

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS:

**Descripción de rasgos funcionales en plantas
representativas de bofedales del ducto de PERU LNG
en Ayacucho y Huancavelica, 2024**

Para optar el título profesional de:
**BIÓLOGA, ESPECIALIDAD: ECOLOGÍA Y RECURSOS
NATURALES**

PRESENTADO POR:

Bach. Bernita Leonor Izaura TAIPE ROCA

ASESOR:

Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO

COASESORES:

**PhD. Reynaldo LINARES PALOMINO
Mg. Mónica Sofía MALDONADO FONKÉN**

AYACUCHO - PERÚ

2026

A mis abuelos, padres, hermanos,
familia y amigos, cuyo apoyo
incondicional y confianza fueron
fundamentales para alcanzar esta
meta.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y a los docentes de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas, por su dedicación y enseñanza, que contribuyeron de manera significativa a mi formación profesional.

A mis asesores, Dr. Jesús De La Cruz Arango, Ph.D. Reynaldo Linares Palomino y Mg. Mónica Sofía Maldonado Fonkén, por su orientación y apoyo, los cuales han enriquecido significativamente el desarrollo de este trabajo.

Extiendo también mi agradecimiento a Mg. Jenny Olga Arrea Paucar, Ph.D. Alejandro Monzón Montoya, Blgo. Pablo Najarro Cerón, Ph.D. Danny E. Carvajal y Mg. Angie Montenegro Hoyos, quienes, con sus comentarios, orientación y constante motivación, me impulsaron a continuar y culminar esta meta.

Agradezco también al Blgo. Marco Rivera Atao, por su apoyo en el reconocimiento de las especies y su acompañamiento en campo, así como a Ronald Huamán, Edison Curi, Valery Ocaña, Piero Noa, Gloriamaría Zamora, Sara Ramos, Leonel Quichua, Grenyt Huamani, Brayan Noa y William Yace, quienes colaboraron activamente en la toma de datos, cuyo esfuerzo y compromiso fueron esenciales para el desarrollo de esta investigación.

Al equipo del Smithsonian Conservation Biology Institute (SCBI), al equipo de PERU LNG, a la División de Ecología Vegetal de CORBIDI, a la Asociación Peruana para la Conservación de la Naturaleza (APECO) y al Herbario San Cristóbal de Huamanga (HSCH), por su colaboración y acompañamiento.

Finalmente, a mis padres, Magna y Efraín, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional a lo largo de mi formación académica; a mis hermanos, por su compañía y constante aliento; a mi familia, por su respaldo y comprensión; y a mis amigos, por su acompañamiento permanente, expreso mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURA	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	7
2.2.1. Bofedal	7
2.2.1.1. Estructura de un bofedal	7
2.2.1.2. Importancia de los bofedales	9
2.2.1.3. Amenazas a los bofedales	9
2.2.2. <i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyen	10
2.2.3. <i>Plantago tubulosa</i> Decne	11
2.2.4. <i>Plantago rigida</i> Kunth	12
2.2.5. <i>Werneria pygmaea</i> Gillies	13
2.2.6. Ecología funcional	14
2.2.7. Rasgos funcionales	14
2.2.8. Estrategias funcionales	14
2.2.9. Compensaciones funcionales	15
2.2.10. Análisis de Rasgos Funcionales	15
2.2.10.1. Formas de vida	15
2.2.10.2. Formas de crecimiento	16
2.2.10.3. Altura de la planta	17
2.2.10.4. Área Foliar Especifica	18
2.2.10.5. Espesor foliar	18
2.2.10.6. Contenido de clorofila	18
2.2.10.7. Vía fotosintética	18
2.2.10.8. Longitud de la raíz	19
2.2.10.9. Diámetro medio de la raíz	19

2.2.8. Programa BMAP	19
2.3. Aspectos legales	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Lugar de estudio	22
3.1.1. Ubicación geográfica del lugar de estudio	22
3.2. Tipo de investigación	22
3.3. Nivel de investigación	22
3.3.1. Descripción de los bofedales estudiados	23
3.3.1.1. Bofedal 1	24
3.3.1.2. Bofedal 2	25
3.3.1.3. Bofedal 3	25
3.3.1.4. Bofedal 4	25
3.3.1.5. Bofedal 5	25
3.4.1. Población	26
3.4.2. Muestra	26
3.5. Metodología y recolección de datos	26
3.5.1. Selección de especies representativas	26
3.5.2. Selección de bofedales	26
3.5.3. Descripción del lugar y condiciones ecológicas y geográficas	27
3.5.3.1. Ubicación geográfica	27
3.5.3.2. Humedad promedio	27
2.2.3.1. Tipos de cobertura del suelo	27
3.5.4. Colecta de muestras	27
3.5.5. Medición de rasgos funcionales	28
3.5.5.1. Formas de vida	28
3.5.5.2. Formas de crecimiento	28
3.5.5.3. Vía fotosintética	29
3.5.5.4. Altura de planta	29
3.5.5.5. Área foliar específica	29
3.5.5.6. Espesor foliar	29
3.5.5.7. Contenido de clorofila	30
3.5.5.8. Longitud de la raíz	30
3.5.5.9. Diámetro medio de la raíz	30
3.6.1. Análisis descriptivo de rasgos funcionales	31
3.6.2. Relación entre rasgos funcionales	31

3.6.3. Relación entre rasgos funcionales y variables ambientales	31
IV. RESULTADOS	33
V. DISCUSIÓN	49
VI. CONCLUSIONES	57
VII. RECOMENDACIONES	58
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
IX. ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Clasificación de Formas de Vida	16
Tabla 2. Clasificación de Formas de Crecimiento	17
Tabla 3. Clasificación de Vías Metabólicas Fotosintéticas	19
Tabla 4. Ubicación geográfica (Zona 18L-WGS84) de los bofedales seleccionados	22
Tabla 5. Rasgos funcionales cualitativos	33
Tabla 6. Bofedales y variables ambientales	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa de ubicación de los bofedales estudiados	23
Figura 2. Vista general de los cinco bofedales evaluados en el transecto de PERU LNG	24
Figura 3. Características anatómicas foliares observadas en corte transversal de las especies evaluadas	34
Figura 4. Morfología general de las especies estudiadas: hábito, sistema radical y estructura foliar	36
Figura 5. Altura de planta (mm) de las especies estudiadas en los cinco bofedales evaluados	37
Figura 6. Área foliar específica (mm ² /mg) de las especies estudiadas en los cinco bofedales evaluados	38
Figura 7. Espesor foliar (mm) de las especies estudiadas en los cinco bofedales evaluados	39
Figura 8. Contenido de clorofila (Índice SPAD) de las especies estudiadas en los cinco bofedales evaluados	40
Figura 9. Longitud de raíces (cm) de las especies estudiadas en los cinco bofedales evaluado	40
Figura 10. Diámetro de las raíces (mm) de las especies estudiadas en los cinco bofedales evaluados	42
Figura 11. Matriz de correlación de Spearman entre rasgos funcionales de las especies seleccionadas	43
Figura 12. Espacio funcional bidimensional de las especies basado en PCA	46
Figura 13. Relación entre rasgos funcionales de las especies y variables ambientales mediante PCA	48

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
ANEXO 1. Constancia de identificación de especies	68
ANEXO 2. Ubicación geográfica de las parcelas de colecta de especies seleccionadas	69
ANEXO 3. Tabla estadística de resumen grafico Boxplot	70
ANEXO 4. Matriz de correlación de Spearman entre rasgos funcionales	72
ANEXO 5. Matriz de correlación de Spearman <i>D. muscoides</i>	73
ANEXO 6. Matriz de correlación de Spearman <i>P. rígida</i>	74
ANEXO 7. Matriz de correlación de Spearman <i>P. tubulosa</i>	75
ANEXO 8. Matriz de correlación de Spearman <i>W. pygmaea</i>	76
ANEXO 9. Análisis de espacio funcional	77
ANEXO 10. Análisis de Componentes Principales rasgos funcionales y variables ambientales	78
ANEXO 11. Metodología de trabajo	79
ANEXO 12. Matriz de consistencia	81

