GARMIN MONTERRA) -Winchas de 5 y 50 m -Estacas -Rollo de rafia -Comba -Martillo y clavos -Placas de metal
6	Caracterización microclimática	-Sensor meteorológico KESTREL 5500 -Parantes de hierro -Comba -Software KESTREL LINK -Cable de descarga de datos
7	Entrevistas	-Guía de entrevistas -Grabador digital de voz (SONY PX)

### 3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se elaboraron fichas de campo para el desarrollo de cada actividad las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. *Instrumentos de recolección de datos.*

<b>INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	<b>ANEXO</b>
Ficha de colecta de musgos	Anexo 3
Fichas de evaluación de cobertura de musgos	Anexo 4
Ficha de evaluación de estructura	Anexo 5
Guía de entrevistas	Anexo 6



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

##### 4.1.1. Identificación de musgos con alta capacidad de almacenamiento de agua

###### A) Grupo 1:

FAMILIA LEUCOBRYACEAE Schimp.

###### a) *Campylopus* spp.

Plantas medianas de color verde claro, con tallos de 3 cm de alto, hojas de 5 mm de largo y 1 mm de ancho en la base, margen entero, ápice acuminado, presenta células alares.



Figura 13. Musgos del grupo 1 en sustrato A. suelo y B. epifito.

Datos de colecta:

Formación vegetal: Bosque altoandino. Sustrato: Suelo y roca.  
Forma de crecimiento: cojín. Material colectado en:  
Departamento: Ancash. Provincia: Huaraz. Distrito:  
Independencia. Localidad: Parque Nacional Huascarán,  
Quebrada Llaca. Altitud: 4,235-4,360 m.s.n.m. Colector: Robinson  
D. Cuadros 1 (ver Anexo 11).

b) *Campylopus spp.*

Plantas grandes de color verde pardo a negruzco, con tallos de 9  
cm de alto, hojas de forma lanceolada con 1cm de largo y 1.1 mm  
de ancho en la base, presencia de células alares, margen entero,  
costa, ápice acuminado.

Datos de colecta:

Formación vegetal: Bosque altoandino. Sustrato: Roca y epifita  
(troncos de *Polylepis sp.* y *Gynoxys sp.* Forma de crecimiento:  
cojín. Material colectado en: Departamento: Ancash. Provincia:  
Huaraz. Distrito: Independencia. Localidad: Parque Nacional  
Huascarán, Quebrada Llaca. Altitud: 4,235 - 4,360 m.s.n.m.  
Colector: Robinson D. Cuadros 2 (ver Anexo 11).

B) Grupo 2:

FAMILIA GRIMMIACEAE Arn.

c) *Racomitrium spp.*

Plantas medianas de color verde pardo con presencia de pilosidad  
blanca en los ápices, con tallos de 3 cm de alto, hojas de 1.7 mm  
de largo y 0.6 mm de ancho en la base, margen entero, corte  
transversal, forma sinuada de las células de la hoja, tiene células  
alares, ápice piliforme.

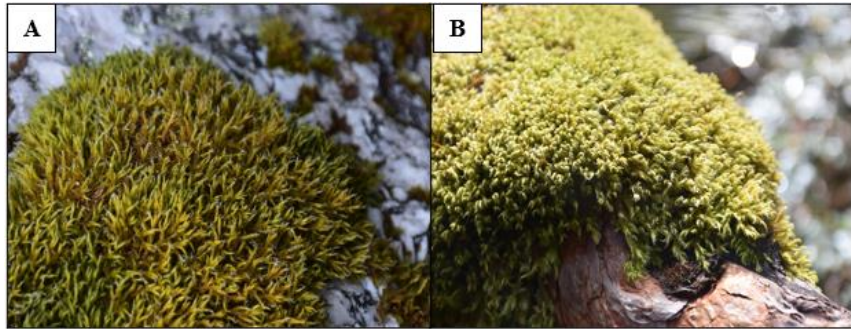


Figura 14. Musgo del grupo 2 sobre A. roca y B. tronco de *Polylepis* sp.

Datos de colecta:

Formación vegetal: Bosque altoandino. Sustrato: Roca y epífita.  
 Material colectado en: Departamento: Ancash. Provincia: Huaraz.  
 Distrito: Independencia. Localidad: Parque Nacional Huascarán,  
 Quebrada Llaca. Altitud: 4,235-4,360 m.s.n.m. Colector: Robinson  
 D. Cuadros 3 (ver Anexo 11).

C) Grupo 3:

FAMILIA POTTIACEAE Arn.

d) *Leptodontium* spp.

Plantas medianas de color verde claro, tallos de 5.5 cm de alto,  
 hojas de 4 mm de longitud y 1.5 mm de ancho, margen aserrado,  
 corte transversal.

Datos de colecta:

Formación vegetal: Bosque altoandino y plantación. Sustrato:  
 Suelo. Forma de crecimiento: césped. Material colectado en:  
 Departamento: Ancash. Provincia: Huaraz. Distritos:  
 Independencia y Huaraz. Localidad: Parque Nacional Huascarán,  
 Quebrada Llaca y Quillcayhuanca. Altitud: 3,840 - 4,360 m.s.n.m.  
 Colector: Robinson D. Cuadros 5 (ver Anexo 11).

FAMILIA ORTHOTRICHACEAE Arn.

e) *Ortotrichum* spp.

Plantas medianas de color verde claro, alto, hojas de 4 mm de longitud y 1.5 mm de ancho, margen aserrado, corte transversal, ápice agudo.

Datos de colecta:

Formación vegetal: Bosque altoandino y plantación. Sustrato: Epifita. Forma de crecimiento: cojín. Material colectado en: Departamento: Ancash. Provincia: Huaraz. Distritos: Independencia y Huaraz. Localidad: Parque Nacional Huascarán, Quebrada Llaca y Quillcayhuanca. Altitud: 3,840 - 4,360 m.s.n.m. Colector: Robinson D. Cuadros 4 (ver Anexo 11).

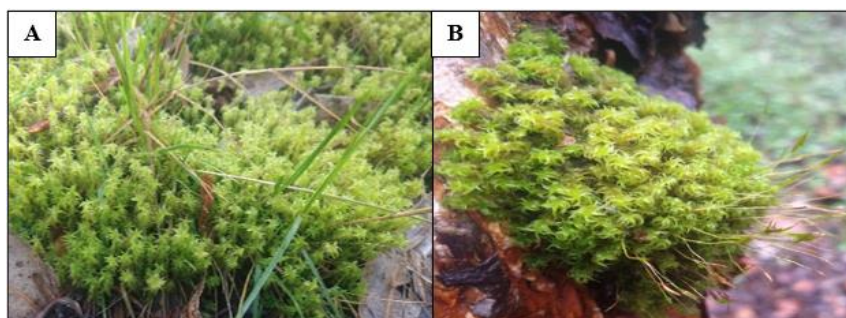


Figura 15. Musgos del grupo 4 sobre A. suelo y B. tronco de *Polylepis* sp.

#### D) Grupo 4:

FAMILIA HYPNACEAE Schimp.

##### f) *Hypnum* spp.

Plantas medianas de color, tallo de 4 cm de longitud, hojas de forma falcada, de 2 mm de longitud y 1 mm de ancho, margen serrulado.

Datos de colecta:

Formación vegetal: Bosque altoandino. Sustrato: Suelo, roca y epifita. Forma de crecimiento: trama. Material colectado en: Departamento: Ancash. Provincia: Huaraz. Distrito: Independencia. Localidad: Parque Nacional Huascarán, Quebrada Llaca. Altitud: 4,235-4,360 m.s.n.m. Colector: Robinson D. Cuadros 6 (ver Anexo 11).

FAMILIA SEMATOPHYLLACEAE Broth.

g) *Sematophyllum* spp.

Plantas medianas de color, tallo de 8 cm de longitud, hojas de 1.5 mm de longitud y 1 mm de ancho, margen serrulado, ápice apiculado.

Datos de colecta:

Formación vegetal: Bosque altoandino y plantación. Sustrato: Suelo y base de troncos. Forma de crecimiento: trama. Material colectado en: Departamento: Ancash. Provincia: Huaraz. Distrito: Independencia. Localidad: Parque Nacional Huascarán, Quebrada Llaca y Quillcayhuanca. Altitud: 3,840 - 4,360 m.s.n.m. Colector: Robinson D. Cuadros 7 (ver Anexo 11).

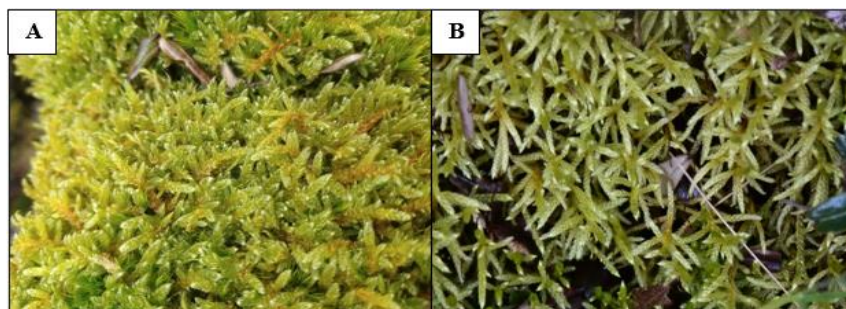


Figura 16. Musgos del grupo 4 sobre A. roca y B. suelo.

Se presenta una tabla resumen de las familias y géneros de musgos presentes en cada sitio de estudio.

Tabla 5. *Musgos con alta capacidad de almacenamiento de agua, según familia, grupo y sitio donde fueron colectados.*

Grupo	Familia	Género	Sitio
G1	Leucobryaceae	<i>Campylopus</i> sp.	LL1
		<i>Bryohumbertia</i> sp.	LL2
G2	Grimmiaceae	<i>Racomitrium</i> sp.	LL1
			LL2
G3	Orthotrichaceae	<i>Ortotrichum</i> sp.	LL1
	Pottiaceae	<i>Leptodontium</i> sp.	LL2
			QUI
G4	Hypnaceae	<i>Hypnum</i> sp.	LL1
	Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum</i> sp.	LL2
			QUI

#### 4.1.2. Cobertura de musgos

##### A) En suelo y roca:

En Llaca 1 (LL1) el G4 tiene menor abundancia respecto a las demás especies (figura 17). En Llaca 2 (LL2) los G3 y G4 tienen menor abundancia respecto a los G1 y G2. En la plantación de Quillcayhuanca (QUI) el G3 tiene mayor abundancia respecto al G4, presentando diferencias significativas. La cobertura total de los musgos evaluados fue significativamente menor en QUI (22.3 %) que en los bosques LL1 y LL2 (36.8 % y 35.9 % respectivamente).

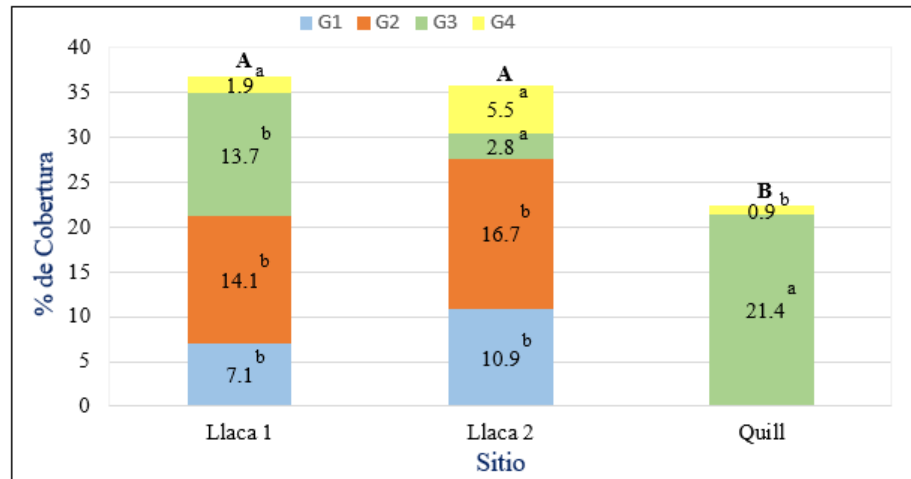


Figura 17. Cobertura de musgos (%) en suelo y roca por cada sitio.

Así también, el bosque LL1 tiene mayor cobertura ( $m^2$ ) de los grupos de musgos respecto al bosque LL2 y la plantación QUI, esto se debe a que este sitio tiene mayor extensión y está más conservado.

Tabla 6. Estimación de la cobertura de grupos de musgos ( $m^2$ ) por sitio de estudio.

Sitio	Extensión (ha)	Grupo de musgos	Cobertura de musgos (%)	Cobertura de musgos ( $m^2/ha$ )	Cobertura de musgos por sitio ( $m^2$ )
LL 1	38	1	7.1	710	26,996
		2	14.1	1,410	53,715
		3	13.7	1,370	51,933
		4	1.9	190	7,204
LL 2	1.3	1	10.9	1,090	1,422
		2	16.7	1,670	2,173
		3	2.8	280	358
		4	5.5	550	710
QUI	2.9	3	21.4	2,140	6,203
		4	0.9	90	272

B) En árboles:

En los árboles de LL1 y LL2 la cobertura del G1 en árboles fue mayor respecto a los demás grupos (figura 18). En QUI es el G3 el que tiene mayor cobertura en los árboles respecto a la G4. La cobertura total de musgo en árboles en la plantación QUI (4.4 %) fue significativamente menor respecto a los bosques de LL1 y LL2 (16.7 % y 13.8 % respectivamente).

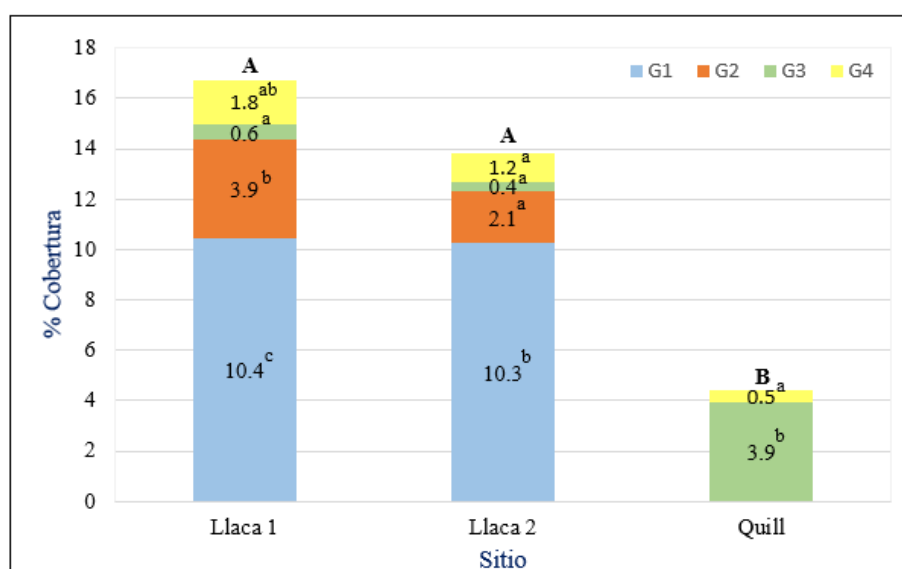


Figura 18. Cobertura de musgos (%) en los árboles de cada sitio.

A nivel de forófitos (tabla 7), en los bosques LL1 y LL2 no se observaron diferencias significativas entre las coberturas de musgos sobre los forófitos *Polylepis weberbaueri* y *Gynoxys sp.*, mientras que en la plantación QUI, *Polylepis spp.* tiene una cobertura significativamente mayor de musgos que *Eucalyptus*.

Tabla 7. Cobertura de musgos (%) por forófitos de los sitios de estudio.

Sitio	Forófito	Cobertura de musgos (%)
LL1	<i>Polylepis weberbaueri</i>	15.6 <sup>a</sup>
	<i>Gynoxys spp.</i>	20.2 <sup>a</sup>
LL2	<i>Polylepis weberbaueri</i>	14.8 <sup>a</sup>
	<i>Gynoxys spp.</i>	11.8 <sup>a</sup>
QUI	<i>Polylepis spp.</i>	5.5 <sup>b</sup>
	<i>Eucalyptus spp.</i>	0.7 <sup>c</sup>

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Los bosques (LL1 y LL2) tienen una cobertura de musgos en árboles de *Polylepis* significativamente mayor ( $p = 0.0012$ ) a los árboles de la plantación (QUI). Por otro lado, no existen diferencias significativas ( $p = 0.836$ ) entre árboles de *Polylepis weberbaueri* y *Gynoxys spp.* de los bosques (LL1 y LL2).

Tabla 8. Cobertura de musgos ( $m^2$ ) por forófitos de los sitios de estudio.

Sitio	Número de árboles		Cobertura de musgos ( $m^2$ /árbol)		Cobertura de musgos ( $m^2$ /sitio)	
	<i>Polylepis sp.</i>	Forófito acompañante	<i>Polylepis sp.</i>	Forófito acompañante	<i>Polylepis sp.</i>	Forófito acompañante
LL 1	25,536	7,400	0.00019	0.00024	4.768	1.797
LL 2	971	312	0.00018	0.00014	0.173	0.044
QUI	1,400	317	0.00007	0.00001	0.093	0.003

El bosque LL1 tiene mayor cobertura de musgos epifitos respecto al bosque LL2 y la plantación QUI.

#### 4.1.3. Capacidad de almacenamiento de agua



#### 4.1.3.1. Capacidad máxima de almacenamiento de agua

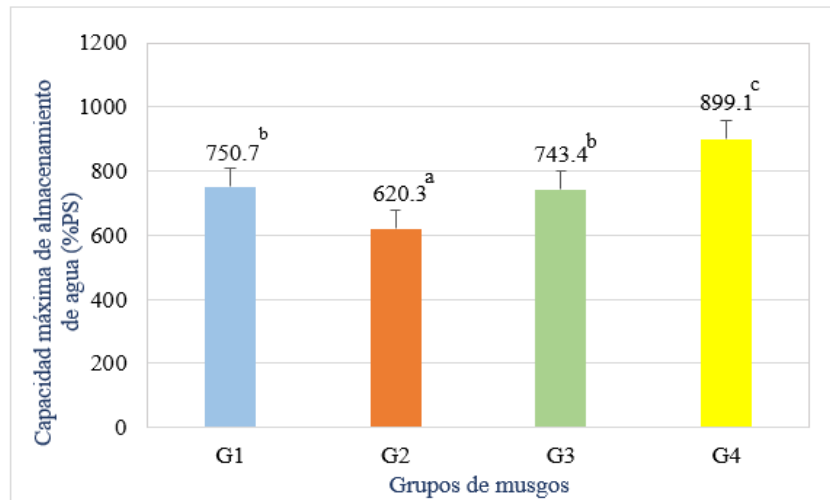


Figura 19. Capacidad máxima de almacenamiento de agua (% PS) de los grupos de musgo.

El G4 tiene la mayor capacidad de almacenamiento de agua (%PS) respecto a los demás grupos y el G2 es el que presenta los valores más bajos. En general todos los grupos de musgos tienen valores altos en su capacidad máxima de almacenamiento de agua, por encima de 600 % (figura 19).

#### 4.1.3.2. Capacidad de almacenamiento de agua en campo (%PS)

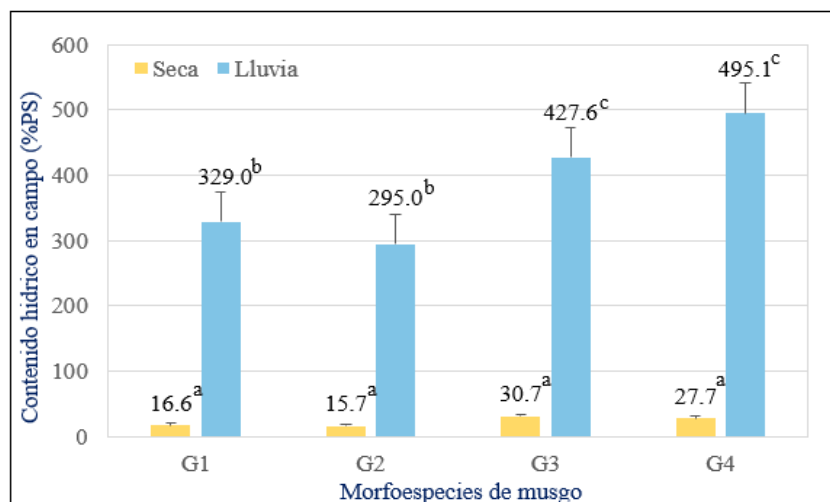


Figura 20. Contenido hídrico en campo (%PS) de cada grupo de musgo.