RESUMEN

Los bofedales contribuyen significativamente en la regulación del agua y la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, al igual que muchas regiones montañosas de todo el mundo, se ven cada vez más amenazados por los cambios globales. Por lo tanto, comprender las respuestas funcionales de las especies vegetales bajo escenarios de cambio ambiental es fundamental para entender los procesos ecológicos de estos ecosistemas y aportar información relevante para su conservación y gestión. Se planteó como objetivo describir los rasgos funcionales de especies representativas de los bofedales del área de influencia del gaseoducto de PERU LNG en las regiones de Ayacucho y Huancavelica, en el sur de Perú, durante la estación seca de 2024. Se seleccionaron y evaluaron los rasgos de cuatro especies dominantes (*Distichia muscoides*, *Plantago rigida*, *Plantago tubulosa* y *Werneria pygmaea*) en cinco bofedales. Los rasgos funcionales considerados fueron: forma de vida, forma de crecimiento, vía fotosintética, altura de planta, área foliar específica, espesor foliar, contenido de clorofila, diámetro medio y longitud de raíz. Los resultados mostraron que existen dos estrategias funcionales contrastantes: *D. muscoides* y *P. rigida* presentaron una tendencia hacia estrategias conservativas (hojas gruesas, raíces profundas y cojines compactos), mientras que *W. pygmaea* y *P. tubulosa* presentaron estrategias adquisitivas (alta área foliar específica, mayor contenido de clorofila y rosetas basales). En cuanto a las variables ambientales, se observó una asociación limitada con la variación de los rasgos funcionales; sin embargo, la humedad del suelo y la cobertura vegetal se relacionaron con la predominancia de estrategias adquisitivas, mientras que condiciones de menor disponibilidad hídrica favorecieron estrategias conservativas. Estos resultados evidencian que la disponibilidad de recursos, particularmente el agua, actúa como un factor clave en la estructuración funcional de las comunidades vegetales en bofedales altoandinos.

Palabras clave: Bofedales altoandinos, rasgos funcionales, ecología funcional, estrategias funcionales.

I. INTRODUCCIÓN

Ante el escenario de cambio global, se ha incrementado la necesidad de comprender cómo las especies vegetales responden funcionalmente a estos cambios. Como señalan Báez *et al.* (2022) y Dalle *et al.* (2024), el estudio de rasgos funcionales permite descifrar las estrategias que emplean las plantas para persistir bajo condiciones de estrés.

En el Perú, se han realizado investigaciones como la de Zelada & Reynel (2019), quienes evaluaron especies arbóreas a lo largo de un gradiente altitudinal, para identificar patrones adaptativos estimando los rasgos funcionales, Witting (2024), registró rasgos funcionales en una especie arbórea para complementar su propuesta de conservación y restauración forestal en bosques fragmentados. La mayoría de los estudios de ecología funcional se han centrado en especies arbóreas en ecosistemas por debajo de los 3 000 m s.n.m.. Iniciativas como FunAndes (Báez *et al.*, 2022) y el trabajo de Halbritter *et al.* (2024) en pastizales de puna representan avances significativos. Sin embargo, aún persiste la necesidad de más investigaciones en más ecosistemas altoandinos, en particular en bofedales que permitan conocer múltiples dimensiones funcionales.

El integrar rasgos en los estudios fortalece el entendimiento del funcionamiento de los humedales y orienta las trayectorias adecuadas en esfuerzos de restauración de humedales (Sloey *et al.*, 2023). Asimismo, Roy *et al.* (2019), resaltan su utilidad como indicadores de estado de los humedales.

Los bofedales altoandinos son ecosistemas importantes en la región andina, por su rol en la regulación del ciclo hídrico y por albergar biodiversidad, pero las amenazas que enfrentan han puesto en estado crítico su integridad ecológica. Investigaciones como la de Maldonado-Fonkén *et al.* (2024), han identificado un total de 13 comunidades vegetales predominantes en los bofedales a lo largo del ducto de PERU LNG, siendo *Distichia muscoides* (Juncaceae), *Plantago rigida* (Plantaginaceae),

Plantago tubulosa (Plantaginaceae) y *Werneria pygmaea* (Asteraceae), las cuatro especies con mayor dominancia.

En este contexto, resultó necesario estudiar los rasgos funcionales de especies propias de bofedales altoandinos, con el fin de aportar al vacío de información, mejorando el entendimiento de sus estrategias funcionales y generar información útil para su conservación, con esa finalidad se plantean los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

Objetivo general

Describir los rasgos funcionales en plantas representativas de bofedales del ducto de PERU LNG en Ayacucho y Huancavelica, durante la temporada seca del 2024.

Objetivos específicos

1. Caracterizar los rasgos funcionales cualitativos de las especies seleccionadas en los bofedales estudiados.
2. Analizar los rasgos funcionales cuantitativos de las especies seleccionadas en los bofedales estudiados.
3. Evaluar las relaciones entre rasgos funcionales de las especies seleccionadas para identificar estrategias adaptativas.
4. Relacionar los rasgos funcionales con variables ambientales que influyan en las especies representativas seleccionadas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Internacionales

En ecosistemas como los bofedales existen amenazas, como las sequías, el cambio de uso del suelo y el cambio climático; estas amenazas están desencadenando cambios sin precedentes en estos ecosistemas, por lo que es importante realizar evaluaciones más integrales de estos ecosistemas (López *et al.*, 2025). Ante este escenario, numerosos autores han enfocado sus esfuerzos en estudiar cómo ciertas características de las plantas revelan estrategias ecológicas para responder a dichos disturbios, así como el impacto de estas adaptaciones en las propiedades y el funcionamiento de los ecosistemas (Báez *et al.*, 2022; Dalle Fratte *et al.*, 2024; Kühn *et al.*, 2021; Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016).

Cornelissen *et al.* (2003) que publicaron un manual para la medición normalizada y sencilla de los rasgos funcionales en todo el mundo, y que Pérez-Harguindeguy *et al.* (2016) ampliaron y actualizaron, incorporando nuevos rasgos y enfoques metodológicos.

Carmona *et al.* (2024), proponen FunSPACE, un paquete de R, con el objetivo de facilitar el análisis de rasgos funcionales bivariantes y multivariantes, permitiendo ver características de cualquier espacio de rasgos funcionales y relacionarlo con otros factores (biológicos y no biológicos), que contribuye a dar forma y entender mejor la diversidad funcional de las especies. Gracias a estos esfuerzos, hoy es posible encontrar estudios basados en este marco teórico en múltiples regiones del planeta, enriqueciendo el entendimiento de los ecosistemas.

Roy *et al.* (2019), realizaron un estudio en 322 paisajes de humedales antrópicamente modificados en Alberta (Canadá), evaluando características fisicoquímicas y rasgos funcionales, el origen y la historia de vida de las especies presentes. Los autores revelaron que los rasgos funcionales de las plantas se ven afectados por la intensidad del uso del suelo. Asimismo, concluyeron que existe una

relación entre los rasgos funcionales de las especies vegetales y el estado ecológico de los humedales, recomendando el uso de estos rasgos como indicadores del estado de conservación de dichos ecosistemas.

Lachaise *et al.* (2021), evaluaron rasgos funcionales de las plantas de los pastizales europeos y la relación con la abundancia de la vegetación a diferentes escalas espaciales. También realizaron una comparación de la importancia relativa de los rasgos subterráneos (raíces) frente a los aéreos (hojas y altura de la planta). Como resultado más importante rescataron que los rasgos subterráneos deben considerarse con mayor frecuencia en los estudios sobre ecología funcional de las plantas.

Montenegro-hoyos *et al.* (2024), evaluaron el efecto combinado de la profundidad de la napa freática y el pastoreo sobre los rasgos funcionales y la distribución de biomasa vegetal. Los resultados evidenciaron que, a medida que aumentaba la profundidad de la napa, las comunidades vegetales transitaban desde estrategias adquisitivas hacia estrategias conservativas, lo que podría afectar procesos ecosistémicos como la acumulación de turba y el almacenamiento de carbono.

Ling-Ling *et al.* (2022), analizaron la relación entre los rasgos funcionales de las plantas y los factores ambientales en regiones frías, específicamente en las cabeceras de los ríos Yangtze y Lancang, parte de la meseta tibetana de Qinghai, con una altitud media mayor a 4 000 m s.n.m., en la que se encontraron lagos, humedales de regiones alpinas y glaciares. Encontraron que el crecimiento único de las diferentes plantas y el grado de adaptación a los ambientes alpinos determinarían en última instancia las variaciones de los rasgos funcionales de las hojas. En cuanto a la altitud y el contenido de clorofila reportaron una correlación negativa significativa, y una correlación positiva significativa entre el área foliar y la altitud. Concluyeron que los factores climáticos tienen un papel importante en la distribución de los rasgos funcionales de las plantas a escala global.

Díaz *et al.* (1999) exploraron el uso de rasgos funcionales para evaluar las respuestas de la vegetación al clima y al uso de suelo frente a un gradiente climático y de elevación (400 a 2 155 m s.n.m.) en el centro-oeste del país, con potencial de ser aplicado a diferentes escalas espaciales.

Schroeder *et al.* (2024) estudiaron comunidades vegetales entre 2 400 a 3 500 m s.n.m. a lo largo de un gradiente climático y de elevación, analizando cómo los cambios en el hábitat influyen en la diversidad funcional, filogenética y espectral de

las plantas. Demostraron el impacto de estos factores en la formación y diversidad de las comunidades vegetales de los Andes centrales.

Munoz *et al.* (2014) investigaron el rol de las plantas de cojín *Oxychloe andina* y *Distichia muscoides*, en humedales altoandinos (bofedales) en un rango de altitud entre 4 445 a 4 990 m s.n.m., consideraron cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio en las hojas, el contenido de materia seca de la hoja y el área específica de la hoja como rasgos funcionales. Los resultados demostraron que cada especie de cojín presentó rasgos funcionales distintos.

Danet *et al.* (2018), integraron la medida de rasgos funcionales (materia seca de la hoja, altura y grosor foliar) en su estudio de las turberas de la Cordillera Real a 4 500 m s.n.m., y comprobaron que las especies que forman cojines (*Oxychloe andina* y *Distichia muscoides*) protegen contra la herbívora a otras especies asociadas a ellas. Raevel *et al.* (2018), estudiaron la dinámica entre plantas formadoras de cojines, con especies a las que proporcionan protección contra el estrés extremo, por lo que decidieron analizar la variación de los rasgos funcionales que reflejan como estas plantas invierten en tejidos duraderos y se desarrollan por debajo o encima de los cojines formados por *D. muscoides* y *O. andina*, siendo los pioneros en la investigación sobre la ecología funcional en turberas tropicales de alta elevación, proporcionando nuevas perspectivas sobre la ecología de estos ecosistemas.

Nacionales

A nivel del Perú, se han realizado pocos trabajos sobre diversidad funcional en plantas, sobre sus rasgos funcionales y las posibles respuestas en un contexto ecológico.

Zelada & Reynel (2019) estimaron rasgos funcionales en *Theobroma subincanum* y *Neea divaricata* (especies arbóreas) en un gradiente altitudinal de la Reserva Comunal El Sira, en el centro del Perú, con el objetivo de analizar la variación de los rasgos funcionales, seleccionando arboles con DAP, mayor a 10 cm y con un mínimo de cinco y un máximo de diez árboles, por parcela (cinco parcelas en total) concluyendo que los atributos de los rasgos, área foliar, área foliar específica y densidad básica mostraron variación según el nivel altitudinal.

Dominguez (2024) caracterizó rasgos funcionales de *Parkia panurensis* Benth. “pashaco colorado” en colinas altas y bajas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en un área de 23,02 ha, en 14 unidades muestrales, con el propósito de determinar la morfometría, las diferencias foliares y copa de los individuos. Concluyendo en que las copas de los árboles muestran ligeras diferencias

en colinas bajas y altas, a nivel de los rasgos foliares y la densidad básica de la madera no existen no muestras diferencias evidentes.

Paredes (2024), caracterizó trece rasgos funcionales de las diez especies (*Aspidosperma polyneuron*, *Cordia iguaguana*, *Cynophalla flexuosa*, *Esenbeckia cornuta*, *Guapira sp.*, *Zanthoxylum rigidum*, *Browningia altissima* y *Espostoa blossfeldiorum*) más abundantes dentro de cinco parcelas en bosques estacionalmente secos del valle del Marañón, con fines de restauración ecológica, teniendo como resultados importantes la identificación de dos grupos funcionales, el primero formado por especies conservadoras (con bajos valores de área foliar) y el segundo por cactáceas resistentes a herbivoría.

Witting (2024), generó información sobre rasgos funcionales y sensoramiento remoto de *Haplorhus peruviana* Engl. con fines de conservación y restauración forestal en bosques fragmentados de Tinco (Huancavelica). Para el análisis de rasgos funcionales registró información de altura de planta, diametro a la altura del pecho (DAP), diámetro de copa y el área foliar específica, posteriormente se realizó el análisis de componentes principales (PCA) , cuyos resultados evidenciaron que los rasgos vegetativos ejercen una mayor influencia sobre la variabilidad observada.

Báez *et al.* (2022), que redujeron la brecha de la falta de información de rasgos funcionales en plantas de los Andes y presentaron la base de datos FunAndes. Esta iniciativa compiló datos de 24 rasgos en diferentes especies de la flora andina, de seis países diferentes (Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela), logrando registrar información para 150 familias y 2690 especies. La información registrada incluye características morfológicas, así como rasgos de hojas, tallos y otras medidas a nivel de especie o individuo. Los cinco rasgos funcionales con mayores reportes fueron: forma de crecimiento de la planta, composición de la hoja, área foliar específica, densidad de madera y grosor de la hoja.

Halbritter *et al.* (2024), realizaron un trabajo enfocado en generar información y una descripción de rasgos funcionales. Para ello escogieron seis sitios a lo largo de un gradiente de 1 314 m s.n.m. en pastizales de puna en los Andes peruanos. Los rasgos seleccionados estuvieron asociados al uso de recursos, crecimiento y estrategias de vida de las plantas e incluyeron: área foliar, masa seca/húmeda foliar, grosor foliar, área foliar específica, contenido en materia foliar seca, contenido en carbono (C), nitrógeno (N) y fosforo (P) e isótopos de C y N. Obtuvieron 3 665 registros de 145 taxones, de los cuales el 40% no contaba con información previa de rasgos funcionales disponibles al público. Esta contribución aportó nueva información de

apoyo a otras investigaciones de respuestas de la vegetación a los factores de cambio a nivel global y las consecuencias de estos en el funcionamiento de los ecosistemas.

Locales

A nivel local, aportes como el de Maldonado-Fonkén *et al.* (2024), que estudiaron las comunidades vegetales más dominantes en los bofedales que se encuentran dentro de la zona de influencia del megatransecto del gaseoducto de PERU LNG, que atraviesa los departamentos de Ayacucho y Huancavelica. Lograron identificar 13 comunidades vegetales, siete de ellas dominadas por diferentes abundancias y combinaciones de *D. muscoides*, *P. tubulosa*, *W. pygmaea* y *P. rígida*. Hicieron énfasis en la variación de estas comunidades, con diferencias entre ellas durante los tres años de estudio.

Para Sloey *et al.* (2023), la integración de especies para la restauración de los bofedales podría tomar un enfoque de rasgos funcionales, pero por la falta de consenso en los rasgos a priorizar, existe una necesidad de estudios locales que validen su utilidad en contextos altoandinos, de que se estandaricen las mediciones, y que esto facilite llevar los resultados a escalas prácticas.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Bofedal

Según la Memoria Descriptiva del Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú del MINAM (2019) y la Memoria Descriptiva del Inventario Nacional de Bofedales del INAIGEM (2023), se define como bofedal al ecosistema andino hidromórfico, dominados por vegetación hidrófila, generalmente de porte herbáceo, distribuidos a lo largo de los Andes, por encima de los 3 500 m s.n.m., suelen encontrarse en áreas planas o ligeramente deprimidas con suelos saturados o permanentemente inundados, condiciones que permiten mantener una vegetación verde y densa durante todo el año. El Inventario Nacional de Bofedales estimó que estos ecosistemas abarcan una superficie de 1 052 210.6 ha a nivel nacional, lo que representa aproximadamente el 0,8% del territorio del Perú.

2.2.1.1. Estructura de un bofedal

INAIGEM (2023) menciona que los bofedales son heterogéneos por la influencia de tres componentes principales: agua, suelo y vegetación. Las interacciones singulares entre cada uno de ellos permite diferenciarlos en tipos de bofedales.