En general, todos los grupos de musgos tienen mayor contenido hídrico en campo (%PS) en meses de lluvia respecto a los meses de estiaje, sin embargo, es en los meses de lluvia que los G3 y G4 retienen más agua respecto a los G1 y G2 (figura 20).

#### 4.1.3.3. Almacenamiento de agua de los musgos

En meses de estiaje (figura 21.A) el bosque LL1 almacena más agua (41.3 l/parcela) respecto al Bosque LL2 y la plantación QUI (35 y 30.3 l/parcela respectivamente). Mientras que en meses de lluvia (figura 21.B) es el bosque LL2 que almacena mayor cantidad de agua 779 l/parcela respecto al bosque LL1 y plantación QUI (448.8 y 444 l/parcela respectivamente). No se encontraron diferencias significativas entre el agua almacenada por cada sitio en ambas estaciones.

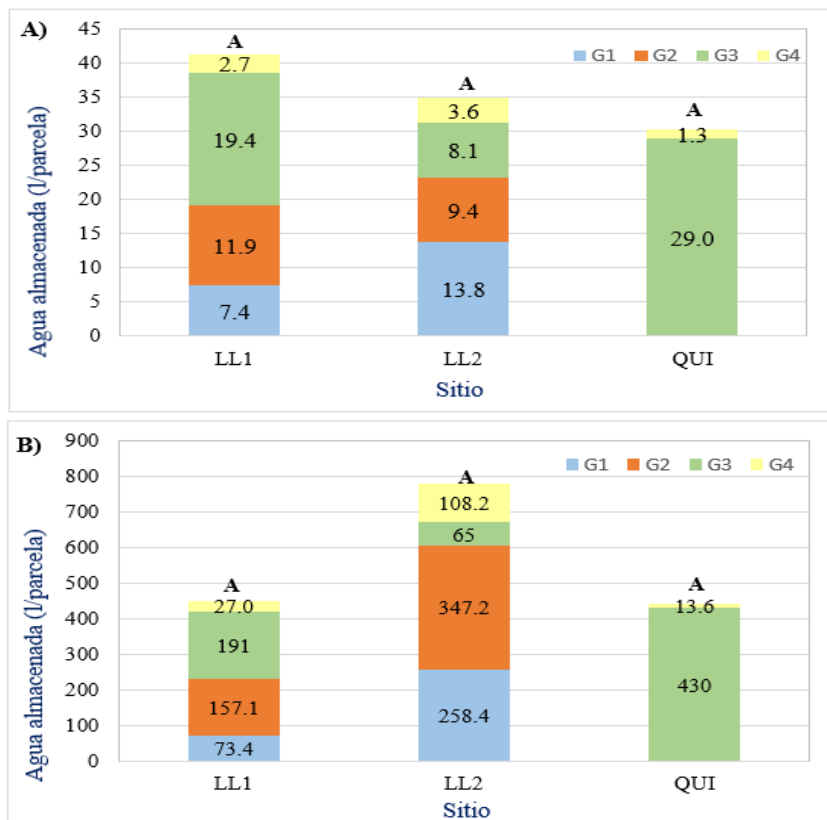


Figura 21. Almacenamiento de agua por grupos de musgos en cada sitio en (l/parcela) en meses de A. estiaje y B. lluvia.

En la tabla 9 se muestra la cantidad de agua almacenada por cada sitio en meses de estiaje, siendo el bosque LL1 el que más tendría más agua almacenada en sus musgos con 31,384 l, siendo el grupo de musgo 3 el que tiene un mayor aporte. En la tabla 10 se muestra la cantidad de agua almacenada por cada sitio en meses de lluvia, siendo el bosque LL1 el sitio que más agua almacena en sus musgos con 341,089 l, siendo los grupos 2 y 3 los que tienen mayor aporte.

*Tabla 9.* Agua almacenada por musgos que se desarrollan en suelo y roca en meses de estiaje.

Sitio	Extensión (ha)	Grupo de musgo	Agua retenida en campo (l/m <sup>2</sup> )	Cobertura de musgo (m <sup>2</sup> )	Agua almacenada por grupo (l)	Agua total almacenada por sitio (l)
LL 1	38	1	0.21	26,996	5,617	31,384
		2	0.17	53,715	9,012	
		3	0.28	51,933	14,729	
		4	0.28	7,204	2,026	
LL 2	1.3	1	0.25	1,422	359	909
		2	0.11	2,173	244	
		3	0.59	358	212	
		4	0.13	710	94	
QUI	2.9	3	0.27	6,203	1,682	1,755
		4	0.27	272	73	

*Tabla 10.* Agua almacenada por musgos que se desarrollan en suelo y roca en meses de lluvia.

Sitio	Extensión (ha)	Grupo de musgo	Agua retenida en campo (l/m <sup>2</sup> )	Cobertura de musgo (m <sup>2</sup> )	Agua almacenada por grupo (l)	Agua total almacenada por sitio (l)
LL 1	38	1	2.07	26,996	55,797	341,089
		2	2.22	53,715	119,434	
		3	2.80	51,933	145,351	
		4	2.85	7,204	20,507	
LL 2	1.3	1	4.72	1,422	6,718	20,253
		2	4.15	2,173	9,026	
		3	4.74	358	1,694	
		4	3.97	710	2,814	
QUI	2.9	3	4.02	6,203	24,964	25,753
		4	2.90	272	789	

En la tabla 11 se muestra el agua almacenada (l) por musgos epifitos en cada sitio. Siendo los musgos del bosque LL1 los que almacenan más cantidad de agua en meses de estiaje almacenando 1.13 y 17.31 litros respectivamente. Los valores son inferiores respecto al agua almacenada por musgos en suelo y roca.

Tabla 11. Agua almacenada por musgos epifitos en diferentes forófitos en cada bosque.

Temporada	Sitio	Extensión (ha)	Agua almacenada por género de árbol (l)			Total agua (l)
			<i>Polylepis</i>	<i>Gynoxys</i>	<i>Eucalyptus</i>	
Estiaje	LL1	38	0.793	0.341	-	1.135
	LL2	1.3	0.039	0.011	-	0.050
	QUI	2.9	0.024	-	0.001	0.025
Lluvias	LL1	38	13.253	4.059	-	17.313
	LL2	1.3	0.739	0.226	-	0.955
	QUI	2.9	0.374	-	0.007	0.380

#### 4.1.4. Historia de uso de suelo de los sitios de estudio

##### A) Quebrada de Llaca:

La quebrada Llaca está ubicada al este de la ciudad de Huaraz a una distancia aproximada de 22 km. Pertenece a la subcuenca Casca la cual tiene parte de su territorio dentro del Parque Nacional Huascarán. Por parte del Instituto Nacional de Investigación de Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), se obtuvo un mapa de cobertura de esta quebrada (ver Anexo 12) donde precisa 1,051.92 ha de afloramiento rocoso, 184.1 ha de pajonal andino, 148.67 ha de pastos y 81.15 ha de bosque relicto altoandino. A continuación, se presentan los principales eventos dados en la quebrada Llaca, que se complementa con el Anexo 13.

Antes de la creación del PNH:

De acuerdo con las entrevistas realizadas a pobladores de la zona, antes de la creación del Parque Nacional Huascarán, ellos usufructuaban los bosques de *Polylepis* de la zona para la obtención de leña para su autoconsumo y carbón como una actividad económica que les permitía obtener ingresos adicionales.

Construcción de la carretera a la laguna Llaca (1971 - 1972):

Debido al peligro de desborde que representaba la laguna Llaca para las zonas bajas de la subcuenca se iniciaron trabajos para desembalsarla. Entre los años 1971 y 1972 la Corporación Peruana del Santa construyó el campamento, la carretera e inicio los trabajos de tajo abierto. En 1974, ELECTROPERU continuó con los trabajos, concluyendo el corte a tajo abierto y construyendo el ducto de 48" de diámetro y una longitud de 22.6 m (42). La apertura de la carretera no afectó al bosque Llaca 1 ya que este no se encontraba en el trazo de estas, sin embargo, la carretera fragmentó al bosque Llaca 2 reduciendo su extensión inicial.

Creación del PNH (1975):

El 01 de julio de 1975 se crea el Parque Nacional Huascarán mediante Decreto Supremo N° 0622-75-AG, con una extensión de 340,000 ha, alberga la mayor reserva de glaciares tropicales del mundo y protege una de las zonas con mayor diversidad biológica y cultural del Perú. Fue declarado Reserva de Biósfera en 1977 y Patrimonio Natural de la Humanidad en 1985 por la UNESCO. Con la creación del PNH, se prohibió el aprovechamiento de los árboles de queñual, *Polylepis*, promoviendo su conservación (43).

Comité de Usuarios de Pastos (CUP) Llaca (1980 a la actualidad):

Al momento de la creación del Parque Nacional Huascarán, la mayor parte de su territorio tenían dueños, denominados patrones. Estas personas alquilaban sus pastos a quienes desearan pastear su ganado, cobrando anualmente el arriendo. El patrón tenía un mayordomo encargado, encargado de controlar el ingreso del ganado.

Con la Reforma Agraria de 1967 el Estado Peruano expropió estos territorios a los patrones, la parte alta queda como zona reservada y en la parte baja donde se desarrollaba la agricultura se organizan las comunidades campesinas, sin embargo, a pesar de la creación del Parque Nacional Huascarán y de ser declarada zona intangible, se observaba la presencia de ganado en todas las quebradas. Para solucionar este problema y al ver la necesidad de la población el 16 de setiembre de 1980, con Resolución Ministerial N° 01200-80-AA-DGFF, se resuelve considerar como área de pastos naturales aptas para el pastoreo del PNH, a aquellas zonas que por sus características ecológicas y fisiográficas permitan un uso temporal o continuado para el pastoreo sin deterioro de la capacidad productiva del recurso ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. De esta manera, se empezaron a organizar CUP para organizar a las personas que venían usufructuando los pastos desde antes de la creación del PNH en cada quebrada. Según datos recabados en las entrevistas el CUP de Llaca cuenta con 15 usuarios, que pertenecen a sectores como Cachipampa, Uquia y Marian, los cuales poseen ganado vacuno y equino. De acuerdo con su organización cada usuario debe realizar el turno de cuidar el portal de ingreso a la quebrada y conteo el ganado de acuerdo con el número de ganado que este posea dentro de la quebrada, por cada animal le corresponde un día de turno, siendo estos rotativos. Asimismo, según la información recabada no se registraron incendios en la quebrada Llaca.

B) Quillcayhuanca:

La quebrada Quillcayhuanca se ubica a una hora de la ciudad de Huaraz, pertenece a la subcuenca del río Quillcay, se encuentra al interior de la Zona de Uso Especial del PNH y del área empleada por el Comité de Usuarios de Pastos Naturales. A continuación, se presentan los principales eventos dados en la plantación de Quillcayhuanca, que se complementa con el Anexo 14.

Historia de la plantación:

Según una entrevista realizada al guardaparque Pompeyo Guillen, trabajador del PNH desde su creación. La zona donde hoy se encuentra la plantación de Quillcayhuanca antes era un pastizal con pocos arbustos y árboles de quisuar y queñual. En el año 1978 se implementó un pequeño vivero para propagar queñual. Los cuales se plantaban dentro del PNH, así como en zonas aledañas, en un inicio se dio prioridad a las especies de la zona como *Polylepis weberbaueri* y *Polylepis albicans*. Para ello se empezó con la propagación por semillas, que tuvieron un buen rendimiento, sin embargo, a medida que crecían las plantas fueron muriendo por ser muy delicadas. Luego se usaron plántulas traídas de bosques cercanos, las cuales tenían un mejor prendimiento que las plantas obtenidas por semilla, sin embargo, su crecimiento era muy lento. También se intentó propagar *P. albicans* y *P. weberbaueri*, mediante esquejes, sin embargo, el prendimiento fue nulo. Es así que, se empezaron a propagar otras especies como *Polylepis incana*, traída del callejón de Conchucos, y *Polylepis racemosa* traída de Yungay, mediante esquejes, ya que estas especies eran más prolíficas, con fines de reforestar otras áreas del PN Huascarán. La plantación de eucaliptos se realizó posteriormente con la finalidad de ser fuente de leña y madera y de esta manera evitar la tala de queñual y otros árboles nativos. El vivero en funcionamiento hasta el año 2000. En la actualidad se puede observar una plantación de 45 años de antigüedad, donde árboles de *Polylepis* y *Eucalyptus* se desarrollan juntos en estratos marcados, siendo los árboles de *Eucalyptus* los más altos, se observó que generan gran cantidad de hojarasca que limita el desarrollo de musgos. En las salidas se observaron algunos árboles de queñual rotos producto de la caída de troncos de Eucalipto los cuáles son aprovechados por los pobladores, para la obtención de leña y madera.

Comité de Usuarios de Pastos (CUP) Quillcayhuanca:

Según datos recabados en las entrevistas, el CUP de Quillcayhuanca cuenta con 240 usuarios, cuyos integrantes pertenecen a sectores como Tayacoto, Unchus, Marian, Ancco Chico, Ancco Grande, los

cuales poseen ganado vacuno, ovino y equino. Cada usuario tiene el deber de cuidar la portada de ingreso a la quebrada y realizar un conteo del ganado, por cada animal realizan un día de turno.

#### 4.1.5. Estructura forestal

Se evaluaron 369 individuos adultos, 286 del género *Polylepis*, 66 del género *Gynoxys* y 17 del género *Eucalyptus* en los bosques de Llaca y la plantación de Quillcayhuanca.

Tabla 12. Número de árboles evaluados por género.

Sitio	Género árbol		
	<i>Polylepis</i>	<i>Gynoxys</i>	<i>Eucalyptus</i>
Llaca 1	100	31	-
Llaca 2	114	35	-
Quillcayhuanca	72	-	17

#### A) Distribución del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP):

##### *Polylepis spp.*

En el bosque Llaca 1 de 100 árboles evaluados de la especie *Polylepis weberbaueri* (figura 22a), 48 árboles se encuentran dentro de la primera clase diámetrica (10 - 15 cm), 43 dentro de las clases (15 - 20 cm y 20 - 25 cm). Asimismo, el DAP mínimo registrado fue de 10 cm y el máximo de 51.5 cm. Al realizar el histograma, se muestra una distribución asimétrica positiva.



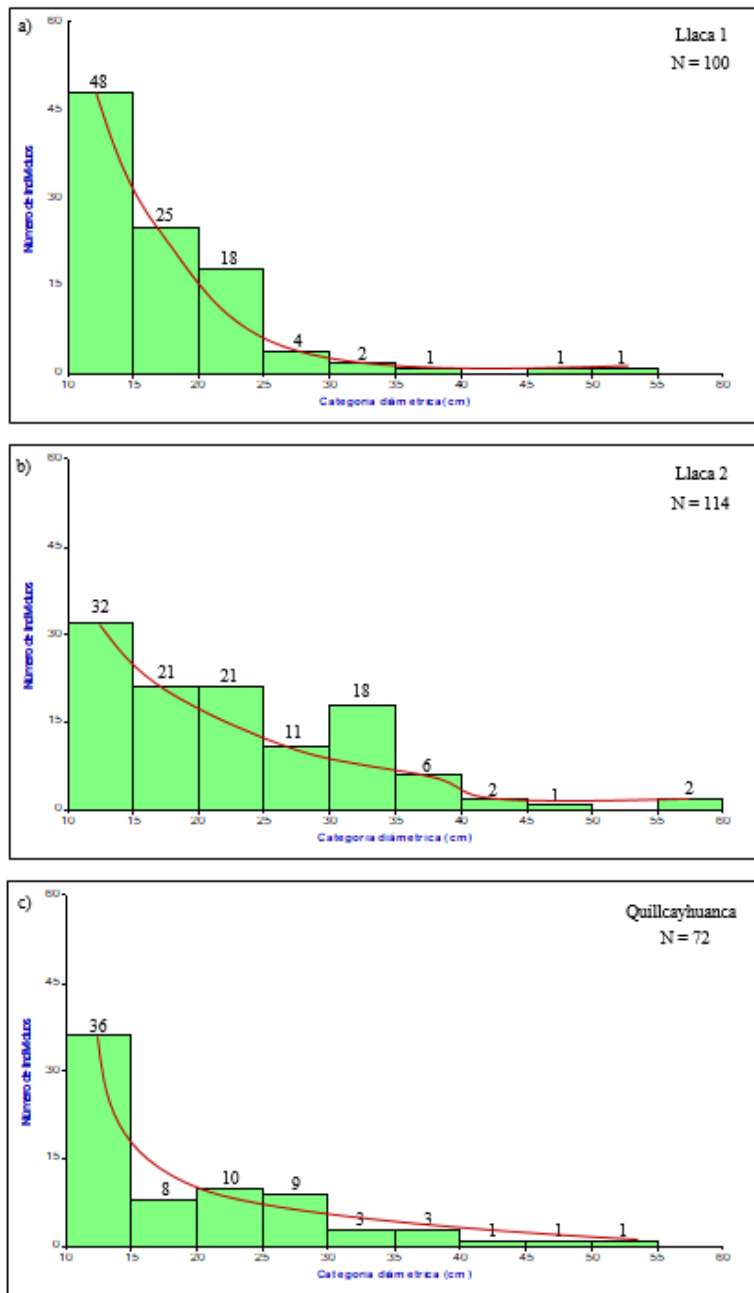


Figura 22. Distribución del DAP (cm) de árboles del género *Polylepis* en los bosques: Llaca 1 (a), Llaca (b) y Quillcayhuanca (c).

En el bosque Llaca 2 de 114 árboles evaluados de la especie *Polylepis weberbaueri* (ver figura 22b), 32 árboles se encuentran en la primera clase diámetrica (10 - 15 cm), 42 dentro de las clases (15 - 20 cm y 20 - 25 cm). Asimismo, se registró un DAP mínimo de 10 cm y un máximo de 57.9 cm. En el histograma realizado se observa una distribución asimétrica positiva.

En Quillcayhuanca se evaluaron 72 individuos de la especie *Polylepis albicans* (ver figura 22c), en el histograma realizado se observa una distribución asimétrica positiva donde 36 árboles se encuentran en la primera clase diamétrica (10 - 15 cm), 18 dentro de las clases (15 - 20 cm, 20 - 25cm). Asimismo, se registró un DAP mínimo de 10.2 cm y uno máximo de 50.1 cm.

#### *Gynoxys spp.*

En Llaca 1 se evaluaron 31 individuos del género *Gynoxys sp.* (ver figura 23a), donde 18 individuos se encuentran en la primera clase diamétrica (10 - 15 cm), 5 en la clase (15 - 20 cm). Se registró un DAP mínimo de 10.10 cm y uno máximo de 29.78 cm.

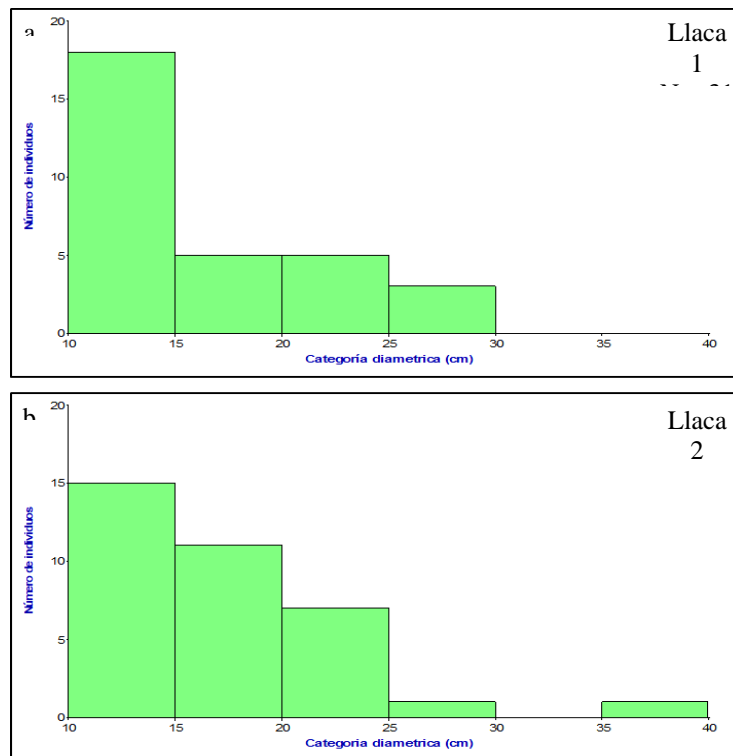


Figura 23. Distribución del DAP (cm) de árboles del género *Gynoxys* en los bosques de Llaca.