Se podrá diferenciar entre bofedales estacionales, saturados solo en épocas de lluvia y bofedales permanentes (los que se mantengan saturados todo el año y cuentan con una fuente de agua subterránea) según el periodo de saturación de agua en los suelos de los bofedales (hidroperíodo). El origen del agua también influye en la cantidad de nutrientes inorgánicos disponibles para las plantas (INAIGEM, 2023; Monge-Salazar *et al.*, 2022)

Los bofedales tienen suelos que almacenan cantidades significativas de carbono en forma de materia orgánica parcialmente degradada, las tasas de deposición y descomposición de la turba serán influenciadas por las condiciones hidrológicas de cada bofedal. No todos los bofedales serán turberas. Para considerarlos turberas generalmente se considera que deben acumular entre 30 a 40 cm de profundidad de turba. A mayor contenido de turba y materia orgánica reportan valores más bajos de densidad aparente, lo que a su vez significa mayor capacidad de almacenamiento de agua (INAIGEM, 2023; Monge-Salazar *et al.*, 2022; Polk *et al.*, 2019).

Estudios realizados en diversos bofedales han confirmado que la vegetación en un bofedal es el resultado de la interacción de diferentes factores (por ejemplo, la calidad del agua, hidroperíodo y condiciones del suelo). Aunque los bofedales cuenten con pocas especies presentes (baja diversidad alfa), la tasa de cambio de la composición de estas especies (diversidad beta) es más alta (Chimner *et al.*, 2020; INAIGEM, 2023; Polk *et al.*, 2019).

INAIGEM (2023) describe la vegetación de los bofedales del Perú en base a tres variables: cobertura vegetal, especies dominantes y tipo de formación vegetal. Identifica cuatro formaciones vegetales para los bofedales del Perú: los bofedales de cojín o almohadillados, dominados por *Distichia muscoides* acompañados de *Oxychloe andina*, *Oreobolus obtusangulus* y *Plantago rigida*; los bofedales alfombrados, dominados por *Plantago tubulosa* y *Werneria pygmaea*; los bofedales de gramíneas, dominados por especies de la familia Poaceae y Ciperaceae, con capacidad de acumular turba; los bofedales dominados por musgos del género *Sphagnum* y arbustos del género *Loricaria*, son menos frecuentes y han sido reportados solo en el norte del Perú (Chimner *et al.*, 2020; INAIGEM, 2023). Maldonado-Fonkén *et al.* (2024) describieron 13 comunidades vegetales en 31 bofedales de Ayacucho y Huancavelica, demostrando la alta heterogeneidad florística que existe en los bofedales.

2.2.1.2. Importancia de los bofedales

Los bofedales proporcionan diversos servicios ecosistémicos de provisión, regulación, soporte y tipo cultural. Entre los servicios de provisión destacan el suministro de agua dulce y forraje; mientras que los de regulación incluyen la captura de carbono, el control de la erosión del suelo, la regulación de la calidad y disponibilidad hídrica, la regulación del clima local y la purificación del agua. Asimismo, estos ecosistemas cumplen funciones de soporte, como servir de refugio y zona de migración para especies silvestres, además de contribuir al funcionamiento del ciclo hidrológico y al mantenimiento de los ciclos de vida. También brindan servicios culturales asociados al patrimonio cultural, el valor paisajístico, la recreación y el turismo (Flores *et al.*, 2014).

Además, los bofedales constituyen una importante fuente de recursos forrajeros para la fauna silvestre y doméstica, especialmente para los camélidos sudamericanos (Mendoza *et al.*, 2024). En este sentido, Valencia *et al.* (2013) señalaron que estos ecosistemas son utilizados como áreas de pastoreo para ganado camélido, ovino y vacuno, principalmente durante la época seca, comprendida entre los meses de mayo y setiembre.

2.2.1.3. Amenazas a los bofedales

Los bofedales están considerados como ecosistemas frágiles (según la Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente, Artículo 99.1) al ser dependientes del agua y sensibles a cambios climáticos y antrópicos. Mendoza *et al.* (2024) y Maldonado Fonkén (2015) señalaron que la mayoría de los bofedales del Perú han sido utilizados históricamente para el pastoreo, generando una presión constante sobre estos ecosistemas. El grado de impacto variará en función al tipo y la cantidad de ganado. Los vacunos y los caballos ejercen mayor impacto debido a que sus pesados cuerpos y la anatomía de sus pezuñas pueden compactar y dañar la vegetación. También menciona que en los bofedales donde se ha extraído turba (para uso como combustible), la minería y otras actividades de industrias extractivas (como el gaseoducto de Camisea que atraviesa los Andes). Flores *et al.* (2014) indicaron que estos ecosistemas pueden perder su capacidad de proveer bienes y servicios ecosistémicos debido a procesos como la expansión urbana, la agricultura, la construcción de represas y carreteras, el sobrepastoreo, el drenaje, la contaminación, la minería, la fragmentación del hábitat y la extracción intensiva de vegetación utilizada como combustible.

2.2.2. *Distichia muscoides*

a. Taxonomía

Distichia muscoides Nees & Meyen es una especie perteneciente a la familia Juncaceae. Según la clasificación filogenética propuesta por el Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016), su ubicación taxonómica es:

Clado : Monocotiledóneas

Orden : Poales

Familia : Juncaceae

Género : *Distichia*

Especie : *Distichia muscoides* Nees & Meyen

a. Descripción botánica

Distichia muscoides es una especie herbácea perenne que forma cojines compactos de tipo cespitoso. Presenta tallos cortos y ramificados, con hojas dísticas densamente dispuestas, que le confieren un aspecto imbricado y rígido. Las hojas poseen un surco adaxial y una sección transversal cónica o redondeada, con bases engrosadas que pueden alcanzar hasta 3 cm de longitud. Los brotes muestran un patrón de ramificación bifurcada. La inflorescencia es monofloral y se ubica en la axila de una hoja normal, aproximadamente en el séptimo nudo por debajo del ápice del tallo, sobresaliendo del cojín únicamente dos o tres hojas verdes. Las flores son unisexuales, pistiladas, de tamaño reducido y pediceladas, acompañadas por una bráctea y una bractéola adaxial bífida. Las semillas son oblongas y están cubiertas por una capa externa blanca y gruesa. El sistema radical es adventicio, con raíces que emergen a lo largo del rizoma entre las vainas foliares; estas son blancas en estadios juveniles y se tornan marrones con la madurez. Los cojines pueden alcanzar varios metros de diámetro, aunque su crecimiento en altura es limitado debido a su estructura compacta. (Balslev, 1996; Gonzáles *et al.*, 2016)

b. Hábitat y ecología

Especie presente en bofedales y turberas altoandinas, formadora de cojines que regulan el flujo hídrico y reducen la erosión. Crece en suelos saturados de agua, a bajas temperaturas. En sus cojines albergan otras especies asociadas (Balslev, 1996; Gonzáles *et al.*, 2016).

c. Distribución geográfica

Distichia muscoides presenta una amplia distribución a lo largo de la cordillera de los Andes, desde Colombia hasta el norte de Argentina. Es característica de la vegetación de páramos y punas altoandinas, donde se distribuye en un rango

altitudinal aproximado entre los 3 600 y 4 600 m s.n.m. (Balslev, 1996; Gonzáles *et al.*, 2016).

2.2.3. *Plantago tubulosa*

a. Taxonomía

Plantago tubulosa Decne., es una especie de la familia Plantaginaceae. Según la clasificación filogenética propuesta por el Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016), su ubicación taxonómica es:

Clado : Eudicotiledóneas

Orden : Lamiales

Familia : Plantaginaceae

Género : *Plantago*

Especie : *Plantago tubulosa* Decne

b. Descripción botánica

Plantago tubulosa es una hierba perenne de crecimiento cespitoso, que forma densas rosetas basales con un tallo corto y una raíz pivotante engrosada, acompañada de raíces secundarias delgadas y escasamente ramificadas. Las hojas presentan margen dentado, ápice obtuso o acuminado y pubescencia en las axilas; las vainas basales son envainadoras y glabras, y se disponen en rosetas basales. La inflorescencia está constituida por un escapo floral largo y glabro, que culmina en una espiga axilar cilíndrica. Las flores son predominantemente unisexuales, generalmente solitarias, aunque ocasionalmente pueden presentarse dos o tres flores, con escasos registros de flores hermafroditas, poco visibles entre las hojas. Las estructuras más conspicuas son el estigma y las anteras. La bráctea es única, ancha y de forma ovalada, con márgenes unidos y envolventes. El cáliz presenta cinco a seis sépalos, membranosos, lanceolados y glabros. El ovario es bilocular. El fruto es un pixidio sostenido por un carpóforo corto, que contiene de una a seis semillas elipsoidales de 0.8 a 1.2 mm de longitud, de color pardo oscuro y superficie rugosa (Mendoza *et al.*, 2024; Murillo-Godoy, 2010; Rahn, 1985).

c. Hábitat y ecología

Presente en bofedales, laderas pedregosas y pastizales de puna. Prefiere suelos temporalmente húmedos o inundados, aunque también tolera condiciones de sequía estacional (Mendoza *et al.*, 2024; Murillo-Godoy, 2010; Rahn, 1985).

d. Distribución geográfica

Plantago tubulosa se distribuye ampliamente a lo largo de la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta el norte de Argentina y Chile, incluyendo regiones altoandinas de Ecuador, Perú y Bolivia. Se ha reportado en un rango altitudinal aproximado entre los 2 900 y 5 000 m s.n.m. (Mendoza *et al.*, 2024; Murillo-Godoy, 2010; Rahn, 1985).

2.2.4. *Plantago rigida*

a. Taxonomía

Plantago rigida Kunth, es una especie de la familia Plantaginaceae. Según la clasificación filogenética propuesta por el Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016), su ubicación taxonómica es:

Clado : Eudicotiledóneas

Orden : Lamiales

Familia : Plantaginaceae

Género : *Plantago*

Especie : *Plantago rigida* Kunth

b. Descripción botánica

Plantago rigida es una especie herbácea perenne que forma rosetas densas y rígidas, resultado de la ramificación de uno o pocos individuos. Presenta un tallo o rizoma que puede alcanzar hasta 200 mm de longitud, con ramificaciones que terminan en rosetas compactas compuestas por 20 a 60 hojas vivas. La raíz primaria es axonomorfa, gruesa y puede alcanzar hasta 6 mm de diámetro, acompañada de raíces adventicias prominentes, generalmente más delgadas y de mayor longitud. Las hojas suelen ser postradas, con ápice obtuso, raramente agudo o acuminado; presentan una textura rígida y coriácea, con superficie brillante y punteada observable al microscopio. Se caracterizan por la presencia de 3 a 5 nervios paralelos bien marcados en el envés y se disponen en rosetas basales. La inflorescencia emerge sobre escapos florales largos y cilíndricos, y está compuesta por flores pequeñas con un cáliz de cuatro sépalos con márgenes escariosos. La corola es blanquecina, formando un tubo con cuatro lóbulos ovados, mientras que el ovario es súpero y bicarpelar (Mendoza *et al.*, 2024; Rahn, 1985).

c. Hábitat y ecología

Esta especie crece formando cojines en zonas muy húmedas, como ciénagas, pantanos de paramo, y otros hábitats húmedos y no salinos. También es muy tolerante a suelos pobres en oxígeno (Mendoza *et al.*, 2024; Rahn, 1985).

d. Distribución geográfica

Plantago rigida se distribuye a lo largo de la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta el norte de Argentina, abarcando regiones altoandinas de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. Se encontró reportes de ocurrencia entre 2 900 y 4 600 m s.n.m. (Mendoza *et al.*, 2024; Rahn, 1985).

2.2.5. *Werneria pygmaea*

a. Taxonomía

Werneria pygmaea Gillies ex Hook. & Arn., es una especie de la familia Asteraceae. Según la clasificación filogenética propuesta por el Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, (2016), su ubicación taxonómica es:

Clado : Eudicotiledóneas

Orden : Asterales

Familia : Asteraceae

Género : *Werneria*

Especie : *Werneria pygmaea* Gillies ex Hook. & Arn.

b. Descripción botánica

Werneria pygmaea es una planta herbácea perenne y rizomatosa, de pequeño porte (2–4 cm de altura), que forma grupos reducidos o individuos solitarios. Presenta un rizoma corto, grueso y ramificado, de aproximadamente 3 a 10 cm de longitud. Las hojas se disponen en roseta basal, con una base envainadora provista de tricomas aracnoideos largos. La lámina foliar es lineal, a veces ligeramente ensanchada en el tercio superior, de margen entero y ápice agudo a obtuso; es glabra y presenta nervadura poco visible en el haz y apenas perceptible en el envés. Las hojas muestran cierto grado de carnosidad. La inflorescencia corresponde a un capítulo radiado, solitario, terminal, que puede ser sésil o presentar un pedúnculo corto. El involucre es estrechamente cupuliforme, con brácteas fusionadas en la base. Presenta entre 8 y 15 flores liguladas, con corolas de hasta 12.5 mm de longitud y aproximadamente 1.7 mm de ancho, con 4 a 5 nervios. Las flores del disco son numerosas (22–25), de color crema a amarillento, ocasionalmente con ápices púrpura; las ramas del estilo son truncadas y presentan una corona de pelos largos amarillentos o púrpura. El fruto es un aquenio de aproximadamente 1.5 mm de largo y 0.6 mm de ancho (Calvo *et al.*, 2020; Mendoza *et al.*, 2024).

c. Hábitat y ecología

Werneria pygmaea habita en humedales altoandinos, como bofedales, riberas y páramos, en un amplio rango altitudinal que puede alcanzar hasta los 5 000 m s.n.m.

Frecuentemente se asocia a cojines de *Distichia muscoides*, donde se establecen microhábitats que favorecen la retención de humedad y la protección frente a condiciones ambientales extremas. Esta asociación sugiere la presencia de procesos de facilitación interespecífica en estos ecosistemas. (Calvo *et al.*, 2020; Mendoza *et al.*, 2024).

d. Distribución geográfica

Esta especie se distribuye en los Andes de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú (presente en casi toda la sierra, desde Ancash hasta Puno y Tacna) y Venezuela (Calvo *et al.*, 2020; Mendoza *et al.*, 2024).

2.2.6. Ecología funcional

Es una rama de la ecología que estudia rasgos funcionales de los organismos, analizando cómo estos rasgos determinan su desempeño ecológico (fitness) y regulan procesos ecosistémicos. Este enfoque provee información importante para evaluaciones del estado de vulnerabilidad o resiliencia de los sistemas biológicos, permitiendo predecir respuestas de las especies a perturbaciones como cambios ambientales y evaluar sus efectos sobre la dinámica del ecosistema y servicios ecosistémicos asociados a estos. La integración de estos estudios es fundamental, frente a los retos actuales de gestión y manejo integral de ecosistemas. (Funk *et al.*, 2017; Salgado-Negret, 2015).

2.2.7. Rasgos funcionales

De Bello *et al.* (2021) y Violle *et al.* (2007) definieron como rasgo funcional a cualquier rasgo o característica (morfológica, fisiológica, fenológica) que impacta indirectamente en la aptitud física a través de sus efectos sobre el crecimiento, la reproducción y la supervivencia de un organismo. En cuanto a los rasgos funcionales en las plantas, Pérez-Harguindeguy *et al.* (2016) lo definieron como las características que representan estrategias ecológicas y determinan cómo las plantas responden a los factores ambientales, afectan a otros niveles tróficos e influyen en las propiedades de los ecosistemas. Las variaciones en los rasgos funcionales de las plantas han demostrado ser útiles para abordar diversas cuestiones ecológicas importantes a diferentes escalas.

2.2.8. Estrategias funcionales

Para Bektaş *et al.*, (2025) y Montenegro-hoyos *et al.*, (2024) las estrategias funcionales son el conjunto de rasgos que, al combinarse, reflejan cómo las especies

vegetales adquieren, conservan y utilizan recursos para crecer, sobrevivir y reproducirse en un ambiente determinado. Estas estrategias permiten a las plantas transitar entre estrategias de adquisición rápida (rápido crecimiento, vida corta, aprovechamiento intensivo de recursos) y estrategias de conservación de recursos (crecimiento lento, vida larga, tolerancia a condiciones limitantes como sequías o cambios de temperatura).