En Llaca 2 se evaluaron 35 individuos del género *Gynoxys* (ver figura 23b), donde 15 se encuentran dentro la primera clase diamétrica (10 - 15 cm), 11 en la segunda clase (15 - 20 cm) y 1 individuo en la sexta clase diamétrica (35 - 40 cm).

B) Densidad de árboles en los bosques:

Para árboles del género *Polylepis* se tienen mayor cantidad de árboles en los bosques de Llaca, respecto a la plantación de Quillcayhuanca (tabla 13). Mientras que en árboles del género *Gynoxys* las cantidades son similares en los bosques de Llaca.

Tabla 13. Número de árboles por género por cada sitio.

Sitio	Área del sitio (ha)	Densidad (árboles/ha)			Total
		<i>Polylepis</i>	<i>Gynoxys</i>	<i>Eucalyptus</i>	
LL1	35.8	713	207	-	920
LL2	1.29	747	240	-	987
QUI	2.81	500	-	113	613

C) Cobertura forestal:

Se observan diferencias en las coberturas de parcelas dentro de un mismo bosque (tabla 14), sin embargo, no existen diferencias significativas ( $p = 0.34$ ) entre las medias de cobertura de árboles del género *Polylepis* de los 3 sitios de estudio.

Tabla 14. Cobertura forestal (%) por parcela y sitio de estudio.

Sitio	Cobertura Forestal (%)		
	<i>Polylepis</i>	<i>Gynoxys</i>	<i>Eucalyptus</i>
LL1	93.63 <sup>a</sup>	16.1	-
LL2	79.85 <sup>a</sup>	12.6	-
QUI	122.96 <sup>a</sup>	-	62.7

4.1.6. Microclima

A) Temperatura:

En Llaca 1, durante los meses de estiaje (figura 24A) se registraron temperaturas desde 1.9°C a 10.2°C, registrándose las mayores temperaturas entre las 11 y 15 horas. No se observaron diferencias

significativas en las temperaturas dentro y fuera del bosque. En los meses de lluvia (figura 25A), se registraron temperaturas desde 1.7°C a 7.3°C, en esta temporada no se observaron diferencias significativas dentro y fuera del bosque.

En Llaca 2, durante los meses de estiaje (figura 24B), se registraron temperaturas desde 1.7°C a 8.5°C dentro del bosque y temperaturas de 1.6°C a 11.5°C fuera del bosque. Se observaron diferencias significativas ( $p = 0.04$ ) en las temperaturas dentro y fuera del bosque entre las 8 y 19 horas. En los meses de lluvia (figura 25B), se registraron temperaturas desde 2.2°C a 7.2°C dentro del bosque y temperaturas de 2°C a 10.4°C fuera del bosque.

En Quillcayhuanca, durante los meses de estiaje (figura 24C), se registraron temperaturas desde 4.5°C a 12.9°C dentro de la plantación y temperaturas de 3.9°C a 16.2°C fuera de la plantación. En los meses de Lluvia (figura 25C), se registraron temperaturas desde 3.3°C a 14.8°C dentro de la plantación y temperaturas de 1.9°C a 16.6°C fuera de la plantación.

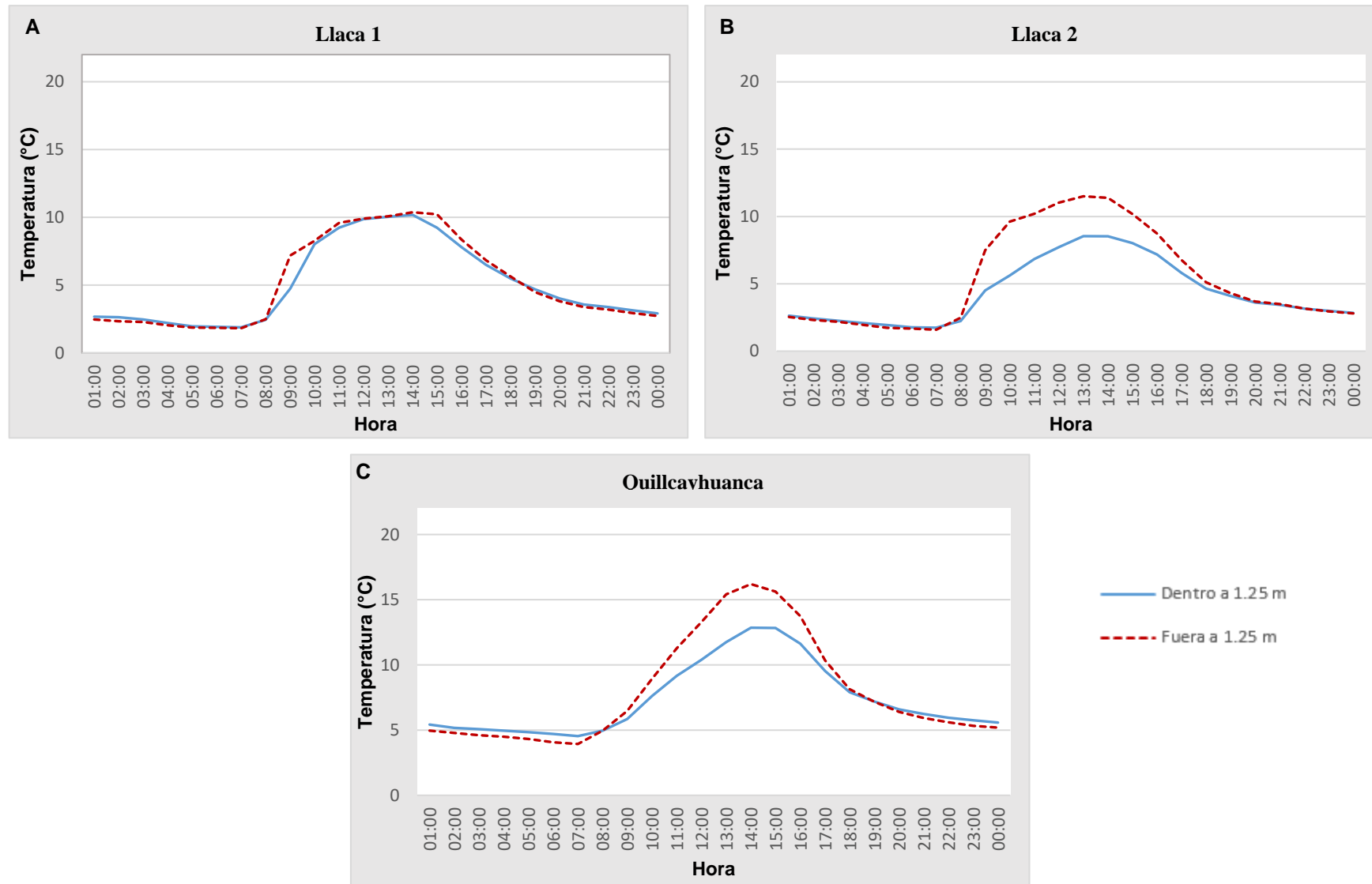


Figura 24. Temperatura horaria de los sitios de estudios en meses de estiaje A. Llaca 1, B. Llaca 2 y C. Quillcavhuanca.

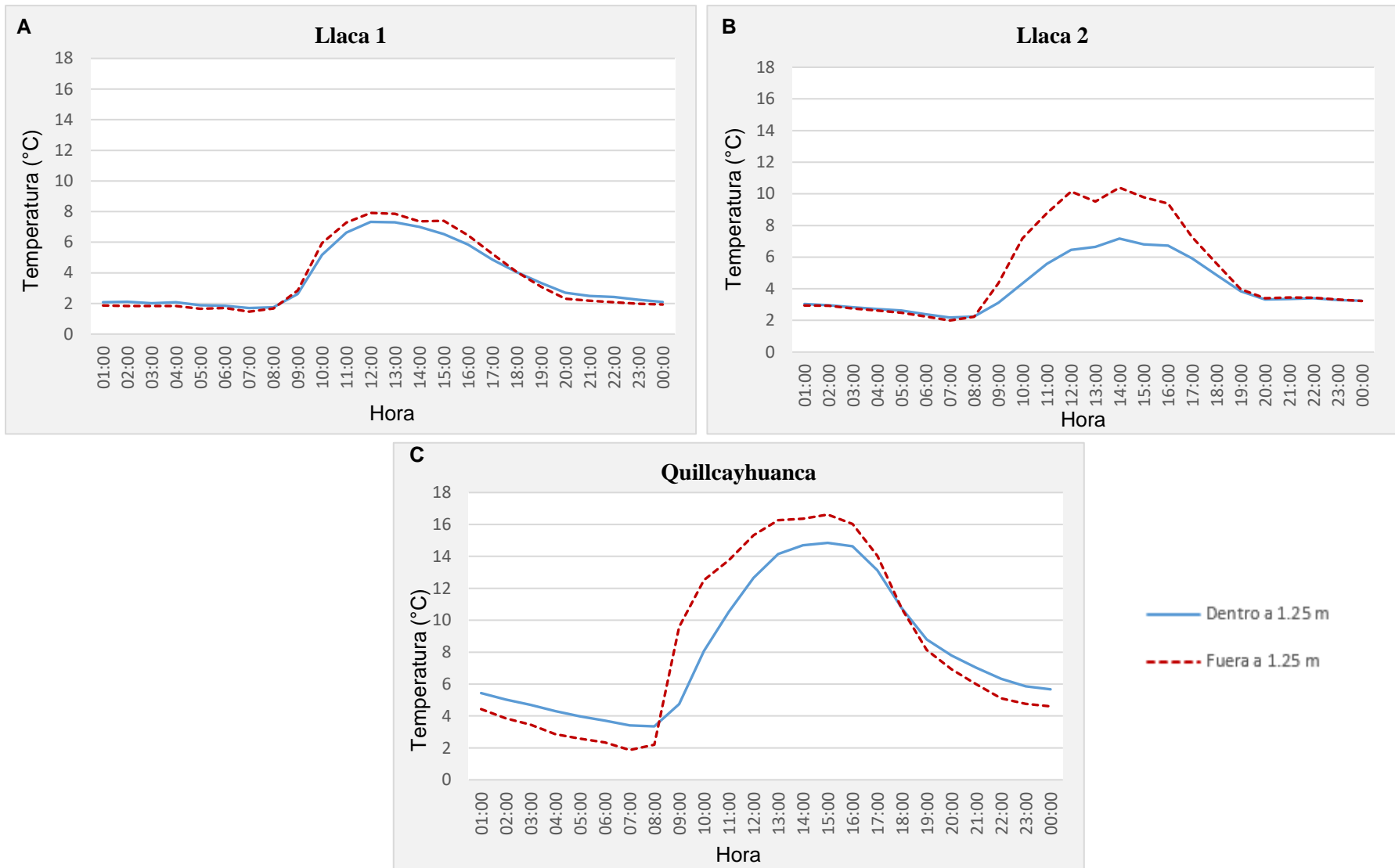


Figura 25. Temperatura horaria de los sitios de estudios en meses de lluvia A. Llaca 1, B. Llaca 2 y C. Quillcayhuanca.

## B) Humedad:

En Llaca 1, durante los meses de estiaje (figura 26A) se registraron humedades relativas desde 79.2 a 97.7 % HR dentro del bosque. No se observaron diferencias significativas en la humedad relativa dentro y fuera del bosque. En los meses de lluvia (figura 27A), se registraron humedades relativas desde 98.1 a 99.8 % HR dentro del bosque, en esta temporada no se observaron diferencias significativas dentro y fuera del bosque.

En Llaca 2, durante los meses de estiaje (figura 26B) se registraron humedades relativas desde 87 a 98.7 % HR dentro del bosque y 69.8 a 97.2 % HR fuera del bosque. No se observaron diferencias significativas en la humedad relativa dentro y fuera del bosque. En los meses de lluvia (figura 27B), se registraron humedades relativas desde 95.8.2 a 98.8 % HR dentro del bosque y 84.6 a 99 % HR fuera del bosque.

En Quillcayhuanca, durante los meses de estiaje (figura 26C) se registraron humedades relativas desde 78 a 99 % HR. No se observaron diferencias significativas en la humedad relativa dentro y fuera de la plantación. En los meses de lluvia (figura 27C), se registraron humedades relativas desde 52.9 a 97.9 % HR dentro de la plantación y humedades relativas desde 49.7 a 94.4 % HR fuera de la plantación, en esta temporada no se observaron diferencias significativas dentro y fuera de la plantación.

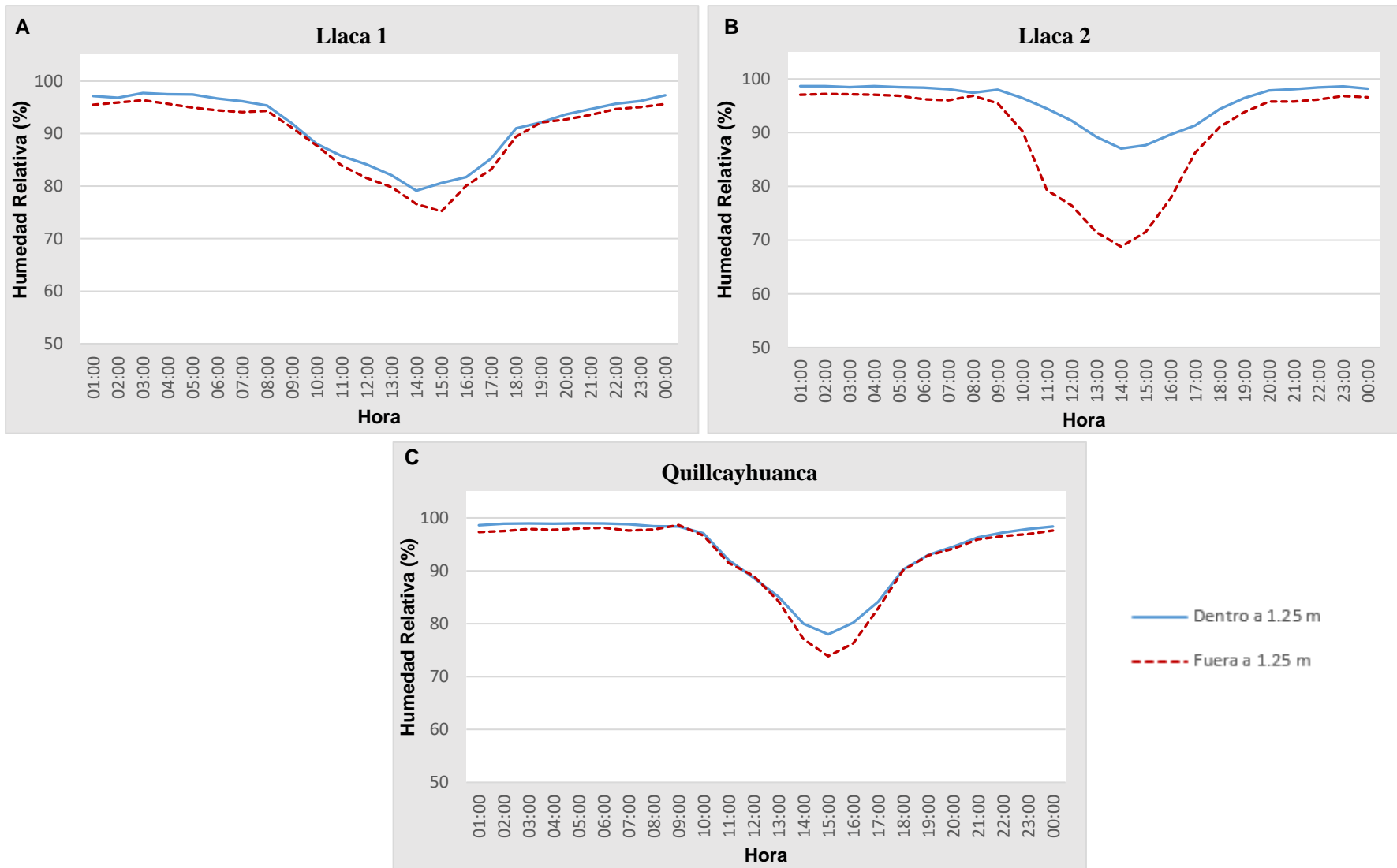


Figura 26. Repartición diaria de la Humedad Relativa (%) en los sitios de estudio en meses de estiaje en A. Llaca 1, B. Llaca 2 y C. Quillcayhuanca.



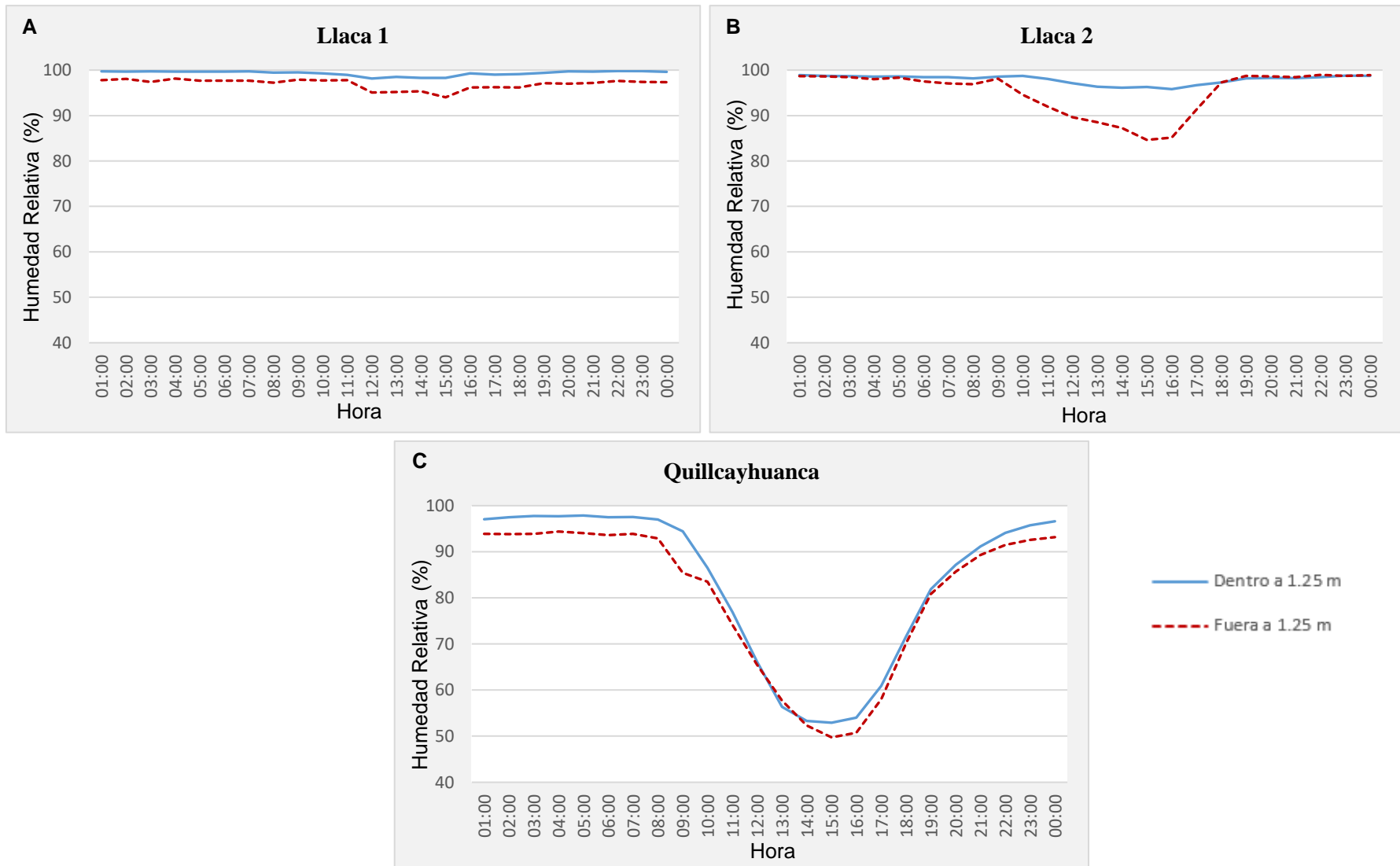


Figura 27. Repartición diaria de la Humedad Relativa (%) en los sitios de estudio en meses de lluvia en A. Llaca 1, B. Llaca 2 y C. Quillcayhuanca.

Tabla 15. Resumen de las principales características de los sitios de estudio.

Características	Sitio			
	Llaca 1	Llaca 2	Quillcayhuanca	
Origen	Bosque natural	Bosque Natural	Plantación (45 años de antigüedad)	
Fisiografía	-Pendiente de 41° -Gran presencia de rocas (7.8 %) -Abundancia de micrositos.	-Pendiente de 35° -Gran presencia de rocas (8.6 %) -Abundancia de micrositos.	-Pendiente 6° -Poca presencia de rocas -Homogeneidad de micrositos.	
Historia de uso de suelo	Conservado y aislado naturalmente por una quebrada.	Afectado por la construcción de una carretera que fragmento el bosque original hace 50 años.	Pastizal antiguo donde se realizó forestación de queñual y eucalipto. Actualmente se da la extracción de eucalipto.	
Géneros de árboles	<i>Polylepis weberbaueri</i> Densidad = 713 DAP = 18.3 cm Cobertura forestal = 95.5 %	<i>Polylepis weberbaueri</i> Densidad = 747 DAP = 22.6 cm Cobertura forestal = 83.3 %	<i>Polylepis spp.</i> Densidad = 500 DAP = 20.3 cm Cobertura forestal = 127.7 %	
	<i>Gynoxys spp.</i> Densidad = 207 DAP = 16.8 cm Cobertura forestal = 16.1 %	<i>Gynoxys spp.</i> Densidad = 240 DAP = 17.3 cm Cobertura forestal = 12.6 %	<i>Eucalyptus sp.</i> Densidad = 113 DAP = 37.6 cm Cobertura forestal = 62.7 %	
	<b>Estiaje</b> Temperaturas de 1.9 a 10.2 °C % HR de 79.2 a 97.7	<b>Estiaje</b> Temperaturas de 1.7 a 8.5 °C % HR de 87 a 98.7	<b>Estiaje</b> Temperaturas de 4.5 a 12.9 °C % HR de 78 a 99	
	<b>Lluvias</b> Temperaturas de 1.7 ° a 7.3 °C % HR de 98.1 a 99.8	<b>Lluvias</b> Temperaturas de 2.2 ° a 7.2 °C % HR de 95.8 a 98.8	<b>Lluvias</b> Temperaturas de 3.3 ° a 14.8 °C % HR de 52.9 a 97.9	
	Cobertura de musgos	En suelo y roca: 36.8% <sup>a</sup> En árboles: 16.7% <sup>a</sup>	En suelo y roca: 35.9% <sup>a</sup> En árboles: 13.8% <sup>a</sup>	En suelo y roca: 22.3% <sup>b</sup> En árboles: 4.4% <sup>b</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias significativas.

#### 4.1.7. Influencia de la estructura forestal en la abundancia de musgos

Se analizaron los datos de estructura como densidad, DAP, cobertura forestal de los árboles de cada sitio con la finalidad de determinar su influencia en la abundancia de los musgos por cada parcela. Después de un análisis previo, se determinó que la cobertura forestal era la variable mostraba una mejor correlación con la abundancia de musgos.

Tabla 16. *Abundancia de musgos y cobertura forestal de Polylepis sp. por parcela de cada sitio.*

Sitio	Parcela	Cobertura forestal de <i>Polylepis sp.</i>	Abundancia de musgos (%)	
			Suelo	Árboles
Llaca 1	1	137.99	38.04	11.62
	2	92.91	35.63	14.20
	3	49.98	37.92	21.23
Llaca 2	1	82.92	21.58	9.16
	2	64.45	41.60	13.35
	3	92.18	38.67	21.74
Quillcayhuanca	1	94.72	25.15	4.69
	2	111.70	17.83	7.44
	3	160.06	22.57	4.68

Para continuar con los análisis se realizó una prueba de normalidad a las variables a evaluar, obteniendo que las 3 variables obtuvieron un p-valor > 0.05, por lo tanto, tienen una distribución normal y se pueden realizar pruebas paramétricas.

Tabla 17. *Pruebas de normalidad de cobertura forestal de Polylepis y abundancia de musgos.*

Variable	Prueba	Estadístico	P-Valor
Cobertura forestal de <i>Polylepis</i>	Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.955	0.743
Abundancia de musgos epifitos	Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.866	0.110
Abundancia de musgos suelo	Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.914	0.339

Para cuantificar la correlación se procedió a realizar pruebas de regresión en el programa Statgraphis, teniendo como variable independiente a la cobertura forestal de árboles de *Polylepis sp.* y variables dependientes a la cobertura de musgos en suelo y en árboles.

En árboles:

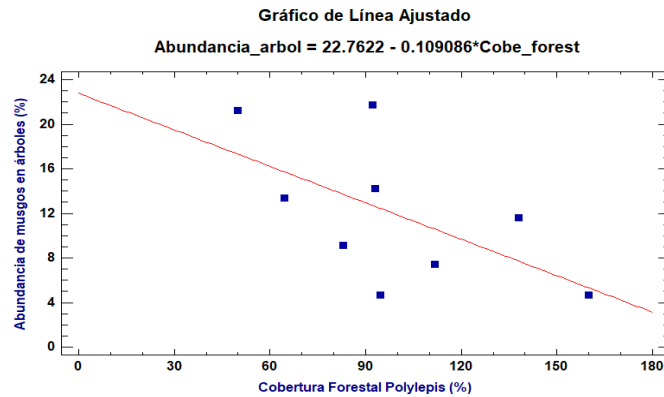


Figura 28. Regresión de la cobertura forestal de *Polylepis sp.* y la abundancia de musgos en árboles.

Existe una tendencia de que a mayor cobertura forestal de árboles de *Polylepis sp.* se tiene una menor abundancia de musgos epifitos (figura 29), con un coeficiente de correlación de  $-0.59$ , indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables  $R^2$  ajustado = 0.25,  $p = 0.096$ , sin embargo, ya que se obtuvo un valor  $p = 0.0961$  en la tabla ANOVA, que es mayor a 0.05, no hay una relación estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %.

En suelo y roca:

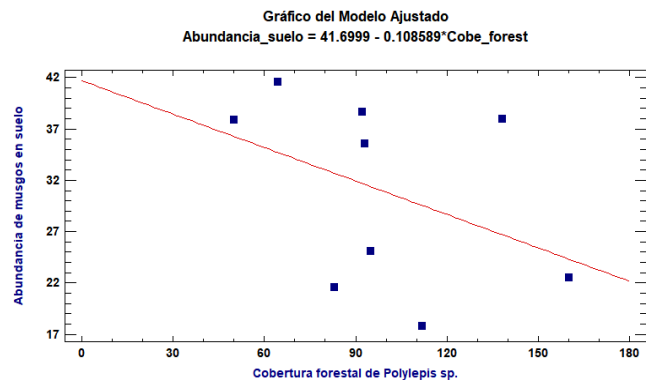


Figura 29. Regresión entre cobertura forestal y abundancia de musgos del suelo.

Existe una tendencia de que a mayor cobertura forestal de árboles de *Polylepis sp.* se tiene una menor abundancia de musgos del suelo, con un coeficiente de correlación de = -0.41, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables  $R^2$  ajustado = 0.05,  $p = 0.273$ , sin embargo, la correlación no es significativa.

#### 4.1.8. Influencia del microclima interior de cada sitio en la abundancia de musgos

Se relacionaron datos de temperatura (°C) y humedad relativa (%) con datos de abundancia de musgos, sin embargo, solo se tienen 3 datos correspondiente al monitoreo del microclima al interior de cada sitio por lo que los resultados no son determinantes.

Temperatura:

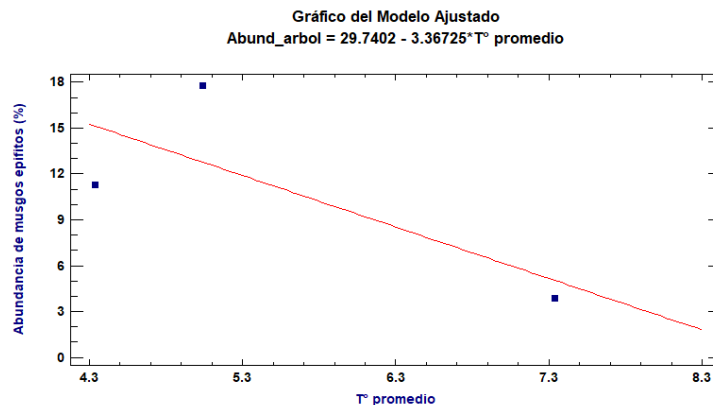


Figura 30. Regresión entre temperatura interior de los sitios de estudio y abundancia de musgos epífitos.

Existe una tendencia de que a mayor temperatura promedio (°C) se tiene una menor abundancia de musgos epífitos, con un coeficiente de correlación de = - 0.76, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables. Se tiene  $R^2$  ajustado = 0.15 y un valor  $p = 0.45$  por lo que la correlación no es estadísticamente significativa.

Humedad relativa (%):

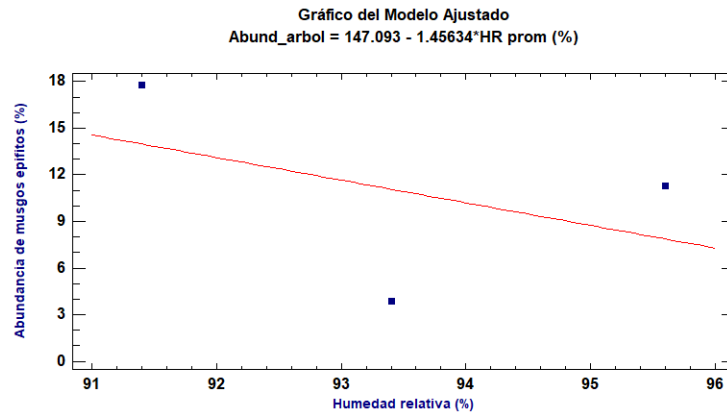


Figura 31. Regresión entre humedad relativa de los sitios de estudio y abundancia de musgos epífitos.

Existe una tendencia de que a mayor humedad relativa (%HR) se tiene una menor abundancia de musgos epífitos, con un coeficiente de correlación de  $-0.44$ , indicando una relación relativamente débil entre las variables. Se tiene  $R^2$  ajustado  $= -0.61$  y un valor  $p = 0.7101$  por lo que la correlación no es estadísticamente significativa.

#### 4.2. Prueba de hipótesis

Para validar la hipótesis general planteada, se realizaron pruebas de normalidad con la finalidad determinar el tipo de pruebas estadísticas a usar con el fin de evaluar la influencia de la estructura y microclima interior de los sitios de estudio en la cobertura y capacidad de almacenamiento de agua de los musgos. Para las pruebas de hipótesis se planteó:

\* $H_0$ : Los datos analizados siguen significativamente una distribución normal.

\* $H_i$ : Los datos analizados no siguen significativamente una distribución normal.

Se consideró el siguiente criterio para la elección de la hipótesis:

\*Si: El valor  $p \leq \alpha$  (0.05), se rechaza la  $H_0$

\*Si: El valor  $p > \alpha$  (0.05), se acepta la  $H_0$

En la tabla 16 se observan los promedios de cobertura de musgos en suelo y árboles. Asimismo, la capacidad de almacenamiento de agua en meses de estiaje y lluvia de cada parcela de los sitios de estudio, estos datos fueron evaluados en el programa Statgraphics.

Tabla 18. *Capacidad de almacenamiento de agua en campo promedio por sitio y estacionalidad.*

Sitio	Parcela	Cobertura de musgos (%)		Capacidad de almacenamiento de agua (l)	
		Suelo	Árboles	Estiaje	Lluvia
Llaca 1	1	38	11.6	81.33	410.14
	2	35.6	14.2	24.19	496.77
	3	37.9	21.2	20.55	518.25
Llaca 2	1	21.6	9.2	14.03	494.98
	2	41.6	13.4	51.68	1022.23
	3	38.7	21.7	32.83	734.55
Quillcayhuanca	1	25.1	4.7	37.90	599.08
	2	17.8	7.4	18.63	294.15
	3	22.6	4.7	30.92	397.17

Prueba de normalidad:

Ya que la cantidad de datos de cada parámetro evaluado era menor de 50, se utilizó el estadístico de Shapiro-Wilk, en la tabla se presentan los valores p obtenidos. Los cuales son mayores a 0.05, por lo que se puede indicar que los datos siguen una distribución normal. Por lo tanto, es posible emplear pruebas paramétricas, en este caso se eligió el Análisis de Varianza (ANOVA).

Tabla 19. *Capacidad de almacenamiento de agua en campo promedio por sitio y estacionalidad.*

Parámetro	Estadístico	P-Valor
Cobertura de musgos en suelo	0.867	0.112
Cobertura de musgos en árboles	0.914	0.339
Capacidad de almacenamiento de agua en estiaje	0.854	0.08
Capacidad de almacenamiento de agua en lluvia	0.889	0.19

Análisis de Varianza (ANOVA):

\*H<sub>i</sub>: Se espera que los bosques presenten musgos con mayor cobertura y capacidad de almacenamiento de agua que la plantación de queñual (*Polylepis*), ya que los bosques presentan una estructura forestal compleja y microclima favorable permite una mayor abundancia de estos musgos.

\*H<sub>0</sub>: Se espera que los bosques no presenten musgos con mayor cobertura y capacidad de almacenamiento de agua que la plantación de queñual (*Polylepis*), ya que la estructura forestal compleja y microclima favorable no influyen en la abundancia de estos musgos.

Tabla 20. *Análisis de varianza del almacenamiento de agua en campo promedio por sitio y estacionalidad.*

Parámetros	P-Valor
Almacenamiento de agua en meses de estiaje	0.79
Almacenamiento de agua en meses de lluvias	0.14

Para probar esta hipótesis, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) comparando la capacidad de almacenamiento de agua de los musgos entre sitios: dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis*), con el fin de buscar diferencias significativas, demostrando que la plantación presenta menor abundancia de musgos de suelo y roca; y árboles que los bosques ( $p = 0.0003$  y  $p < 0.0001$  respectivamente), sin embargo, al comparar la capacidad de almacenamiento entre sitios no se encontraron diferencias; en los meses de estiaje se obtuvo un valor  $p = 0.79$  y para los meses de lluvia un valor  $p = 0.14$ , al ser ambos valores mayores a 0.05 se puede afirmar con un 95 % de confianza, de que no existen diferencias significativas entre el almacenamiento de agua de los musgos de los bosques y plantación, es decir, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula. Es posible que no haya diferencias significativas entre bosques y plantación debido a que los G1 y G2 de musgos no se presentan en la plantación, mientras que el G3 de musgos, tiene mayor cobertura en la plantación. El G2 tiene una capacidad máxima de almacenamiento de agua significativamente menor que el G3. Asimismo, en meses de lluvia el G4 tiene una capacidad de almacenamiento de agua en campo significativamente mayor a los G1 y G2 (427 % vs 329 % y 295 % respectivamente).



#### 4.3. Discusión de resultados

En este estudio se seleccionaron musgos con alta capacidad de almacenamiento, que fueron diferenciados en 4 grupos que contenían musgos con formas de crecimiento y desarrollo similar, pero que representaron a géneros y familias diferentes. Los grupos 1 y 2 tenían musgos representantes de las familias Leucobryaceae y Grimmiaceae, que se encontraron sólo en los bosques naturales de Llaca. Esto puede deberse a la diferencia microambientes existentes en los bosques naturales LL1 y LL2, que tienen una pendiente moderada (41° y 35° respectivamente) y mayor presencia de rocas de 7.8 % a 8.6 % respectivamente. Por otro lado, la plantación de Quilcayhuanca presento una pendiente baja de 6° aproximadamente y menor cantidad de micrositios debido a la baja presencia de rocas. Al respecto, Churchill *et al.* (29) indican que los musgos de la familia Grimmiaceae crecen exclusivamente sobre rocas; Zúñiga (44) reporta la familia Grimmiaceae para bosques relictos de queñual en Pasco. Mientras que, Delgado y León (15) reportan la presencia de la familia Leucobryaceae para los bosques de *Polylepis sericea* en el Estado de Mérida, Venezuela. Esto indicaría que las condiciones microambientales de la plantación de Quilcayhuanca no han generado condiciones microambientales que permitan el desarrollo de algunas familias de musgos que son comunes en los bosques naturales. Estos grupos de musgos, de acuerdo con los datos presentados en esta tesis, tienen una alta capacidad de retención de agua y son los que se presentan con mayor abundancia en los troncos de los árboles.

De las familias de musgos reportadas por la presente investigación, se tiene que Delgado y León (15) reportaron 29 familias de musgos en los bosques de *Polylepis sericea* en el Estado de Mérida, Venezuela, de las cuales se reportan las familias Leucobryaceae, Orthotrichaceae y Pottiaceae en los sitios estudiados (grupo 1 y 3). Asimismo, Saji *et al.* (17) reportaron musgos epifitos de 13 familias en bosques de *Polylepis sp.* en Urubamba, Perú, de las cuales se reportan: Orthotrichaceae, Pottiaceae y Semathophyllaceae en el presente estudio (grupo 3 y 4). Por otro lado, Zúñiga (44) reporta musgos de la familia Grimmiaceae en bosques relictos de quinal *Polylepis sp.* de la región Pasco, Perú, esta familia también se reporta en el presente estudio (grupo 2).

La cobertura en suelo y roca de los grupos de musgos seleccionados fue mayor en los bosques naturales de Llaca que en la plantación de Quillcayhuanca. Esto puede deberse, además de la ausencia de rocas como sustrato para el desarrollo de los musgos y a la presencia de hojarasca de *Eucalyptus sp.* en el suelo. Los árboles de eucalipto generan una gran cantidad de hojarasca (*Aranda com. pers.*), que puede tener un alto contenido de aleloquímicos según Ballester *et al.* (45) que pueden limitar el desarrollo de varias especies de plantas, lo que podría afectar también a los musgos, sin embargo, en la plantación de Quillcayhuanca se encuentra una mayor abundancia en el suelo (21 %) de los musgos del grupo 3, que en los bosques naturales. Asimismo, los musgos del grupo 4 se encuentran con mayor frecuencia, creciendo en la base de troncos de *Eucalyptus sp.*, lo que podría mostrar que los musgos de ambos grupos toleran o incluso se ven favorecidos por las condiciones que genera el eucalipto.

Respecto a la capacidad máxima de almacenamiento de agua, Montenegro *et al.* (14) reportaron que los musgos del páramo de Chingaza, Colombia, tuvieron una capacidad del 170 % al 2,300 % de su peso seco, por otro lado, Köhler *et al.* (13) reportaron que los musgos epifitos de los bosques nubosos montanos en la cordillera de Tilarán, Costa Rica tienen una capacidad del 36 % al 418 % de su peso seco. En el presente estudio, la capacidad máxima de almacenamiento de agua de los grupos de musgos se estimó entre 620.3 % y 899 % de su peso seco. En el caso del grupo 2, *Racomitrium sp.*, la capacidad máxima de almacenamiento de agua promedio fue 620 % su peso seco, un valor mucho mayor al 170 % reportado por Montenegro *et al.* (14) para el musgo *Racomitrium crispipilum*. Por otro lado, Hoyos (46) reporta que el musgo *Campylopus jamesonii* tiene una capacidad máxima de almacenamiento de agua del 763.7 % de su peso seco, mientras que en el presente estudio se reporta una capacidad de 750.7 % para los musgos del género *Campylopus sp.* (grupo 1).

La capacidad de almacenamiento de agua en campo de los musgos no es constante, según lo reportado por Montenegro *et al.* (14) el contenido de agua varía según las condiciones meteorológicas. Teniendo que *Racomitrium crispipilum* puede tener un contenido de agua del 170 % al 60 % de su peso seco. Respecto a los grupos de musgos estudiados, como se esperaba, la capacidad de almacenamiento de agua en campo fue significativamente menor en meses de estiaje respecto a los meses de lluvia. A pesar de que los bosques naturales de

Llaca tienen mayor cobertura de musgos que la plantación de Quillcayhuanca, no se encontraron diferencias significativas entre el almacenamiento de agua de los grupos de musgos seleccionados en los sitios de estudio. Esto puede explicarse debido a que el grupo 3, familias Orthotrichaceae y Pottiaceae presenta mayor cobertura en la plantación (21.4 % en suelo y roca) y tiene una alta capacidad de almacenamiento de agua en campo (427.6 %).