2.2.9. Compensaciones funcionales

Las compensaciones funcionales o *trade-offs* son los intercambios inevitables entre diferentes rasgos de las plantas, que surgen debido a la disponibilidad limitada de recursos como agua, nutrientes y carbono. Estas compensaciones implican que la maximización de un rasgo generalmente ocurre a costa de otro, condicionando las combinaciones de rasgos viables y determinando las estrategias funcionales que las plantas pueden adoptar (Bektaş *et al.*, 2025; Montenegro-hoyos *et al.*, 2024).

2.2.10. Análisis de Rasgos Funcionales

El análisis de rasgos funcionales tiene un enfoque exploratorio y multivariado, distinto al esquema clásico basado en pruebas de hipótesis. Con estos análisis se busca identificar conjuntos de rasgos cuantitativos para explicar el funcionamiento del ecosistema y evaluar la diversidad funcional a partir de la agrupación de las características (rasgos funcionales) de las plantas (Violle *et al.*, 2007).

En lugar de estudiar estos rasgos uno por uno, se los agrupa en un espacio multidimensional simplificado, permitiendo la identificación de patrones comunes y medir numéricamente la variación de los rasgos. Cuando los rasgos son cuantitativos se puede recurrir al método del PCA (Análisis de Componentes Principales), con el fin de reducir la dimensionalidad de estos rasgos y mostrar la covariación de todos los datos (Carmona *et al.*, 2024). Para poder visualizar los valores mínimos y máximos, así como detectar valores atípicos u *outliers* se pueden utilizar el diagrama de cajas y bigotes (*boxplots*) (Guevara, 2024). Debido a que muchos de estos rasgos podrían estar estrechamente relacionados, es pertinente evaluar la magnitud de dichas relaciones entre los rasgos funcionales.

2.2.10.1. Formas de vida

Raunkiaer (1934) propuso un sistema de clasificación de formas de vida (Tabla 5) basado en la estrategia de protección de los órganos perennes de las plantas vasculares, que refleja la adaptación de la planta ante las condiciones climáticas desfavorables para su crecimiento. Se aplica para estudiar los impactos del cambio

ambiental en la vegetación y patrones biogeográficos. Este sistema sigue siendo muy utilizado debido a su simplicidad y adaptabilidad a diversos tipos de vegetación (De Bello *et al.*, 2021; Midolo *et al.*, 2024; Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016).

Tabla 1. Clasificación de Formas de Vida

Categoría	Altura	Descripción
Fanerófitas	Más de 0,50 m	Los brotes no mueren periódicamente. Yemas ubicadas por encima del suelo.
Caméfitos		Brotes maduros que mueren periódicamente, con yemas por encima de la superficie del suelo, pero debajo de unos 0,25m.
Hemicriptófitos		Reducción periódica de brotes a sistema remanente de brotes, las yemas producen brotes nuevos tras una estación anual dura. Yemas situadas en la superficie del suelo.
Geófitos		Reducción anual de brotes y ocasionalmente también de la raíz., con yemas subterráneas durante una estación desfavorable, producidas por rizomas, tubérculos, bulbos o cormos.
Hidrófitos	Menos de 0,50m	Los brotes emergen y muestran sus hojas, sobre la superficie del agua, durante el periodo de crecimiento. Plantas que crecen en ambientes acuáticos, en una estación rigurosa sus órganos permanentes en el agua, fango o en el suelo del fondo de la masa de agua.
Helófitos		Los brotes emergen y muestran sus hojas, sobre la superficie del agua, durante el periodo vegetativo. Plantas que perviven bajo el agua a partir de un órgano que vive en el fondo, como un rizoma o un tubérculo.
Terófitos		Plantas anuales, suelen asociarlas a climas semiáridos y desérticos con la mejor adaptación eficaz a las condiciones más secas para el crecimiento o con breves ventanas de oportunidad. El sistema completo de raíces y brotes mueren después de la producción de las semillas.

Fuente: Pérez-Harguindeguy *et al.* (2016)

2.2.10.2. Formas de crecimiento

De acuerdo con Pérez-Harguindeguy *et al.* (2016), la forma de crecimiento de la planta está determinada por el desarrollo estructural del individuo, incluyendo la extensión del crecimiento y la organización de las ramificaciones. Dichas formas representan adaptaciones ecofisiológicas relacionadas con la eficiencia fotosintética, la arquitectura vegetal y la disposición del follaje.

Tabla 2. Clasificación de Formas de Crecimiento

A. Plantas terrestres, mecánicas y nutricionalmente autosuficientes	A.1. Plantas herbáceas	A.1.a. Planta de roseta
		A.1.b. Rizomatoso alargado con hojas
		A.1.c. Planta cojín (forma pulvinada)
		A.1.d. Hierba de tallo extenso
		A.1.e. Gramíneas
	A.2. Plantas semileñosas	A.2.a. Palmoide.
		A.2.b. Bambusoide
		A.2.c. Tallo suculento
	A.3. Plantas leñosas	A.3.a. Subarbusto postrado
		A.3.b. Arbusto o subarbusto enano
		A.3.c. Arbusto. Planta leñosa de entre 0,5 m y ~5 m de altura
		A.3.d. Árbol
		A.3.d.i. Excurrente
		A.3.d.ii. Delicuescente
		A.3.e. Árbol enano
B. Plantas sustentadas estructural o nutricionalmente por otras plantas o por características físicas especiales	B.1. Epífita	
	B.2. Litofita	
	B.3. Escalador, trepador o enredador	B.3.a. Enredadora herbácea
		B.3.b. Enredadera leñosa
		B.3.c. Trepadoras leñosas
		B.3.d. Estrangulador
	B.4. Hidrófita sumergida o flotante	
	B.5. Parásito o saprófita	

Fuente: Pérez-Harguindeguy *et al.* (2016)

2.2.10.3. Altura de la planta

La altura de la planta como un rasgo funcional, se considera a la distancia entre el más alto de los tejidos fotosintéticos principales y el nivel del suelo (altura del follaje), excluyendo la inflorescencia, semillas, frutos o tallo. Este rasgo está asociado con la forma de crecimiento, la posición de la especie en el gradiente vertical de luz, vigor vegetativo, fecundidad de la planta, longevidad promedio, entre otras (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016). Este rasgo es uno de los recomendados para medir la estructura vegetal, al realizar trabajos de restauración de ecosistemas, calidad del hábitat y mejora de la calidad del agua (Sloey *et al.*, 2023).

2.2.10.4. Área Foliar Específica

El área foliar específica de la hoja, es el área de una hoja fresca dividida por su peso seco. A las plantas que muestren un área foliar específica elevado se les asocia con el desarrollo en un ambiente rico en nutrientes (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016).

2.2.10.5. Espesor foliar

El espesor foliar se considera como rasgo, debido a que puede brindar información sobre la resistencia física de las hojas. Se han realizado estudios interespecíficos en los que se relaciona el espesor foliar alto en ambientes más soleados, más secos y menos fértiles (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016).

2.2.10.6. Contenido de clorofila

Se ha utilizado el contenido de clorofila como rasgo foliar debido a que la clorofila está estrechamente relacionada con la fotosíntesis. En estudios como el de Asefa *et al.*, (2022), el área foliar y el contenido de clorofila estuvo relacionado a la disponibilidad de humedad del suelo, infiriendo que el contenido de clorofila puede variar como estrategia adaptativa y de supervivencia de las especies. Para medir este rasgo, muchos autores emplean equipos no destructivos y rápidos, como los medidores con índice SPAD (por sus siglas en inglés *Soil Plant Analysis Development*), que estima el contenido relativo de clorofila, correlacionado con la cantidad de clorofila presente en las hojas los cuales estiman la concentración de clorofila mediante la absorción de luz en dos longitudes de onda (roja e infrarroja) (Ribeiro Da Cunha *et al.*, 2015; Shibaeva *et al.*, 2020).