El agua almacenada por la comunidad de musgos varió según los sustratos en que fueron colectados, teniendo que en los bosques LL1 y LL2 durante los meses de estiaje los musgos que se desarrollan en suelo y roca almacenaron en promedio 762.73 l/ha, mientras que los musgos epifitos almacenaron 0.03 l/ha. Asimismo, en los meses de lluvia los musgos de los bosques que se desarrollaron en suelo y roca almacenaron en promedio 12,277.63 l/ha mientras que los musgos epifitos almacenaron solo 0.6 l/ha. Los valores reportados en el presente estudio para los musgos epifitos en bosques de *Polylepis sp.* son muy inferiores a lo reportado por Köhler *et al.* (13) en bosques nubosos de Costa Rica (43,719 l/ha), y mucho menores a los que indica Chantarranapoint (12) en bosques de montaña para musgos epifitos del sur de Tailandia (1,500 l/ha). Esta diferencia entre el almacenamiento de agua de musgos epifitos se debe principalmente a las diferencias en precipitación y características propias de cada ecosistema. Así también, la presencia o ausencia de determinadas familias de musgos, con su respectiva capacidad de almacenamiento de agua. Asimismo, se puede indicar que los musgos de suelo y roca tienen mayor aporte al almacenamiento de agua que los musgos epifitos en los sitios estudiados.

A partir de los resultados obtenidos, se puede estimar la contribución que pueden tener los musgos en el almacenamiento de agua en los bosques de queñual. Aunque en este caso se ha trabajado con los musgos con mayor potencial, se encontró que es muy importante conocer mejor de las características anatómicas que permiten a los diferentes tipos de musgo almacenar agua y las condiciones que favorecen el desarrollo de los diferentes grupos de musgos. Así se podría sugerir estrategias para que las plantaciones que actualmente se realizan a nivel nacional, incluyan no sólo árboles de *Polylepis sp.*, sino también la generación de condiciones medioambientales que favorezcan del desarrollo de musgos con el fin de mejorar la capacidad de almacenamiento de agua de estos ecosistemas.

## CONCLUSIONES

1. Respecto a la capacidad de almacenamiento de agua de los musgos. En meses de estiaje los musgos del bosque Llaca 1 y Llaca 2 almacenan 825.9 y 699.6 l/ha, mientras que en la plantación de Quillcayhuanca los musgos almacenan 605.3 l/ha. En meses de lluvia los musgos de los bosques almacenan 8,976 y 15,579 l/ha, y los musgos de la plantación en estos meses almacenan 8880.3 l/ha.
2. Se identificaron cuatro grupos de musgos con alta capacidad de almacenamiento de agua que se desarrollan en los dos bosques naturales y una plantación. Los grupos 1 y 2 se presentaron sólo en los bosques naturales de Llaca, mientras que los grupos 3 y 4 se desarrollan también en la plantación. El Grupo 1, *Campylopus* spp. (Familia Leucobryaceae), se desarrolló en suelo y roca, y tuvo la mayor abundancia en los árboles (cerca al 10 %). El Grupo 2, *Racomitrium* spp. (Familia Grimmiaceae) tuvo alrededor de 15 % de abundancia en suelo y roca de los bosques naturales. El Grupo 3, con géneros de las familias Orthotrichaceae y Pottiaceae, tuvo la mayor abundancia de musgos en la plantación (21.4 % en suelo y 3.9 % en árboles). Y el Grupo 4, familia Hypnaceae y Semathophyllaceae, tuvo menor abundancia en la plantación (0.9 % en suelo y 0.5 % en árboles).
3. La capacidad máxima de almacenamiento de agua del Grupo 4 fue significativamente mayor (899 %) a los otros grupos de musgos (entre 620 % y 750 %). La capacidad de almacenamiento de agua en campo en meses de estiaje de los grupos de musgos fue menor del 30 %, sin existir diferencias significativas entre ellos, mientras que en los meses de lluvia fueron los grupos 3 y 4 (428 % y 495 % respectivamente) quienes tuvieron mayor capacidad de almacenamiento de agua en campo que los grupos 1 y 2 (329 % y 295 %).
4. A partir de los datos alcanzados, no se encontró una relación clara entre la estructura del bosque y la abundancia de los musgos. Las condiciones del microclima generado en la plantación de queñual son muy similares a las de los bosques naturales, y no se encuentran diferencias entre sitios. La historia de uso de suelo reciente genera diferencias importantes en la composición de musgos presentes, ya que en los bosques naturales encontramos dos grupos de musgos, que no se desarrollan en la plantación. La estacionalidad influye en la capacidad de almacenamiento de agua en campo de los grupos de musgos seleccionados, siendo mayor en la época de lluvias que en la de estiaje.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la medición de parámetros hidrometeorológicos, como la precipitación, que ayudará a tener un mejor entendimiento de las fuentes de agua para los musgos en bosques altoandinos. Asimismo, son necesarios estudios que midan los procesos de evapotranspiración e infiltración que pueden darse posteriormente al almacenamiento de agua por parte de los musgos.
- Son necesarios estudios fisiológicos y caracterización anatómica de los musgos, que permitan explicar por qué algunas familias tienen mayor capacidad de almacenamiento de agua que otras en los bosques de queñual *Polylepis spp.*
- Para entender mejor las variaciones entre el almacenamiento de agua de los musgos durante meses de estiaje y de lluvias, es necesario añadir más muestreos durante estas estaciones que nos permitan evidenciar tendencias. Asimismo, se recomiendan evaluaciones de la capacidad de almacenamiento de agua de los musgos horaria.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MINISTERIO DEL AMBIENTE [En línea]. Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva, 2015 [fecha de consulta: 21 de julio de 2021]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>.
- (2) KESSLER, M. [En línea]. Botánica Económica de los Andes Centrales, 2006 [fecha de consulta: 20 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://beisa.au.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2007.pdf>.
- (3) MENDOZA, W. y CANO, A. Diversidad del género *Polylepis* (Rosaceae, Sanguisorbeae) en los Andes peruanos. *Revista Peruana de Biología*, 2011, 18(2), 197-200 pp.
- (4) FUENTEALBA, B. y SEVILLANO, S. *Experiencias de rehabilitación comunitaria con queñual (Polylepis sp.) en el departamento de Ancash, Perú*. SIACRE, 2016. ISBN 978-987-9132-51-7.
- (5) TOBÓN, C. *Los bosques andinos y el agua*. ECOBONA, 2009.
- (6) GONZALEZ, G. Caracterización de la infiltración en bosques plantados con *Polylepis spp.*, de 11 y 29 años, Parque Nacional Huascarán, quebrada Quilcayhuanca, Huaraz, Ancash. Tesis (Título de Ingeniero Forestal). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015.
- (7) SERVICIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE [En línea]. Anuario Forestal y de Fauna Silvestre 2020, 2021. Disponible en: <https://repositorio.serfor.gob.pe/bitstream/SERFOR/928/1/SERFOR%202021%20Anuario%20FFS%202020.pdf>.
- (8) DELGADILLO, C. y ESCOLÁSTICO, D. [En línea]. Manual de briofitas, 2022 [fecha de consulta: 12 de abril de 2022]. Disponible en: [http://www.ibiologia.unam.mx/barra/publicaciones/3a-edicion\\_Manual-Briofitas.pdf?fbclid=IwAR2p-Lwt8ZA4nY1d9ukPLgSRxtx9eRi2QmG\\_TBAlIKXTMG7Fm8jmhA8v19A](http://www.ibiologia.unam.mx/barra/publicaciones/3a-edicion_Manual-Briofitas.pdf?fbclid=IwAR2p-Lwt8ZA4nY1d9ukPLgSRxtx9eRi2QmG_TBAlIKXTMG7Fm8jmhA8v19A).
- (9) LANDEO, D. Estructura dasométrica y poblacional de bosques del género *Polylepis* en la región Junín, 2016. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, 2018.

- (10) GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO [En línea]. Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura: resumen para responsables de políticas, 2000 [fecha de consulta: 01 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srl-sp-1.pdf>.
- (11) OXFORD LANGUAGES [En línea]. Oxford Languages and Google - Spanish, 2023 [fecha de consulta: 01 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://languages.oup.com/google-dictionary-es/>.
- (12) CHANTANAORRAPINT, S. [En línea]. Ecological studies of epiphytic bryophytes along altitudinal gradients in Southern Thailand, 2010 [fecha de consulta: 26 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://bonndoc.ulb.uni-bonn.de/xmlui/handle/20.500.11811/4536> Accepted: 2020-04-15T12:33:24Z.
- (13) KÖHLER, L., y otros. Biomass and water storage dynamics of epiphytes in old-growth and secondary montane cloud forest stands in Costa Rica. *Plant Ecology*, 2007, 193(2), 171-184 pp.
- (14) MONTENEGRO, L., CHAPARRO, M. y BARÓN, A. *Regulación hídrica en cinco musgos del páramo de Chingaza*. 2005.
- (15) DELGADO, J. y LEÓN-VARGAS, Y. Musgos (bryophita) de bosques de *Polylepis sericea* (Rosaceae) del estado de Mérida (Venezuela). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 2017, 52(2), 295-313 pp.
- (16) ALEJO, M. Evaluación de la comunidad liquénica epífita en tres bosques dominados por árboles del género *Polylepis*, en el Parque Nacional Huascarán, Huaraz, Áncash, periodo 2019-2020. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Ancash: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2021.
- (17) SAJI, M., y otros. *Diversity of Epiphytic Mosses (Bryophyta) in Forests of Polylepis (Rosaceae) in the Urubamba Range, Cusco, Peru*. Putzke, 2022. ISBN: 978-1-80356-939-0.
- (18) MINISTERIO DEL AMBIENTE [En línea]. Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú, 2019. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>.
- (19) FJELDSA, J. y KESSLER, M. Conservación de la biodiversidad de los bosques de *Polylepis* de las tierras altas de Bolivia. Una contribución al manejo sustentable en los Andes. Bolivia: FAN, 2004. ISBN: 99905-66-24-0.
- (20) ARNAL, H., SAMPSON, A. y AUCCA, C. Mapa de bosques altiandinos de *Polylepis* prioritarios para conservación. American Bird Conservancy - Comunidad Andina, 2007.

- (21) BOZA, T. y KESSLER, M. A monograph of the genus *Polylepis* (Rosaceae). *PhytoKeys*, 2022, 203, 1-274 pp.
- (22) BOZA, T., QUISPE-MELGAR, H. y KESSLER, M. Taxonomic Reevaluation of the *Polylepis sericea* Complex (Rosaceae), with the Description of a New Species. *Systematic Botany*, 2019, 44, 324-334 pp.
- (23) RENISON, D., y otros. Ecología y conservación de los bosques y arbustales de *Polylepis*: ¿qué sabemos y qué ignoramos? *Ecología Austral*, 2018, 28, 163-174 pp.
- (24) SEGOVIA-SALCEDO, M., y otros. ¿Cómo avanzar en la conservación de los bosques de *Polylepis* y su diversidad biológica? *Neotropical Biodiversity*, 2021, 7(1), 318-326 pp.
- (25) AMES, F., y otros. *Bosques de Polylepis: Biodiversidad en la región central del Perú*. Universidad Continental, 2019.
- (26) MINISTERIO DEL AMBIENTE. Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos. Lima: El Peruano, 2016.
- (27) MOSQUERA, R. Determinación de las reservas totales de carbono en el bosque de *Polylepis spp.*, quebrada de Llaca - Parque Nacional Huascarán, 2014. Tesis de Maestría (Maestro en Ciencias e Ingeniería). Ancash: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2018.
- (28) ABAIGAR, J. *Musgos: liliputienses jugando sus cartas: lección inaugural del curso académico 2020-2021*. España: Universidad de La Rioja, 2020. ISBN: 978-84-09-24317-4.
- (29) CHURCHILL, S., y otros. *Familias y géneros de los musgos de los Andes tropicales*. Missouri Botanical Garden, 2020. ISBN: 978-99974-922-9-6.
- (30) ESTÉBANEZ, B., DRAPER, I. y MEDINA, R. Briófitos: una aproximación a las plantas terrestres más sencillas. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 2011, IX, 19-73 pp.
- (31) GRADSTEIN, S., CHURCHILL, S. y SALAZAR, N. *Guide to the bryophytes of tropical America*. Estados Unidos: New York Botanical Garden Press, 2001. ISBN: 978-0-89327-435-1.
- (32) GLIME, J. *Chapter 4-5: Adaptive strategies: growth and life forms - Bryophyte ecology*. *Physiological Ecology*, 2017.
- (33) FRAHM, J., y otros. *Manual of tropical bryology*. *Bryophyte Diversity and Evolution*, 2003, 23(1), 1-200 pp.
- (34) GLIME, J. y GRADSTEIN, R. *Chapter 8-1 tropics: general ecology - Bryophyte ecology*. *Physiological Ecology*, 2017.



- (35) GOFFINET, B. y SHAW, A. *Bryophyte biology*. 2009.
- (36) VANDERPOORTEN, A. y GOFFINET, B. *Introduction to bryophytes*. Cambridge University Press, 2009. ISBN: 978-0-511-54013-4.
- (37) GLIME, J. *Chapter 7: Water relations - Bryophyte ecology*. *Physiological Ecology*, 2017.
- (38) GLIME, J. *Chapter 9: Light - Bryophyte ecology*. *Physiological Ecology*, 2017.
- (39) ÑAUPAS, H., y otros. *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Colombia: Ediciones de la U, 2014. ISBN: 978-958-762-188-4.
- (40) HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- (41) MINISTERIO DEL AMBIENTE [En línea]. Guía de inventario de la flora y vegetación, 2015 [fecha de consulta: 20 de marzo de 2021]. Disponible en: [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12082/07\\_guia-a-de-flora-y-vegetacion.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12082/07_guia-a-de-flora-y-vegetacion.pdf).
- (42) LEON, E. *Inspección técnica de la obra de seguridad de la laguna Llaca*. Ancash: INAIGEM, 2016.
- (43) SERVICIO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS POR EL ESTADO. *Plan Maestro del Parque Nacional Huascarán, periodo 2017 - 2021*. 2017.
- (44) ZÚÑIGA, M. *Bosques, relictos altoandinos - Bosque de quinales en Pasco - Resistencia*. Cerro de Pasco: Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor, 2020.
- (45) BALLESTER, A., y otros. Estudio de potenciales alelopáticos originados por *Eucalyptus globulus Labill.*, *Pinus pinaster Ait.* y *Pinus radiata D.* *Pastos*, 1982, 12, 239-254 pp.
- (46) HOYOS, D. [En línea]. Relaciones entre la morfología y las propiedades hidráulicas de los briofitos, 2018 [fecha de consulta: 20 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3814/Relaciones%20entre%20la%20morfolog%C3%ADa%20y%20las%20propiedades.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Autorización de investigación científica.



### RESOLUCIÓN JEFATURAL DEL PARQUE NACIONAL HUASCARAN N° 022 -2021-SERNANP-JEF

Huaraz, 13 de diciembre del 2021.

#### VISTA:

El Informe N° 053-2021-SERNANP- PNH/LLHN, de fecha 13 de diciembre del 2021, que evalúa la solicitud presentada por la señora Beatriz Fuentealba Durand para realizar investigación que incluye ingreso a ámbitos de acceso restringido, colecta de muestras biológicas y uso de equipo o infraestructura de ANP de administración nacional, en el marco del proyecto denominado "Caracterización estructural, funcional y de la diversidad de los bosques de *Polylepis*, en un gradiente de intervención humano, en la Cordillera Blanca", en el ámbito de las quebradas de Llaca, Quillcayhuanca y Llanganuco, jurisdicción del Parque Nacional Huascarán, por el periodo de dos (02) años.

#### CONSIDERANDO:

Que, según lo previsto en los incisos g) e i) del artículo 2° de la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, uno de sus principales objetivos de protección es servir de sustento y proporcionar medios y oportunidades para el desarrollo de la investigación científica;

Que, en concordancia con ello, en el artículo 29° de la precipitada Ley, se establece que el Estado reconoce la importancia de las Áreas Naturales Protegidas para el desarrollo de la investigación científica básica y aplicada, siempre que no afecte los objetivos de conservación, se respete la zonificación y las condiciones establecidas en el Plan Maestro;

Que, el Plan Director de las Áreas Naturales Protegidas, aprobado mediante Decreto Supremo N° 016-2009-MINAM, señala que la investigación científica es considerada como uno de los objetivos de creación de las Áreas Naturales Protegidas y como una actividad inherente al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - SINANPE y su gestión, no contando dicha actividad con restricción alguna en la medida que cumpla la normatividad, no se contraponga con los objetivos de creación del Área Natural Protegida en cuestión y sus instrumentos de planificación;

RESOLUCIÓN JEFATURAL PARQUE NACIONAL HUASCARAN N° 022- 2021-SERNANP-JEF

Página 1 de 8

Que, mediante Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, publicado el 23 de setiembre de 2015, se declara de interés nacional el desarrollo de investigaciones al interior de las Áreas Naturales Protegidas de administración nacional, determinándose su gratuidad, así como los procedimientos de aprobación automática y evaluación previa para su otorgamiento;

Que, mediante la Resolución Presidencial N° 099-2017-SERNANP, publicado el 18 de abril de 2017, se modifica el proceso GAN-01-10-Otorgamiento de Certificado de Procedencia, asimismo deja sin efecto la Resolución Presidencial N° 250-2013-SERNANP que aprobó el Certificado de Procedencia de los recursos naturales renovables forestales, flora y/o fauna silvestre provenientes de las Áreas Naturales Protegidas de administración nacional;

Que, mediante el Decreto Supremo N° 013-2018-MINAM del 05 de noviembre del 2018, se aprueba la reducción del plástico de un solo uso y promueve el consumo responsable del plástico en las entidades del Poder Ejecutivo;

Que, mediante el Decreto Supremo N° 001-2019-MINAM del 02 de febrero de 2019, se actualizan los procedimientos administrativos a cargo del SERNANP que otorgan Títulos Habilitantes;

Que, con Resolución Presidencial N° 169-2019-SERNANP del 05 de julio del 2019, que aprueba la modificación del mapa de Procesos de Gestión de Áreas Naturales Protegidas, en base a la aplicación de lamejora continua, para el control de ingreso a las Áreas Naturales Protegidas para realizar Investigación y Evaluación de recursos naturales y medio ambiente (Proceso de Nivel 2);

Que, a través del Decreto Supremo N° 019-2021-MINAM, se aprobó el Reglamento de acceso a los recursos genéticos y sus derivados, vigente desde el 24 de julio del 2021, reglamento que en su Artículo 5, excluye del ámbito de aplicación del mismo a la investigación básica relacionada a la identificación, delimitación y clasificación de especies que involucren el uso de herramientas moleculares u otras herramientas modernas con fines taxonómicos, sistemáticos, filogeográficos, biogeográficos, evolutivos, de ecología molecular y de genética de la conservación, sin fines comerciales, por lo tanto en caso se requiera obtener el acceso a los recursos genéticos y sus derivados deberá solicitarlo conforme a las modalidades establecidas en el precitado Reglamento;

Que, mediante Resolución Jefatural del PNH N°018-2019-SERNANP-JEF, del 04 de noviembre de 2019, se autorizó el desarrollo de la investigación "Caracterización estructural, funcional y de la diversidad de los bosques de *Polylepis*, en un gradiente de intervención humano, en la Cordillera Blanca", por un periodo de dos años;

Que, a través del documento del visto, la señora Beatriz Fuentealba Durand, solicita autorización para realizar investigación científica que incluye ingreso a ámbitos de acceso restringido, colecta de muestras biológicas y uso de equipo o infraestructura de ANP de administración nacional, en el marco del proyecto denominado "Caracterización estructural, funcional y de la diversidad de los bosques de *Polylepis*, en un gradiente de intervención humano,

en la Cordillera Blanca”, en el ámbito de las quebradas de Llaca, Quillcayhuanca y Llanganuco, jurisdicción del Parque Nacional Huascarán, por el periodo de dos (02) años;

Que, mediante Informe N° 053-2021-SERNANP- PNH/LLHN, de fecha 13 de diciembre del 2021, se evalúa la solicitud presentada, concluyendo que el expediente cumple con los requisitos solicitados;

Que, en observancia al principio de impulso de oficio, el cual se encuentra previsto en el numeral 1.3 del artículo IV del Título Preliminar del Texto Único Ordenado - TUO de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo N° 004-2019-JUS; se desprende que las autoridades deben dirigir e impulsar de oficio el procedimiento y ordenar la realización o práctica de los actos que resulten convenientes para el esclarecimiento y resolución de las cuestiones necesarias, por ello corresponde autorizar lo solicitado por el administrado;

En uso de las atribuciones conferidas por el numeral 2.1 del artículo 2° del Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, y el artículo 27° del Reglamento de Organización y Funciones del SERNANP, aprobado mediante Decreto Supremo N° 006-2008-MINAM.

#### SE RESUELVE:

**Artículo 1°.-** Autorizar el desarrollo de la investigación científica denominada “Caracterización estructural, funcional y de la diversidad de los bosque de *Polylepis*, en un gradiente de intervención humano, en la Cordillera Blanca”, en el ámbito de las quebradas de Llaca, Quillcayhuanca y Llanganuco, jurisdicción del Parque Nacional Huascarán, por el periodo de dos (02) años, contado a partir de la fecha de emisión de la presente Resolución.

**Artículo 2°.-** Establecer que el equipo de trabajo autorizado para desarrollar las actividades de investigación está conformado por 16 investigadores según el siguiente detalle:

**Cuadro 1.** Equipo de investigación

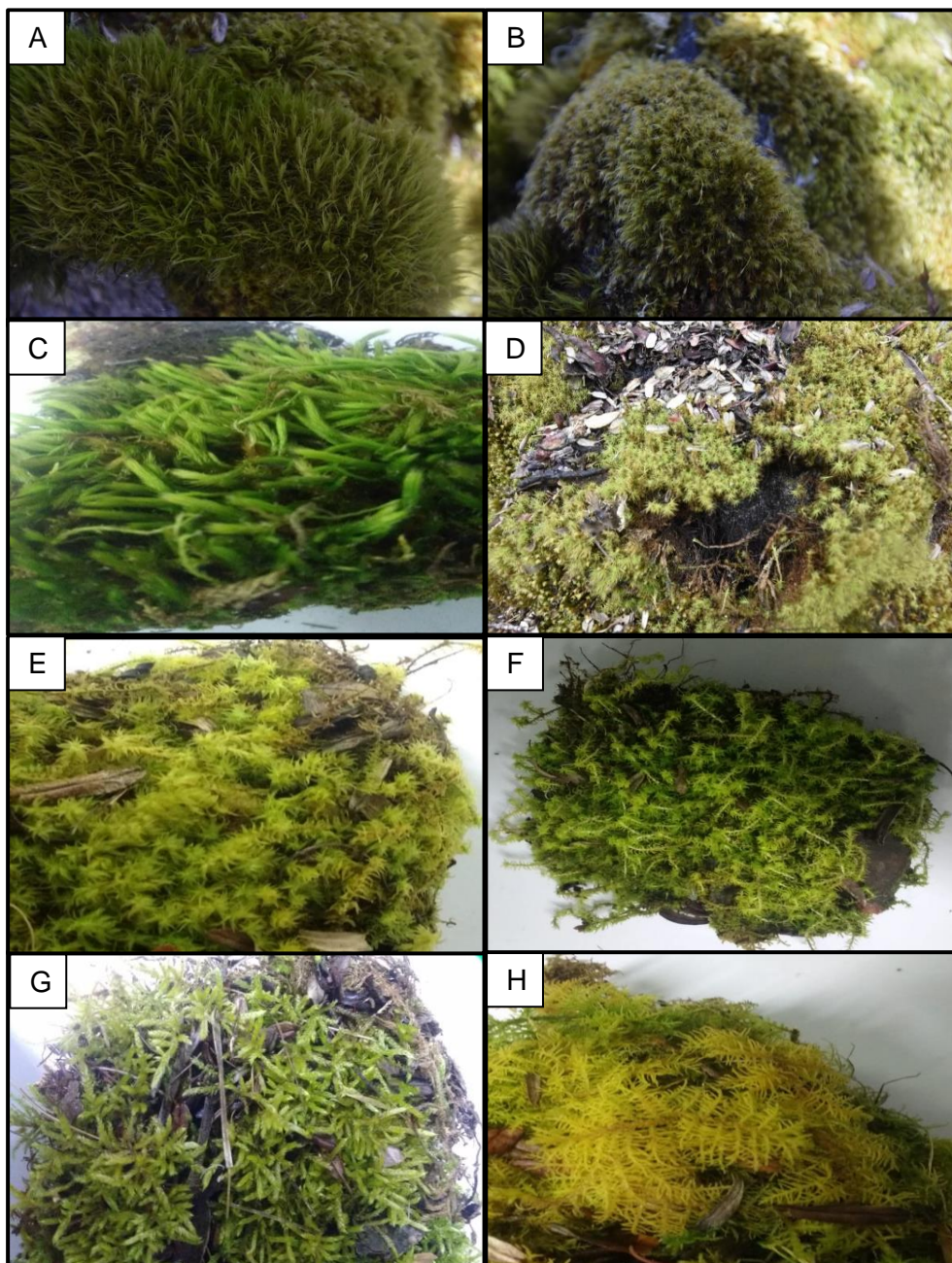
Nombres y Apellidos	DNI/ Pasaporte	Nacionalidad	Cargo	Institución
Beatriz Fuentealba Durand	10771550	Peruana	Responsable	INAIGEM
Sandra Jackeline Arroyo Alfaro	40457232	Peruana	Colaborador	INAIGEM
Robinson Daniel Cuadros Rojas	73367452	Peruano	Colaborador	INAIGEM
Erick Manuel Aguilar Escarcena	72713563	Peruano	Colaborador	INAIGEM
Melissa Catherine Aranda Depaz	72848484	Peruana	Colaborador	INAIGEM
Claudia Valeri Grados	44686664	Peruana	Asistente	INAIGEM

RESOLUCIÓN JEFATURAL PARQUE NACIONAL HUASCARAN N° 022- 2021-SERNANP-JEF

Página 3 de 8



Anexo 2. Musgos seleccionados en la primera salida a campo.



**Anexo 3.** Ficha de colecta de musgos.

<b>FICHA 1: COLECTA DE MUSGOS</b>				
<b>N° de Colección:</b>				
<b>Fecha:</b>				
<b>Grupo:</b>				
<b>Bosque:</b> Llaca 1 ( )    Llaca 2 ( )    Quillcayhuanca ( )				
<b>Parcela:</b> P1 ( )                    P2 ( )                    P3 ( )				
<b>Sustrato:</b> Suelo ( )    Roca ( )    Epifita ( )				
<b>Altura respecto al suelo:</b> m				
<b>Forófito:</b> <i>Polylepis</i> ( ) <i>Gynoxis</i> ( ) <i>Eucalyptus</i> ( )				
<b>Ubicación:</b> Base ( )            Tronco ( )            Ramas ( )				
<b>Peso Fresco:</b> g				
<b>Área superficial:</b>				

**Anexo 4.** Fichas de evaluación de cobertura de musgos.

<b>FICHA 2: ESTIMACIÓN DE COBERTURA DE MUSGOS DE SUELO Y ROCA POR CUADRANTES</b>				
<b>Evaluador</b>				
<b>Bosque</b>			<b>Fecha</b>	
<b>N° Cuadrante</b>	<b>Grupo de musgo</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Área de cobertura (%)</b>	<b>Observaciones</b>

<b>FICHA 3: ESTIMACIÓN DE COBERTURA DE MUSGOS EN ÁRBOLES POR CUADRANTES</b>								
<b>Evaluador</b>								
<b>Bosque</b>			<b>Parcela</b>		<b>Fecha</b>			
<b>N° Árbol</b>	<b>N° Cuadrante</b>	<b>Grupo de musgo</b>	<b>Forófito</b>	<b>Perímetro</b>	<b>Altura respecto al suelo (m)</b>	<b>Orientación</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Observaciones</b>

**Anexo 5.** Ficha de evaluación de estructura.

FICHA I: Evaluación de estructura del bosque de Polylepis (DAP 5 cm ≤ DAP < 10 cm)												
Responsable:												
Bosque:				Parcela:						Fecha:		Valor límite DAP (15.71 cm ≤ DAP < 31.42 cm)
N°	Código	Especie	Altura (cm)	Perímetro (cm)						Cobertura (cm)		Observaciones
				P1	P2	P3	P4	P5	P6	D1	D2	



## Anexo 6. Guía de entrevistas.

### Quebrada Llaca

**Objetivo de la entrevista:** Conocer la historia reciente del manejo de los bosques de queñua y ecosistemas aledaños, las actividades pasadas y actuales que puedan tener impacto en los bosques de estudio.

#### Información preliminar a brindar al entrevistado/a:

Mi nombre es Robinson Cuadros, soy egresado de la carrera de Ingeniería Ambiental y me encuentro realizando mi tesis sobre musgos en bosques de queñua y su implicancia en la retención hídrica. El fin es conocer los usos que le dan a los bosques de queñua de la quebrada Llaca.

Agradecemos que pueda apoyarnos en esta investigación de manera voluntaria. Además, le aseguramos que los datos que nos brinde serán utilizados únicamente con fines de la investigación y no revelaremos sus datos personales.

Por motivos de registro, grabaremos la entrevista lo que nos permitirá no perder información importante mientras conversemos.

- ¿Estaría de acuerdo en participar de la investigación?
- ¿Podemos grabar la entrevista?

#### I. DATOS GENERALES:

1.1 Nombre:

1.2 Edad:

1.3 Sexo: M ( ) F ( )

1.4 Lugar de residencia:

1.5 Comunidad a la que pertenece:

1.6 ¿Hace cuánto tiempo vive aquí?

1.7 ¿Usted es parte de algún Comité de Usuarios de Pastos del PNH?

Sí ( ) ¿Cuál?

No ( )

#### II. PERCEPCIÓN Y USO DEL BOSQUE DE QUEÑUA

Los bosques de queñua son considerados importantes, debido a su capacidad de desarrollarse a grandes altitudes.

2.1 ¿Cuáles son los usos que usted le da a estos bosques?

Leña ( ) Medicinal ( ) Otros ( ) .....

2.2 ¿Cree usted que los bosques de queñua de la quebrada de Llaca le dan beneficios a su comunidad?

Sí ( ) No ( )

Si la respuesta es Sí, preguntar ¿Cuáles?

Turismo ( ) Recarga hídrica ( ) Biodiversidad Otros ( ) .....

2.3 ¿Usted considera que ha habido cambios en los bosques en los últimos años? ¿De qué manera?

Sí ( ) No ( )

Si la respuesta es Sí continuar, si la respuesta es No pasar a la pregunta 2.4.

2.3.1 ¿De qué manera se han notado esos cambios?

2.3.2 ¿Hace cuántos años usted noto que se presentaron esos cambios?

2.4 ¿Qué tipo de ganado está en la quebrada? ¿En qué cantidad?

Vacuno ( ) Ovino ( ) Equino ( ) Otros ( )

.....

2.5 ¿Ha visto si el ganado entra en las zonas del bosque? ¿Qué tan frecuente?

Sí ( ) No ( )

Si la respuesta es Sí continuar, si la respuesta es No pasar a la pregunta 2.6.

2.5.1 ¿Qué tan frecuente?

2.5.2 ¿Para qué cree usted que el ganado entra al bosque?

2.6 ¿Ahora tienen más o menos ganado que antes? ¿A qué se debe?

2.7 ¿De quién es el ganado de esta quebrada?

2.8 ¿Sabe hace cuantos años se construyó la carretera que pasa por los bosques?

Sí ( ) No ( )

Si la respuesta es Sí, preguntar ¿Con que fin?

2.9 ¿Tiene conocimiento de la ocurrencia de algún incendio en la quebrada?

Sí ( ) No ( )

Si la respuesta es Sí, continuar.

2.9.1 ¿En qué año sucedió el incendio?

2.9.2 ¿Usted sabe cómo se han originado estos incendios?

Quema de pastos ( ) Fogatas realizadas por turistas ( ) Otros

.....

### III. FORESTACIÓN

3.1 ¿Considera importante plantar queñua en la quebrada?

Sí ( ) ¿De qué manera aportaría la comunidad para tal fin?

No ( ) ¿Por qué?

Muchas gracias por su colaboración, su aporte será importante para mi investigación.

## Quebrada Quillcayhuanca

**Objetivo de la entrevista:** Conocer la historia reciente del manejo de la plantación de queñua y ecosistemas aledaños, las actividades pasadas y actuales que puedan tener impacto en los bosques de estudio.

### Información preliminar a brindar al entrevistado/a:

Mi nombre es Robinson Cuadros, soy egresado de la carrera de Ingeniería Ambiental y me encuentro realizando mi tesis sobre musgos en bosques de queñua y su implicancia en la retención hídrica. El fin es conocer los usos que le dan a la plantación de queñua y eucalipto de Quillcayhuanca.

Agradecemos que pueda apoyarnos en esta investigación de manera voluntaria. Además, le aseguramos que los datos que nos brinde serán utilizados únicamente con fines de la investigación y no revelaremos sus datos personales.

Por motivos de registro, grabaremos la entrevista lo que nos permitirá no perder información importante mientras conversemos.

- ¿Estaría de acuerdo en participar de la investigación?
- ¿Podemos grabar la entrevista?

### I. DATOS GENERALES:

1.1 Nombre:

1.2 Edad:

1.3 Sexo: M ( ) F ( )

1.4 Lugar de residencia:

1.5 Comunidad a la que pertenece:

1.6 ¿Hace cuánto tiempo vive aquí?

1.7 ¿Usted es parte de algún Comité de Usuarios de Pastos del PNH? ¿Cuál?

Sí ( ) ¿Cuál?

No ( )

### II. PERCEPCIÓN Y USO DEL BOSQUE DE QUEÑUA

Los bosques de queñua son considerados importantes, debido a su capacidad de desarrollarse a grandes altitudes.

2.1 ¿Cuáles son los usos que usted le da a estos bosques?

Leña ( ) Medicinal ( ) Otros ( ) .....

2.2 ¿Cree usted que los bosques de queñua de la quebrada de Llaca le dan beneficios a su comunidad?

Sí ( ) No ( )

Si la respuesta es Sí, preguntar ¿Cuáles?

Turismo ( ) Recarga hídrica ( ) Biodiversidad Otros ( ) .....

2.3 ¿Sabe usted cuándo se realizó la plantación de queñua y eucalipto en la quebrada? ¿Con qué fin?

Sí ( ) No ( )

Queñua ( ) ¿En qué año?

¿Con qué fin?

Eucalipto ( ) ¿En qué año?

¿Con qué fin?

2.4 ¿Sacan árboles de queñua o eucalipto para la comunidad?

Sí ( ) No ( )

Queñua ¿Para qué?

Eucalipto ¿Para qué?

2.5 ¿Qué tipo de ganado está en la quebrada? ¿En qué cantidad?

Vacuno ( ) Ovino ( ) Equino ( ) Otro ( )

.....

2.6 ¿Ha visto si el ganado entra en las zonas del bosque? ¿Qué tan frecuente?

Sí ( ) No ( )

Si la respuesta es Sí continuar, si la respuesta es No pasar a la pregunta 2.7

2.6.1 ¿Qué tan frecuente?

2.6.2 ¿Para qué cree usted que el ganado entra al bosque?

2.7 ¿Ahora tienen más o menos ganado que antes? ¿A qué se debe?

2.8 ¿De quién es el ganado de esta quebrada?

2.9 ¿Tiene conocimiento de la ocurrencia de algún incendio en la quebrada?

Sí ( ) No ( )

Si la respuesta es Sí, continuar.

2.9.1 ¿En qué año sucedió el incendio?

2.9.2 ¿Usted sabe cómo se han originado estos incendios?

Quema de pastos ( ) Fogatas realizadas por turistas ( ) Otros

.....

### III. FORESTACIÓN

3.1 ¿Considera importante plantar queñua en la quebrada?

Sí ( ) ¿De qué manera aportaría la comunidad para tal fin?

No ( ) ¿Por qué?

Muchas gracias por su colaboración, su aporte será importante para mi investigación.

## Anexo 7. Validación de entrevista de Llaca por juicio de expertos.

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: "Evaluación de la capacidad de almacenamiento de agua de musgos en dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis sp.*), Huaraz, Ancash, 2021-2022"

#### OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la capacidad de almacenamiento de agua y los factores que influyen en el desarrollo de los musgos en dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis sp.*).

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

**OE1:** Identificar los grupos de musgos con alta capacidad de almacenamiento de agua y estimar su cobertura.

**OE2:** Calcular la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados.

**OE3:** Evaluar la influencia de la estructura forestal, historia de uso de suelo reciente y el microclima interior en la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados.

**INSTRUMENTO:** Guía de entrevistas semiestructurada quebrada Llaca

**OBJETIVO DE LA ENTREVISTA:** Conocer la historia reciente del manejo de los bosques de queñual y ecosistemas aledaños, las actividades pasadas y actuales que puedan tener impacto en los bosques de estudio (OE3).

#### 1. DATOS DEL EXPERTO:

##### Nombres y apellidos:

Eliana Cerdán Estrada

##### Grado y mención:

Ingeniera Agrónoma, con estudios en Maestría en Innovación Agraria para el Desarrollo Rural

##### Lugar de trabajo:

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)

#### 2. INSTRUCCIONES:

Estimada especialista, a continuación, se muestra un conjunto de aspectos de la guía de entrevistas, que necesitan de su evaluación para mejorar la validez y consistencia.

Para evaluar dicho instrumento se requiere marcar con un aspa (X) en cada aspecto contemplado en el siguiente cuadro:

#### JUICIO DE EXPERTO:

ASPECTOS A EVALUAR	VALORACIÓN				
	1	2	3	4	5
1. Estructura técnica del instrumento (organización)					X
2. Coherencia entre las preguntas formuladas, el objetivo de la entrevista y los objetivos de la tesis.				X	
3. Secuencia lógica entre las preguntas formuladas					X
4. Claridad y precisión de las preguntas				X	
5. Relevancia de las preguntas formuladas para el logro del objetivo de la entrevista y la tesis.				X	
	PUNTAJE PARCIAL				12
	PUNTAJE TOTAL				22

Valoración: **1: Muy bajo, 2: Bajo, 3: Medio, 4: Bueno y 5: Muy bueno**

Nota: Índice de validación de juicio de expertos: IVJE =  $(22 / 25) \times 100 = 88$

#### 3. ESCALA DE VALIDACIÓN:

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy alta
0 – 20 %	21 – 40 %	41 – 60 %	61 – 80 %	81 – 100 %
El instrumento de investigación esta observado		El instrumento de investigación requiere reajustes mayores.	El instrumento de investigación requiere reajustes menores.	El instrumento de investigación se considera apto.

#### 4. CONCLUSIÓN GENERAL Y SUGERENCIAS

La guía de entrevista revisada, es adecuada como instrumento de recopilación de información sobre el uso reciente de los bosques de queñua, las preguntas cerradas se orientan a organizar rápidamente la información obtenida, sobre los usos y beneficios percibidos por los y las comuneros; pero también al contener preguntas con respuestas abiertas, tiene flexibilidad para que el entrevistado/a pueda ampliar sus respuestas y exista fluidez en la conversación, en particular, sobre los cambios que han observado en el bosque; siendo esta información cualitativa relevante para el análisis enfocado al tercer objetivo específico de la tesis.

  
Ing. Eliana Cerdán Estrada

#### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**TESIS:** "Evaluación de la capacidad de almacenamiento de agua de musgos en dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis sp.*), Huaraz, Ancash, 2021-2022"

#### OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la capacidad de almacenamiento de agua y los factores que influyen en el desarrollo de los musgos en dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis sp.*).

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

**OE1:** Identificar los grupos de musgos con alta capacidad de almacenamiento de agua y estimar su cobertura.

**OE2:** Calcular la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados.

**OE3:** Evaluar la influencia de la estructura forestal, historia de uso de suelo reciente y el microclima interior en la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados.

**INSTRUMENTO:** Guía de entrevistas semiestructurada quebrada Llaca

**OBJETIVO DE LA ENTREVISTA:** Conocer la historia reciente del manejo de los bosques de queñual y ecosistemas aledaños, las actividades pasadas y actuales que puedan tener impacto en los bosques de estudio (OE3).

#### 1. DATOS DEL EXPERTO:

##### Nombres y apellidos:

Rosa María Dextre Minaya

##### Grado y mención:

Ingeniera Ambiental, MSc. En gobernanza del riesgo y recursos

##### Lugar de trabajo:

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)

#### 2. INSTRUCCIONES:

Estimada especialista, a continuación, se muestra un conjunto de aspectos de la guía de entrevistas, que necesitan de su evaluación para mejorar la validez y consistencia.