2.2.10.7. Vía fotosintética

Las plantas terrestres tienen tres vías fotosintéticas principales: CAM (Metabolismo Ácido de las Crasuláceas), C₃ y C₄. Su potencial como rasgo funcional se debe a que están relacionadas a las temperaturas óptimas de fotosíntesis, en la eficiencia del uso de agua y nutrientes. También es de importancia en la respuesta de las plantas al incremento de concentración del CO₂ atmosférico (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016). Las plantas C₃, C₄ y CAM presentan características diferentes. (Taiz *et al.*, 2021) mencionaron las diferencias más resaltantes de las tres vías (Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de Vías Metabólicas Fotosintéticas

VÍAS METABÓLICAS FOTOSINTÉTICAS	DESCRIPCIÓN
CAM (Metabolismo Ácido de las Crasuláceas)	Las plantas que han desarrollado el sistema CAM, se diferencian por utilizar el fosfoenolpiruvato carboxilasa para fijar CO ₂ . Sus hojas están adaptadas para minimizar la pérdida de agua, captan luz de día y realizan la fijación de carbono por la noche.
C ₃	Es la vía fotosintética más común, estas presentan parénquima empalizado y parénquima esponjoso, C ₃ es eficiente en la fijación de carbono, pero a altas temperaturas y niveles bajos de CO ₂ , suelen perder agua debido a la apertura prolongada de las estomas.
C ₄	Esta vía es propia de las plantas de regiones cálidas y secas, la anatomía foliar de estas plantas es singular, la capa de las células parenquimáticas alargadas, son denominadas de tipo Kranz o corona. Más eficientes en altas temperaturas y niveles bajos de CO ₂ .

Fuente: Taiz *et al.* (2021)

2.2.10.8. Longitud de la raíz

La medida de la longitud de las raíces es la medida de la extensión vertical de las raíces. La importancia de considerar este rasgo es porque está directamente relacionado con la adquisición de recursos, adaptación ambiental e interacciones ecológicas (Pohl *et al.*, 2011).

2.2.10.9. Diámetro medio de la raíz

Este rasgo está relacionado con el funcionamiento y la adaptación de las plantas a su entorno, la medida del diámetro medio de la raíz se recomienda para complementar con la medida de longitud específica de la raíz (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016).

2.2.8. Programa BMAP

El Programa de Evaluación y Monitoreo de la Biodiversidad (BMAP, por sus siglas en inglés), es una iniciativa pionera que desarrolla actividades desde el 2008. Es una colaboración entre el Smithsonian Conservation Biology Institute (SCBI), PERU LNG y la Asociación Peruana para la Conservación de la Naturaleza (APCO). El programa de monitoreo tiene como finalidad determinar el estado y los cambios en el tiempo de la biodiversidad dentro de la construcción y operación del gasoducto de PERU LNG. Cumpliendo con lo establecido dentro del Protocolo de Bofedales, monitorea más de 20 bofedales anualmente, distribuidos a lo largo del megatransecto del ducto de PERU LNG, abarcando aproximadamente 64km entre Ayacucho y Huancavelica.

2.3. Aspectos legales

Constitución Política del Perú de 1993. (2002)

Establece los principios fundamentales de protección del ambiente, uso sostenible de los recursos naturales y derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. Asimismo, las Políticas 19 y 33 del Acuerdo Nacional refuerzan estos lineamientos promoviendo la gestión ambiental integral y la gestión sostenible de los recursos hídricos.

Política Nacional del Ambiente, D.S. N° 012-2009-MINAM (2009)

Define los objetivos estratégicos para la conservación de la biodiversidad, la gestión integrada del agua y la prevención de la degradación ambiental.

Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica. - Ley N° 26839 (2017)

Regula la conservación, el uso sostenible y la distribución equitativa de los beneficios derivados de la biodiversidad. Reconoce la importancia de los ecosistemas altoandinos como centros de endemismo y diversidad.

Ley General del Ambiente - Ley N° 28611 (2017)

Constituye el marco legal ambiental básico del país. Establece principios como prevención, sostenibilidad, responsabilidad ambiental y acceso a la información, fundamentales para la investigación y gestión de ecosistemas frágiles.

Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales - Ley N° 26821 (2017)

Regula el uso de recursos como el agua, suelos y vegetación, promoviendo su aprovechamiento responsable y asegurando su disponibilidad para las generaciones futuras.

Ley de Los Recursos Hídricos y Reglamento de Delimitación de Fajas Marginales - Ley N.° 29338 (2017)

Promueve la gestión integrada del recurso hídrico bajo un enfoque de cuencas. Es central para el manejo de bofedales, considerados ecosistemas reguladores del ciclo hidrológico en zonas altoandinas.

Ley Forestal y de Fauna Silvestre y su Reglamento - Ley N° 29763 (2015)

Regula el uso, manejo y conservación de la flora y fauna silvestre. Reconoce a los ecosistemas de humedales y pastizales altoandinos como áreas prioritarias para la conservación.

Convención de Ramsar aprobada en el Perú mediante Resolución Legislativa N°25353 (1991)

Establece el compromiso internacional del Perú para la conservación y uso racional de humedales de importancia internacional. Los bofedales altoandinos se consideran humedales prioritarios bajo este convenio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El trabajo se realizó en cinco bofedales ubicados entre los kilómetros 130 y 195 del ducto de PERU LNG, atravesando los departamentos de Ayacucho (provincia de Huamanga) y Huancavelica (provincia de Huaytará).

3.1.1. Ubicación geográfica del lugar de estudio

Por ubicación política el bofedal 1 y 2 pertenecen a la provincia de Huamanga, región Ayacucho; mientras que el bofedal 3, 4 y 5, pertenecen a la provincia de Huaytará, región Huancavelica (Tabla 4).

Tabla 4. Ubicación geográfica (Zona 18L-WGS84) de los bofedales seleccionados

Bofedal	Este	Norte	Elevación (m s.n.m.)	Región	Provincia	Comunidad
Bofedal 1	549144	8531195	4377	Ayacucho	Huamanga	Occollo Asabran
Bofedal 2	537959	8530745	4514	Ayacucho	Huamanga	Churia Rosaspampa
Bofedal 3	531538	8530439	4829	Huancavelica	Huaytará	Churia Rosaspampa
Bofedal 4	525831	8529482	4730	Huancavelica	Huaytará	Liillinta Ingahuasi
Bofedal 5	501510	8521348	4536	Huancavelica	Huaytará	Pillpichaca