Para evaluar dicho instrumento se requiere marcar con un aspa (X) en cada aspecto contemplado en el siguiente cuadro:

#### JUICIO DE EXPERTO:

ASPECTOS A EVALUAR	VALORACIÓN				
	1	2	3	4	5
1. Estructura técnica del instrumento (organización)					X
2. Coherencia entre las preguntas formuladas, el objetivo de la entrevista y los objetivos de la tesis.					X
3. Secuencia lógica entre las preguntas formuladas					X
4. Claridad y precisión de las preguntas					X
5. Relevancia de las preguntas formuladas para el logro del objetivo de la entrevista y la tesis.					X
PUNTAJE PARCIAL					25
PUNTAJE TOTAL					25

Valoración: **1: Muy bajo, 2: Bajo, 3: Medio, 4: Bueno y 5: Muy bueno**

Nota: Índice de validación de juicio de expertos: IVJE =  $(25 / 25) \times 100 = 100$

#### 3. ESCALA DE VALIDACIÓN:

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy alta
0 – 20 %	21 – 40 %	41 – 60 %	61 – 80 %	81 – 100 %
El instrumento de investigación esta observado		El instrumento de investigación requiere reajustes mayores.	El instrumento de investigación requiere reajustes menores.	El instrumento de investigación se considera apto.

#### 4. CONCLUSIÓN GENERAL Y SUGERENCIAS

La información contextual y de percepción de la población es de suma importancia en estudios de este tipo porque los ecosistemas de montaña no están completamente aislados de los sistemas sociales. Por lo tanto, la metodología de la tesis debería incluir de qué forma se van a presentar los resultados de esta encuesta en el documento final.

  
MSc. Ing. Rosa María Dextre Minaya

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**TESIS:** "Evaluación de la capacidad de almacenamiento de agua de musgos en dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis sp.*), Huaraz, Ancash, 2021-2022"

**OBJETIVO GENERAL:**

Evaluar la capacidad de almacenamiento de agua y los factores que influyen en el desarrollo de los musgos en dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis sp.*).

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

**OE1:** Identificar los grupos de musgos con alta capacidad de almacenamiento de agua y estimar su cobertura.

**OE2:** Calcular la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados.

**OE3:** Evaluar la influencia de la estructura forestal, historia de uso de suelo reciente y el microclima interior en la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados.

**INSTRUMENTO:** Guía de entrevistas semiestructurada quebrada Llaca

**OBJETIVO DE LA ENTREVISTA:** Conocer la historia reciente del manejo de los bosques de queñual y ecosistemas aledaños, las actividades pasadas y actuales que puedan tener impacto en los bosques de estudio (OE3).

**1. DATOS DEL EXPERTO:**

**Nombres y apellidos:**

Mirtha Josefina Camacho Hernández

**Grado y mención:**

Socióloga, Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas

**Lugar de trabajo:**

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)

**2. INSTRUCCIONES:**

Estimada especialista, a continuación, se muestra un conjunto de aspectos de la guía de entrevistas, que necesitan de su evaluación para mejorar la validez y consistencia.

Para evaluar dicho instrumento se requiere marcar con un aspa (X) en cada aspecto contemplado en el siguiente cuadro:

**JUICIO DE EXPERTO:**

ASPECTOS A EVALUAR	VALORACIÓN				
	1	2	3	4	5
1. Estructura técnica del instrumento (organización)					X
2. Coherencia entre las preguntas formuladas, el objetivo de la entrevista y los objetivos de la tesis.			X		
3. Secuencia lógica entre las preguntas formuladas				X	
4. Claridad y precisión de las preguntas					X
5. Relevancia de las preguntas formuladas para el logro del objetivo de la entrevista y la tesis.				X	
PUNTAJE PARCIAL			3	8	10
PUNTAJE TOTAL	21				

Valoración: **1: Muy bajo, 2: Bajo, 3: Medio, 4: Bueno y 5: Muy bueno**

Nota: Índice de validación de juicio de expertos: IVJE = (21 / 25) x 100 = 84

**3. ESCALA DE VALIDACIÓN:**

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy alta
0 – 20 %	21 – 40 %	41 – 60 %	61 – 80 %	81 – 100 %
El instrumento de investigación esta observado		El instrumento de investigación requiere reajustes mayores.	El instrumento de investigación requiere reajustes menores.	El instrumento de investigación se considera apto.

**4. CONCLUSIÓN GENERAL Y SUGERENCIAS**

Profundizar en preguntas que demuestren la relevancia y la coherencia entre las preguntas y los objetivos de la tesis.

  
 .....  
 M.Sc. Mirtha Camacho Hernández  
 C.E. 003111096

## Anexo 8. Validación de entrevista de Quillcayhuanca por juicio de expertos.

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**TESIS:** "Evaluación de la capacidad de almacenamiento de agua de musgos en dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis sp.*), Huaraz, Ancash, 2021-2022"

#### OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la capacidad de almacenamiento de agua y los factores que influyen en el desarrollo de los musgos en dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis sp.*).

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

**OE1:** Identificar los grupos de musgos con alta capacidad de almacenamiento de agua y estimar su cobertura.

**OE2:** Calcular la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados.

**OE3:** Evaluar la influencia de la estructura forestal, historia de uso de suelo reciente y el microclima interior en la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados.

**INSTRUMENTO:** Guía de entrevistas semiestructurada quebrada Quillcayhuanca

**OBJETIVO DE LA ENTREVISTA:** Conocer la historia reciente del manejo de los bosques de queñual y ecosistemas aledaños, las actividades pasadas y actuales que puedan tener impacto en los bosques de estudio (OE3).

#### 5. DATOS DEL EXPERTO:

##### Nombre y apellido:

Eliana Cerdán Estrada

##### Grado y mención:

Ingeniera Agrónoma, con estudios en Maestría en Innovación Agraria para el Desarrollo Rural

##### Lugar de trabajo:

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)

#### 6. INSTRUCCIONES:

Estimada especialista, a continuación, se muestra un conjunto de aspectos de la guía de entrevistas, que necesitan de su evaluación para mejorar la validez y consistencia.

Para evaluar dicho instrumento se requiere marcar con un aspa (X) en cada aspecto contemplado en el siguiente cuadro:

#### JUICIO DE EXPERTO:

ASPECTOS A EVALUAR	VALORACIÓN					
	1	2	3	4	5	
1. Estructura técnica del instrumento (organización)					X	
2. Coherencia entre las preguntas formuladas, el objetivo de la entrevista y los objetivos de la tesis.				X		
3. Secuencia lógica entre las preguntas formuladas					X	
4. Claridad y precisión de las preguntas				X		
5. Relevancia de las preguntas formuladas para el logro del objetivo de la entrevista y la tesis.				X		
	PUNTAJE PARCIAL				12	10
	PUNTAJE TOTAL				22	

Valoración: 1: **Muy bajo**, 2: **Bajo**, 3: **Medio**, 4: **Bueno** y 5: **Muy bueno**

Nota: Índice de validación de juicio de expertos: IVJE =  $(22 / 25) \times 100 = 88$

#### 7. ESCALA DE VALIDACIÓN:

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy alta
0 – 20 %	21 – 40 %	41 – 60 %	61 – 80 %	81 – 100 %
El instrumento de investigación esta observado		El instrumento de investigación requiere reajustes mayores.	El instrumento de investigación requiere reajustes menores.	El instrumento de investigación se considera apto.

#### 8. CONCLUSIÓN GENERAL Y SUGERENCIAS

La guía de entrevista revisada, es adecuada como instrumento de recopilación de información sobre el uso reciente de los bosques de queñual, las preguntas cerradas se orientan a organizar rápidamente la información obtenida, sobre los usos y beneficios percibidos por los y las comuneros; pero también al contener preguntas con respuestas abiertas, tiene flexibilidad para que el entrevistado/a pueda ampliar sus respuestas y exista fluidez en la conversación, en particular, sobre los cambios que han observado en el bosque; siendo esta información cualitativa relevante para el análisis enfocado al tercer objetivo específico de la tesis.

  
Ing. Eliana Cerdán Estrada



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**TESIS:** "Evaluación de la capacidad de almacenamiento de agua de musgos en dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis sp.*), Huaraz, Ancash, 2021-2022"

**OBJETIVO GENERAL:**

Evaluar la capacidad de almacenamiento de agua y los factores que influyen en el desarrollo de los musgos en dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis sp.*).

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

**OE1:** Identificar los grupos de musgos con alta capacidad de almacenamiento de agua y estimar su cobertura.

**OE2:** Calcular la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados.

**OE3:** Evaluar la influencia de la estructura forestal, historia de uso de suelo reciente y el microclima interior en la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados.

**INSTRUMENTO:** Guía de entrevistas semiestructurada quebrada Quillcayhuanca

**OBJETIVO DE LA ENTREVISTA:** Conocer la historia reciente del manejo de los bosques de queñual y ecosistemas aledaños, las actividades pasadas y actuales que puedan tener impacto en los bosques de estudio (OE3).

**5. DATOS DEL EXPERTO:**

**Nombre y apellido:**

Rosa María Dextre Minaya

**Grado y mención:**

Ingeniera ambiental, MSc. en gobernanza del riesgo y recursos

**Lugar de trabajo:**

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)

**6. INSTRUCCIONES:**

Estimada especialista, a continuación, se muestra un conjunto de aspectos de la guía de entrevistas, que necesitan de su evaluación para mejorar la validez y consistencia.

Para evaluar dicho instrumento se requiere marcar con un aspa (X) en cada aspecto contemplado en el siguiente cuadro:

**JUICIO DE EXPERTO:**

ASPECTOS A EVALUAR	VALORACIÓN				
	1	2	3	4	5
1. Estructura técnica del instrumento (organización)					X
2. Coherencia entre las preguntas formuladas, el objetivo de la entrevista y los objetivos de la tesis.					X
3. Secuencia lógica entre las preguntas formuladas					X
4. Claridad y precisión de las preguntas					X
5. Relevancia de las preguntas formuladas para el logro del objetivo de la entrevista y la tesis.					X
PUNTAJE PARCIAL					25
PUNTAJE TOTAL					25

Valoración: **1: Muy bajo, 2: Bajo, 3: Medio, 4: Bueno y 5: Muy bueno**

Nota: Índice de validación de juicio de expertos:  $IVJE = (25 / 25) \times 100 = 100$

**7. ESCALA DE VALIDACIÓN:**

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy alta
0 – 20 %	21 – 40 %	41 – 60 %	61 – 80 %	81 – 100 %
El instrumento de investigación esta observado		El instrumento de investigación requiere reajustes mayores.	El instrumento de investigación requiere reajustes menores.	El instrumento de investigación se considera apto.

**8. CONCLUSIÓN GENERAL Y SUGERENCIAS**

La información contextual y de percepción de la población es de suma importancia en estudios de este tipo porque los ecosistemas de montaña no están completamente aislados de los sistemas sociales. Por lo tanto, la metodología de la tesis debería incluir de qué forma se van a presentar los resultados de esta encuesta en el documento final.

  
 MSc. Ing. Rosa María Dextre Minaya

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**TESIS:** "Evaluación de la capacidad de almacenamiento de agua de musgos en dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis sp.*), Huaraz, Ancash, 2021-2022"

**OBJETIVO GENERAL:**

Evaluar la capacidad de almacenamiento de agua y los factores que influyen en el desarrollo de los musgos en dos bosques y una plantación de queñual (*Polylepis sp.*).

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

**OE1:** Identificar los grupos de musgos con alta capacidad de almacenamiento de agua y estimar su cobertura.

**OE2:** Calcular la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados.

**OE3:** Evaluar la influencia de la estructura forestal, historia de uso de suelo reciente y el microclima interior en la capacidad de almacenamiento de agua de los grupos de musgos identificados.

**INSTRUMENTO:** Guía de entrevistas semiestructurada quebrada Quillcayhuanca

**OBJETIVO DE LA ENTREVISTA:** Conocer la historia reciente del manejo de los bosques de queñual y ecosistemas aledaños, las actividades pasadas y actuales que puedan tener impacto en los bosques de estudio (OE3).

**5. DATOS DEL EXPERTO:**

**Nombre y apellido:**

Mirha Josefina Camacho Hernández

**Grado y mención:**

Socióloga, Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas

**Lugar de trabajo:**

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)

**INSTRUCCIONES:**

Estimada especialista, a continuación, se muestra un conjunto de aspectos de la guía de entrevistas, que necesitan de su evaluación para mejorar la validez y consistencia.

Para evaluar dicho instrumento se requiere marcar con un aspa (X) en cada aspecto contemplado en el siguiente cuadro:

**JUICIO DE EXPERTO:**

ASPECTOS A EVALUAR	VALORACIÓN					
	1	2	3	4	5	
1. Estructura técnica del instrumento (organización)					X	
2. Coherencia entre las preguntas formuladas, el objetivo de la entrevista y los objetivos de la tesis.			X			
3. Secuencia lógica entre las preguntas formuladas				X		
4. Claridad y precisión de las preguntas					X	
5. Relevancia de las preguntas formuladas para el logro del objetivo de la entrevista y la tesis.				X		
	PUNTAJE PARCIAL			3	8	10
	PUNTAJE TOTAL			21		

Valoración: **1: Muy bajo, 2: Bajo, 3: Medio, 4: Bueno y 5: Muy bueno**

Nota: Índice de validación de juicio de expertos:  $IVJE = (21 / 25) \times 100 = 84$

**6. ESCALA DE VALIDACIÓN:**

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy alta
0 – 20 %	21 – 40 %	41 – 60 %	61 – 80 %	81 – 100 %
El instrumento de investigación esta observado		El instrumento de investigación requiere reajustes mayores.	El instrumento de investigación requiere reajustes menores.	El instrumento de investigación se considera apto.

**7. CONCLUSIÓN GENERAL Y SUGERENCIAS**

Profundizar en preguntas que demuestren la relevancia y la coherencia entre las preguntas y los objetivos de la tesis.

  
 M.Sc. Mirha Camacho Hernández  
 C.E. 003111096

Anexo 9. Informe mantenimiento preventivo estereoscopio.

# H.W.Kessel S.A.C.

Desde 1928 al Servicio de la Ciencia y Tecnología  
Equipar Laboratorios es Nuestra Especialidad...  
...Servir al Cliente es Nuestra Meta

ACTA DE INGRESO   
INFORME TECNICO   
CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

GARANTIA   
SERVICIO

CLIENTE **INAIGEM**  
DIRECCION **AV. CENTENARIO 2656 - HUARAZ**  
UBICACION **LAB. DE MICROSCOPIA Y HERBARIO**  
ATENCION **SANDRA ARROYO ALFARO**  
CARGO **ESPECIALISTA BIOLOGIA VEGETAL**

FECHA **29 DE NOVIEMBRE DEL 2023**  
RUC **20600404262**  
OTROS **OS N° 336**  
TELEFONO **993 626 084**  
E-MAIL

ITEM		HR. INICIO	HR. TERMINO
CANTIDAD	DESCRIPCION		
1	EQUIPO: <b>ESTEREOSCOPIO BINOCULAR</b> MARCA: <b>LEYCA</b>	15:00	17:00
	MODELO: <b>ES2</b> SERIE: <b>5494600</b>		
	CÓDIGO: <b>532278560003</b>		

DIAGNOSTICO: **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

- INSPECCIÓN VISUAL Y PRUEBAS DE OPERATIVIDAD
- LIMPIEZA DEL ESTATIVO Y COMPONENTES
- LIMPIEZA DEL SISTEMA ÓPTICO
- LIMPIEZA DEL SISTEMA ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO E ILUMINACIÓN
- LIMPIEZA, LUBRICACIÓN Y AJUSTE DE PARTES MÓVILES.
- AJUSTE DEL SISTEMA DE ENFOQUE
- VERIFICACIÓN DE LA LIMPIEZA OPTICA
- ALINEAMIENTO OPTICO
- PRUEBAS Y VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

CONCLUSIONES:

- **EL EQUIPO QUEDA OPERATIVO Y FUNCIONANDO CORRECTAMENTE.**

  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION EN GLACIARES  
Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA (INIGEM)  
Sandra Jaekeline Arroyo Aljaro  
Especialista en Biología Vegetal de  
Ecosistemas de Montaña

CLIENTE FIRMA Y SELLO

  
H.W.Kessel  
Iván Gonzales Guevara  
Servicio Post Venta

Firma Nombre y Sello del Representante de Kessel

Av. Guardia Civil N° 1321 Int. 2003 Urb. Industrial el Aeropuerto, Surquillo, Lima, Perú.  
Teléfono: (01) 219-2800 // (01) 219-2850  
em@il: ingenieria@hwkessel.com.pe // Web: www.hwkessel.com.pe

KESSEL

Anexo 10. Informe mantenimiento preventivo microscopio.

# H.W.Kessel S.A.C.

Desde 1928 al Servicio de la Ciencia y Tecnología  
Equipar Laboratorios es Nuestra Especialidad...  
...Servir al Cliente es Nuestra Meta

ACTA DE INGRESO   
INFORME TECNICO   
CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

GARANTIA   
SERVICIO

CLIENTE: **INAIGEM**  
DIRECCION: **AV. CENTENARIO 2656 - HUARAZ**  
UBICACION: **LAB. DE MICROSCOPIA Y HERBARIO**  
ATENCION: **SANDRA ARROYO ALFARO**  
CARGO: **ESPECIALISTA BIOLOGIA VEGETAL**

FECHA: **29 DE NOVIEMBRE DEL 2023**  
RUC: **20600404262**  
OTROS: **OS N° 336**  
TELEFONO: **993 626 084**  
E-MAIL:

ITEM		HR. INICIO	HR. TERMINO
CANTIDAD	DESCRIPCION		
1	EQUIPO: <b>MICROSCOPIO TRINOCULAR CON</b> MARCA: <b>CARL ZEISS</b> <b>CAMARA AXIOCAM 208 COLOR</b> MODELO: <b>AXIOLAB 5</b> SERIE: <b>3164000217</b> CÓDIGO: <b>532278560002</b>	09:00	14:00

DIAGNOSTICO: **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

- INSPECCIÓN VISUAL Y PRUEBAS DE OPERATIVIDAD
- LIMPIEZA DEL ESTATIVO Y COMPONENTES
- LIMPIEZA DEL SISTEMA ÓPTICO: CONDENSADOR- OBJETIVOS- OCULARES Y DEMÁS LENTES.
- LIMPIEZA DEL SISTEMA ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO E ILUMINACIÓN
- LIMPIEZA DEL COMPARTIMENTO DE LA LÁMPARA Y MODULO DE ILUMINACIÓN
- LIMPIEZA, LUBRICACIÓN Y AJUSTE DE PARTES MÓVILES.
- LIMPIEZA Y LUBRICACION DE LA PLATINA DESPLAZAMIENTO X Y Y.
- LIMPIEZA Y VERIFICACIÓN DEL DIAFRAGMA DE CAMPO Y DEL DIAFRAGMA DEL CONDENSADOR
- ALINEAMIENTO DE KÖHLER
- AJUSTE DEL SISTEMA DE ENFOQUE (MANDO MACROMÉTRICO Y MICROMÉTRICO).
- LIMPIEZA Y VERIFICACIÓN DE CAMARA AXIOCAM 208 COLOR
- INSTALACIÓN DE SOFTWARE ZEN BLUE VERSION 3.4 Y CALIBRACIÓN DE MAGNITUDES PARA CADA OBJETIVO
- SE VERIFICA FUNCIONAMIENTO, SE REALIZA PRUEBAS DE OPERATIVIDAD EN SOFTWARE Y EQUIPO

CONCLUSIONES:

- EL EQUIPO QUEDA OPERATIVO Y FUNCIONANDO CORRECTAMENTE

  
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGRICOLAS Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA - INAIGEM  
 Sandra Jackeline Arroyo Alfaro  
 Especialista en Biología Vegetal de Ecosistemas de Montaña

CLIENTE FIRMA Y SELLO

  
 H.W.Kessel  
 Tec. Iván Gonzales Guevara  
 Servicio Post Venta

Firma Nombre y Sello del Representante de Kessel

Av. Guardia Civil N° 1321 Int. 2003 Urb. Industrial el Aeropuerto, Surquillo, Lima, Perú.  
Teléfono: (01) 219-2800 // (01) 219-2850  
em@i: ingenieria@hwkessel.com.pe // Web: www.hwkessel.com.pe

KESSEL

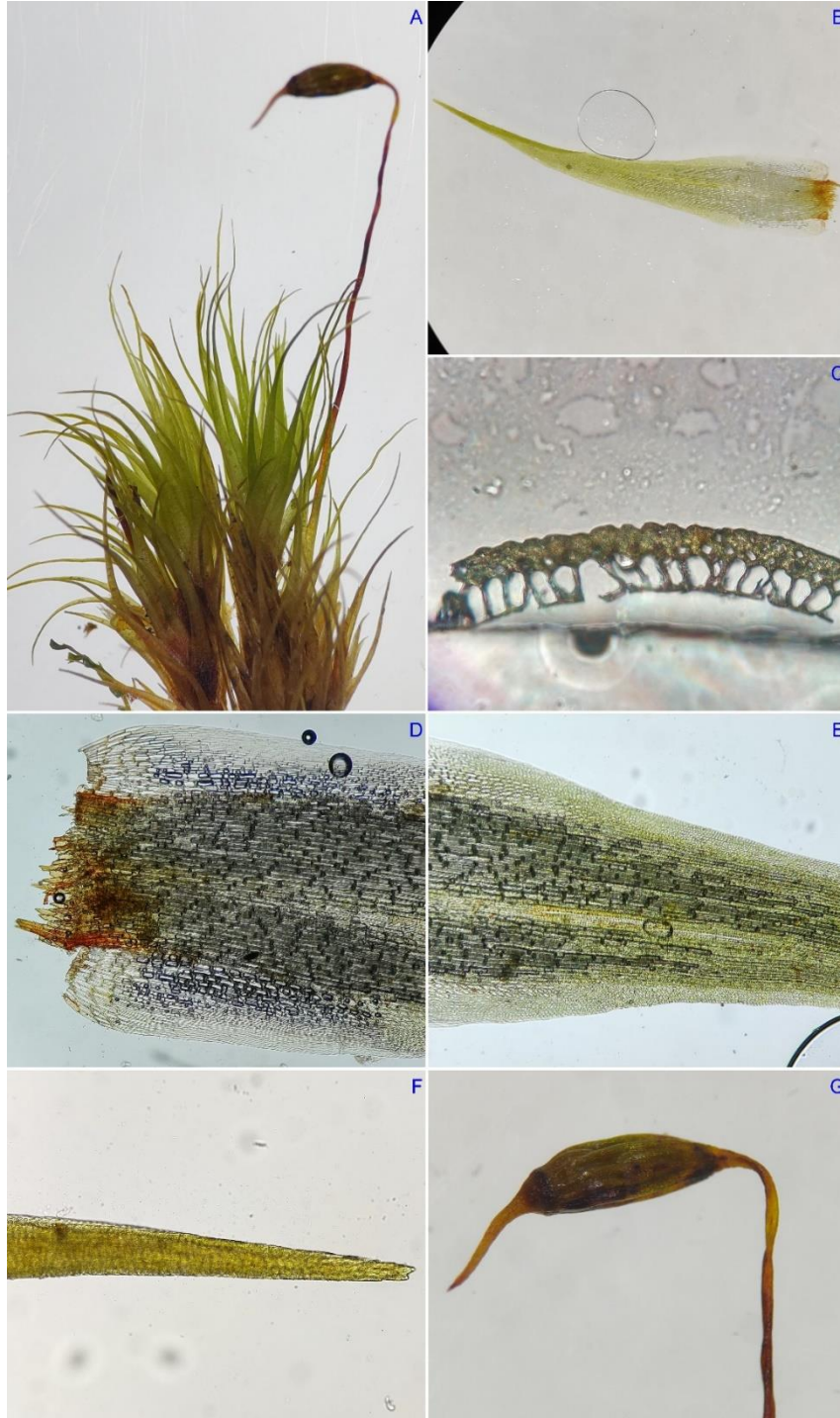


**Anexo 11.** Láminas de los grupos de trabajo.

**Grupo 1.A epífita.** A. Planta con esporofito (10XE). B. Hoja (10XE). C. Corte transversal de la hoja. D. Células basales de la hoja (10XM). E. Células del margen de la hoja (20XM). F. Ápice de la hoja (20XM). G. Disposición de las hojas (30XE).



**Grupo 1.B** Género *Campylopus* sp. A. Planta con esporofito. B. Hoja. C. Corte transversal de la hoja. D. Células basales de la hoja. E. Células del margen de la hoja. F. Ápice de la hoja. G. Espórofito.

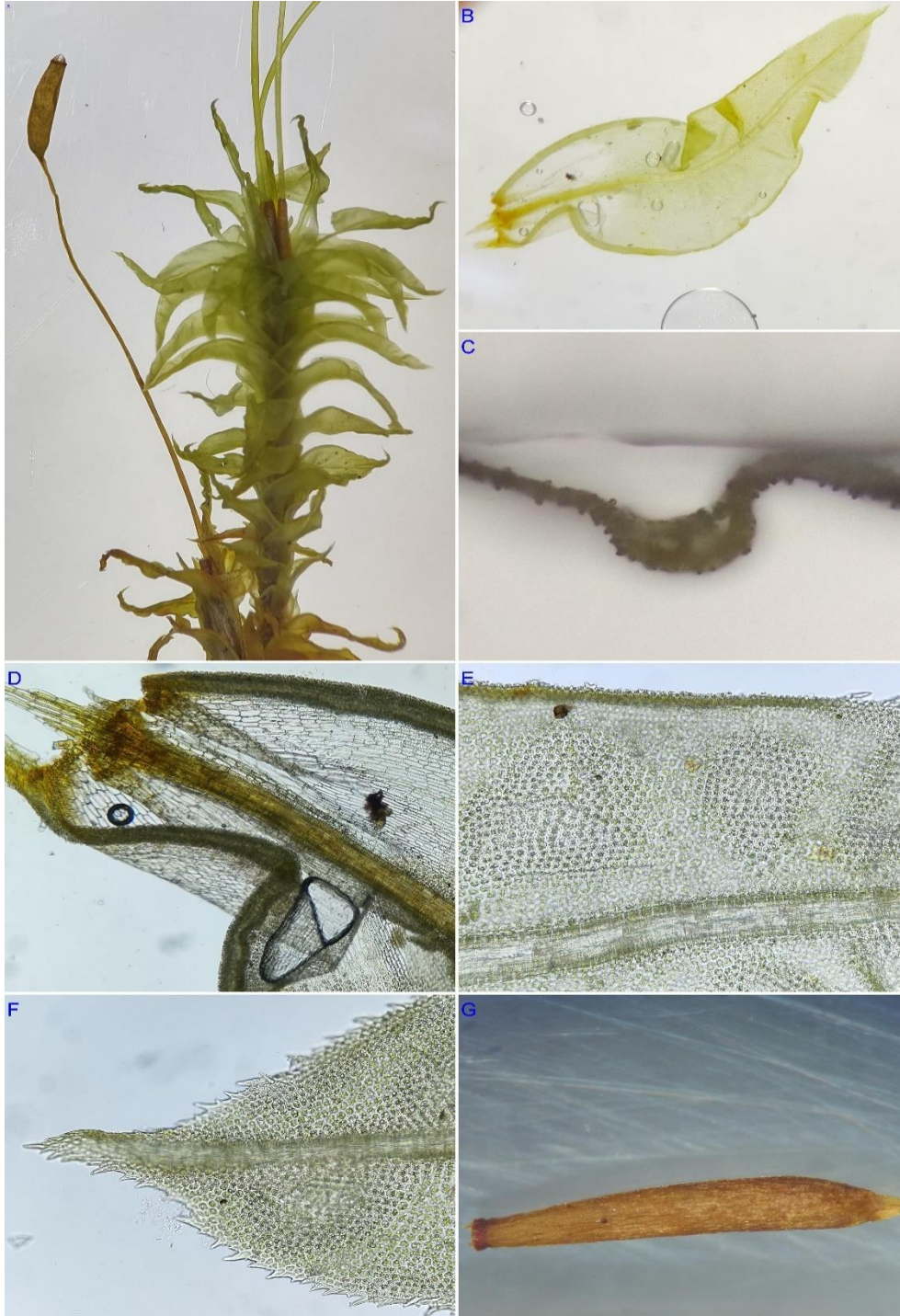




**Grupo 2** Género *Racomitrium* sp. A. Planta con esporofito. B. Hoja. C. Corte transversal de la hoja. D. Células basales de la hoja. E. Células del margen de la hoja. F. Ápice de la hoja. G. Esporofito.

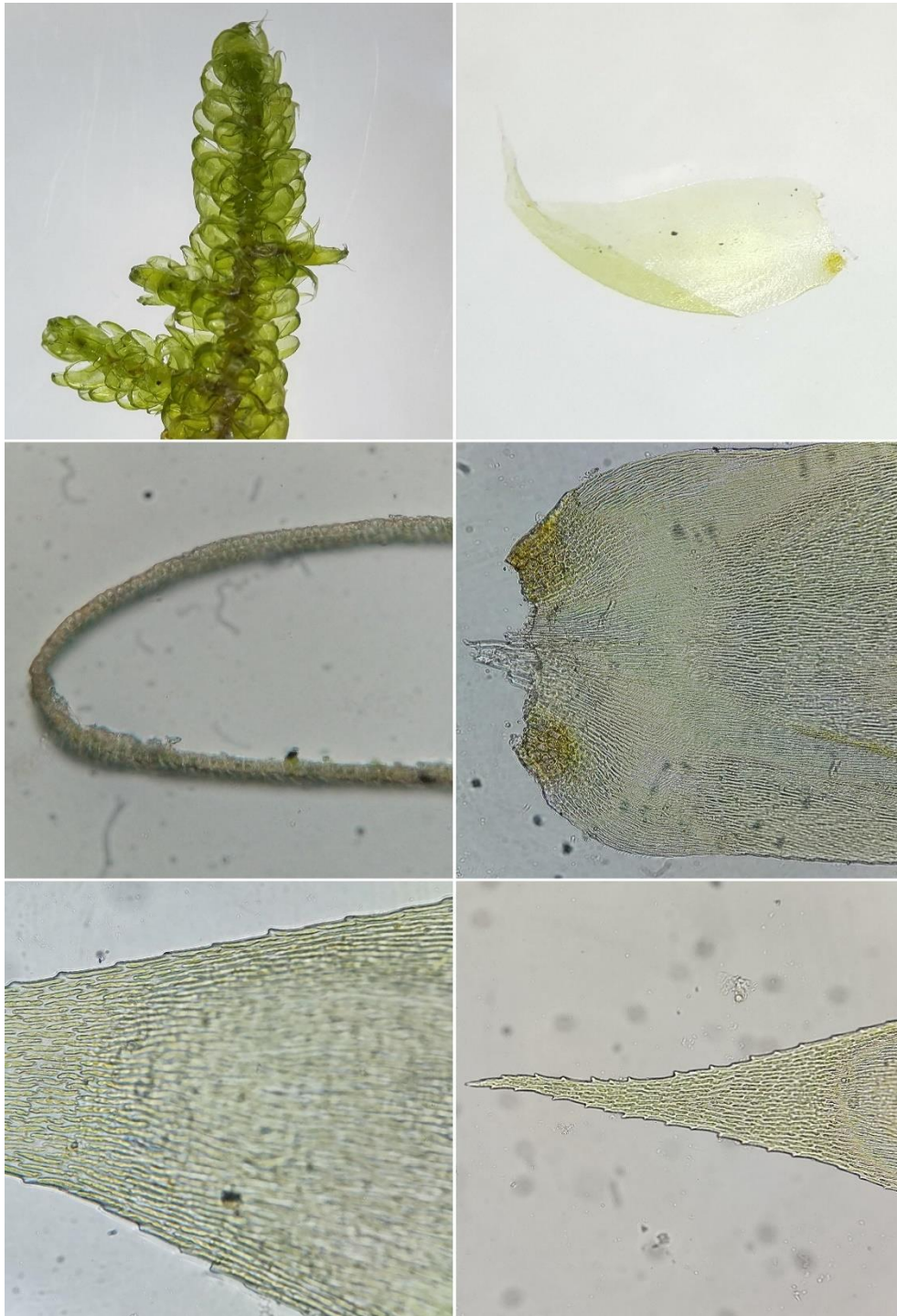


**Grupo 3** epífita. A. Planta con esporofito (10XE). B. Hoja (30XE). C. Corte transversal de la hoja. D. Células basales de la hoja (10XM). E. Células del margen de la hoja (20XM). F. Ápice de la hoja (20X). G. Esporofito (30XE).

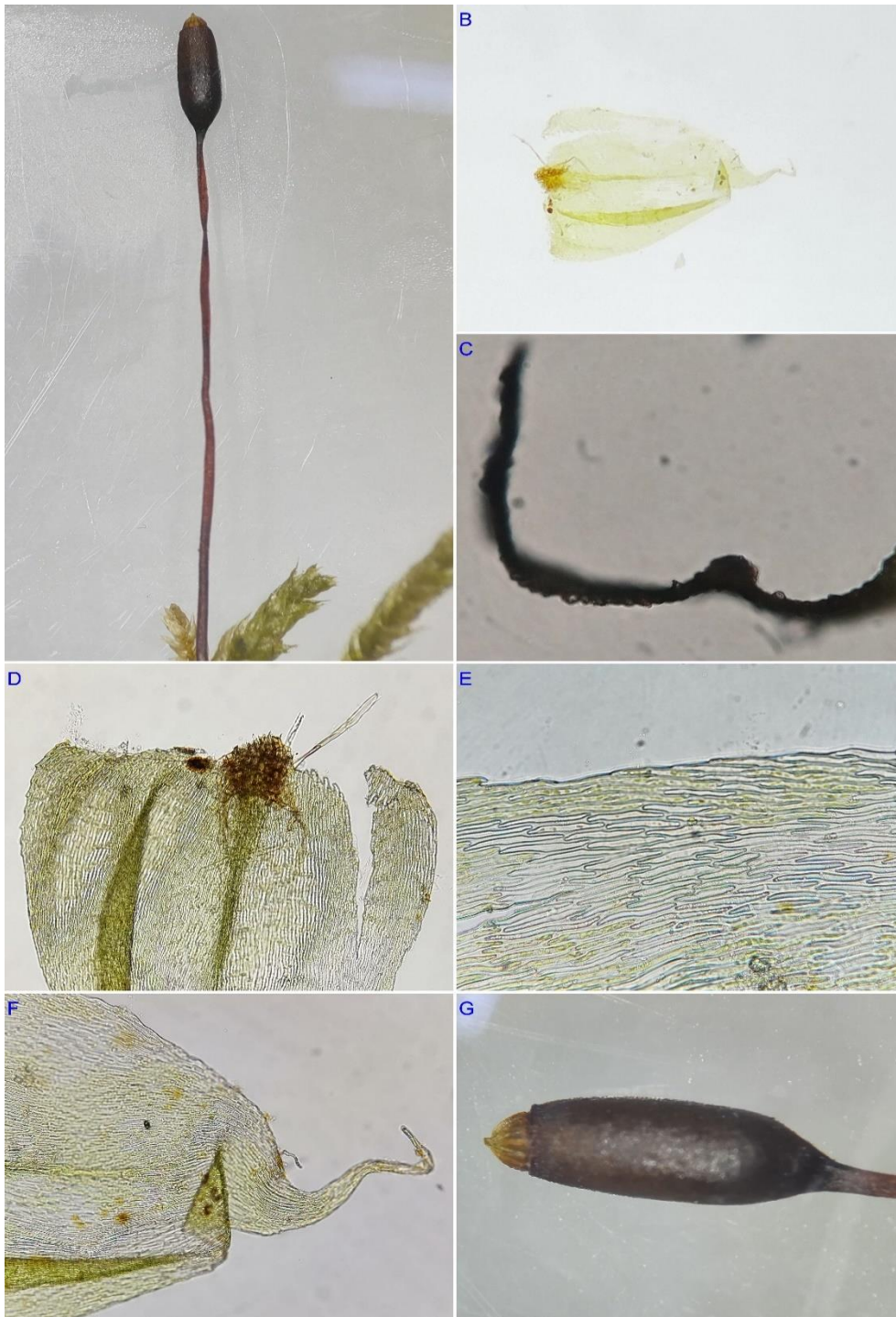




**Grupo 4.1.** A. Disposición de las hojas. B. Hoja. C. Corte transversal. D. Células basales de la hoja. E. Células del margen de la hoja. F. Ápice de la hoja.

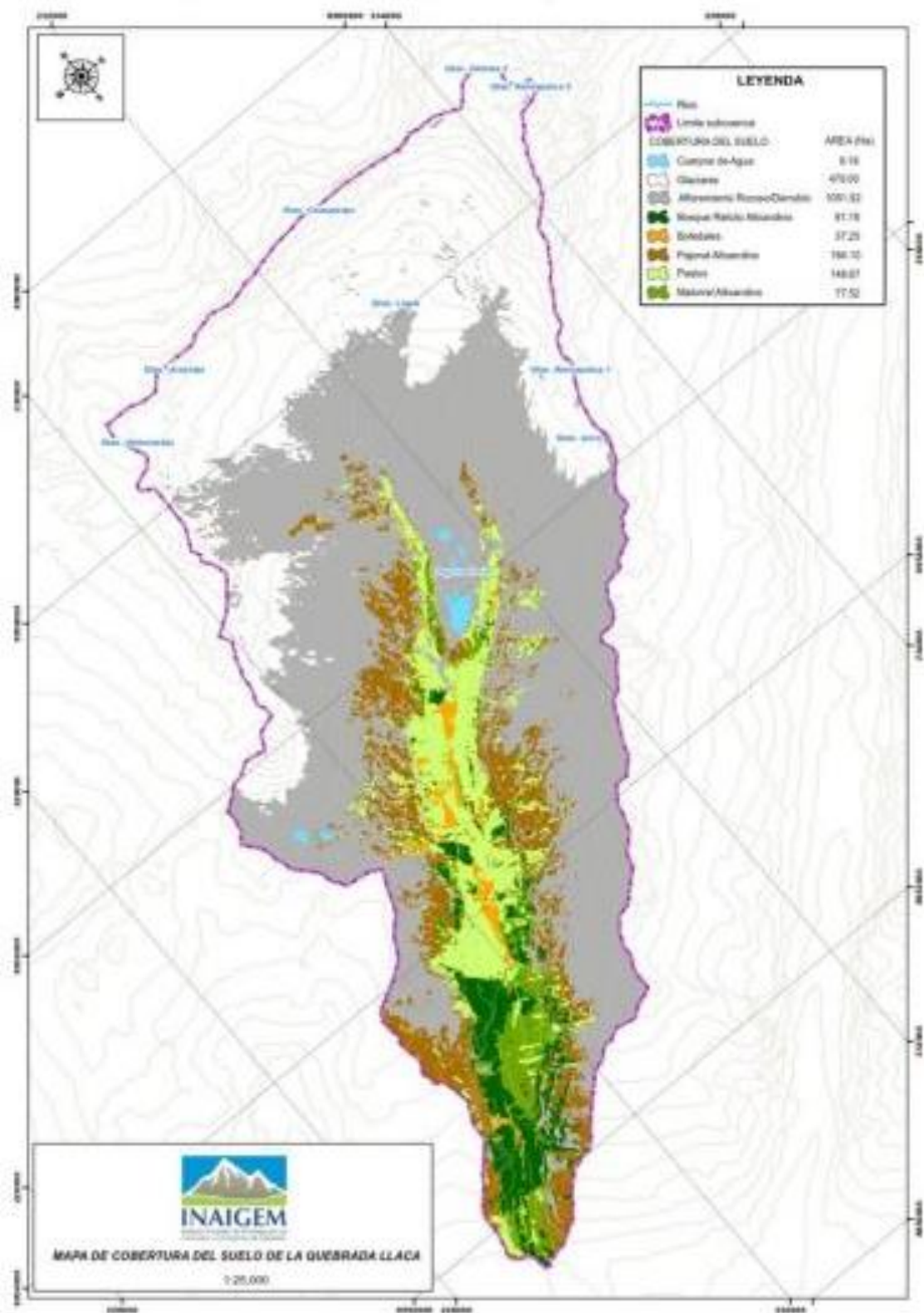


**Grupo 4.2** A. Planta con esporofito. B. Hoja. C. Corte transversal de la hoja. D. Células basales de la hoja. E. Células del margen de la hoja. F. Ápice de la hoja. G. Esporofito.





Anexo 12. Mapa de cobertura en la quebrada Llaca.



Fuente: DIEM - INAIGEM (2016)

**Anexo 13.** Línea de tiempo de principales eventos en la quebrada Llaca (1971 - 2023).



**Anexo 14.** Línea de tiempo de principales eventos en la quebrada Quillcayhuanca (1975 - 2023).