3.2. Tipo de investigación

Básica

3.3. Nivel de investigación

Descriptiva-correlacional

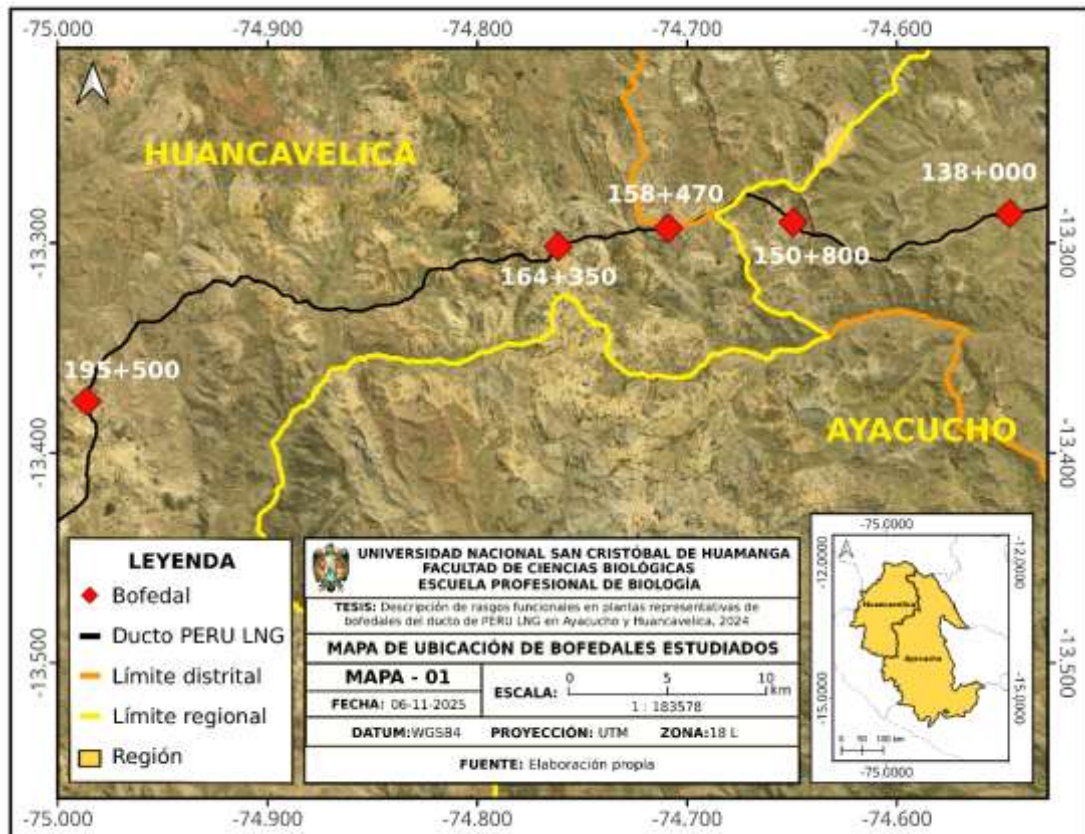


Figura 1. Mapa de ubicación de los bofedales estudiados

3.3.1. Descripción de los bofedales estudiados

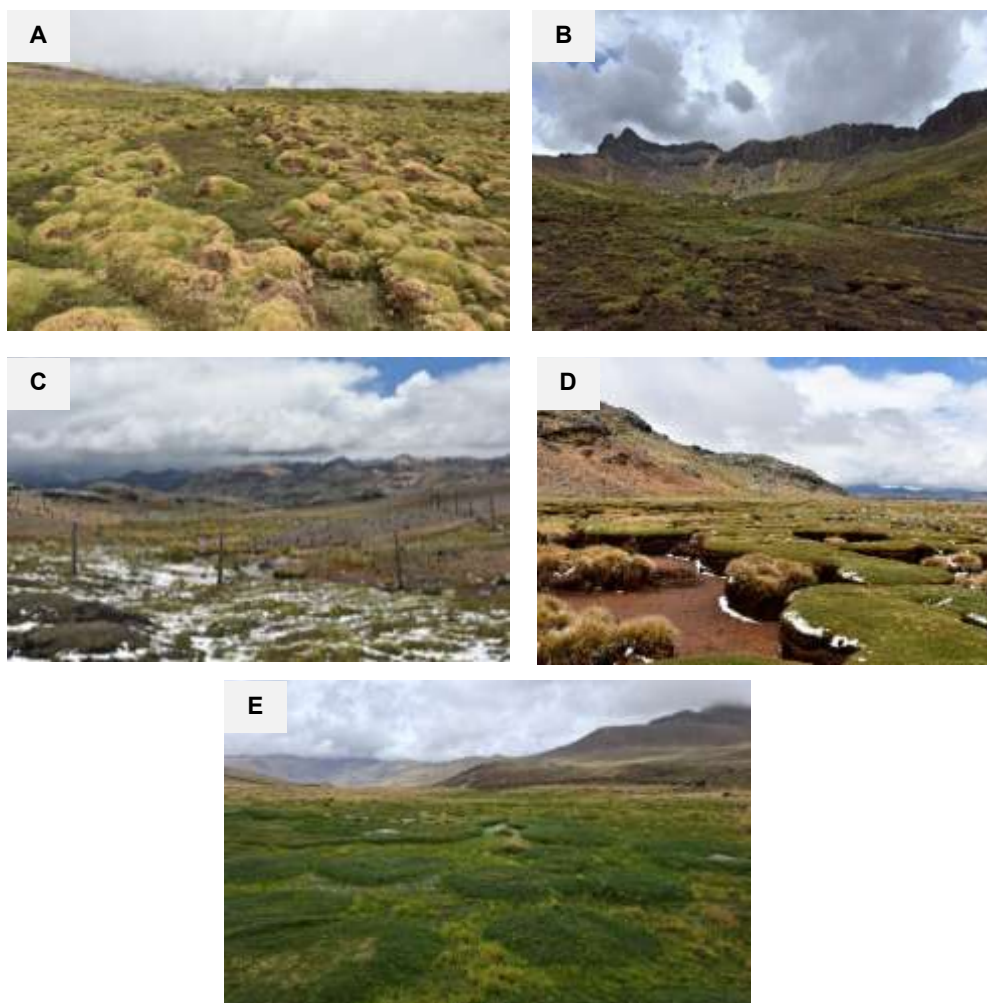
Los bofedales evaluados se encontraron entre los 4 377 a 4 829 m s.n.m., con áreas que variaron desde 0,94 ha (bofedal 5) hasta 7,67 ha (bofedal 4). La presencia de *Distichia muscoides* en los cinco bofedales es marcada, acompañada por especies como *Plantago rigida*, *Lachemilla diplophylla* y *Werneria pygmaea*, a excepción del bofedal 1 en el que dominó *Aciachne pulvinata*. La cobertura vegetal fue alta, con valores mayores a 80% en los bofedales 3, 4 y 5; en el bofedal 1 (65%) y bofedal 2 (41%) se reportaron los valores más bajos. Asimismo, la proporción de suelo desnudo fue baja en la mayoría de los bofedales (menores a 9%), a excepción del bofedal 2 en el que alcanzó hasta un 41% de suelo desnudo.

En cuanto a la humedad del suelo vario entre 29 a 82%, siendo el bofedal 4 (82%) el bofedal con el porcentaje más alto y el bofedal 1 (29%) el más bajo. Pero el que presento mayor variación fue el bofedal 2 con porcentajes desde 35 a 78% de humedad del suelo. La presencia de agua superficial fue baja en casi todos los bofedales (menor del 3%), con excepción del bofedal 3 (12%) y el bofedal 4 (19%). En el bofedal 3, el agua se ubicaba cercana a la base de los cojines, bordeando su

periferia sin interrumpir la continuidad de la vegetación, lo que daba lugar a cojines más húmedos. En contraste, en el bofedal 4 los surcos de agua dividían los cojines de forma marcada; sin embargo, el nivel del agua permanecía por debajo de la superficie de estos, evidenciando que la vegetación se mantenía elevada respecto al nivel hídrico.

Los cinco bofedales comparten el patrón de dominancia de especies formadoras de cojines, pero existen diferencias en la estructura de estos, para ilustrar mejor las diferencias se presenta la tabla 9 y la figura 2.

Figura 2. Vista general de los cinco bofedales evaluados en el transecto de PERU LNG



Leyenda: A. Bofedal 1, B. bofedal 2, C. bofedal 3, D. bofedal 4 y E. bofedal 5

3.3.1.1. Bofedal 1

El bofedal se localiza a una elevación de 4376,7 m s.n.m., en un área con muy poca pendiente, presenta una cobertura vegetal promedio de 75,83% en las parcelas evaluadas, dominada por *Acíachne pulvinata*. Este bofedal mostró claros signos de presión antrópica, con numerosos cojines removidos y un porcentaje de cojines

mueritos del 17,78%. El porcentaje promedio de humedad fue de 49,7% en las 10 parcelas. También se encontró evidencia de pastoreo, muchos cojines muertos y removidos (17,8%).

3.3.1.2. Bofedal 2

Este bofedal se localiza a una elevación de 4514,4 m s.n.m., en un área con una ligera pendiente, dividida por un arroyo que fragmenta en dos el bofedal, presenta una cobertura vegetal promedio de 73,33% en las parcelas evaluadas, dominada por *Distichia muscoides* y *Plantago rigida*. Este bofedal presentó un nivel alto de pastoreo, con zonas rocosas o con suelo desnudo (17,64%). Con un 9,03% de cojines muertos o removidos. El porcentaje promedio de humedad fue de 46,2% en las 10 parcelas. En zonas altas del bofedal se registraron indicios de erosión.

3.3.1.3. Bofedal 3

En el bofedal 3, se registró una elevación de 4829,1 m s.n.m., en un área de ligera pendiente, con una cobertura vegetal promedio de 79,2%, en este bofedal dominan *Distichia muscoides* y *Lachemilla diplophylla*. Este bofedal es el de mayor elevación en el que los signos de presión antrópica, como contaminación y pastoreo, pero el área ocupada por el bofedal está rodeada por suelo desnudo, en las parcelas se registró un 10,8% de suelo desnudo, y 10% de cojines muertos o removidos. El porcentaje de humedad promedio fue de 62,25% en las parcelas evaluadas.

3.3.1.4. Bofedal 4

Este bofedal se ubica a 4730,5 m s.n.m., en una zona plana, con una cobertura vegetal promedio de 90,83%, dominado por *Distichia muscoides*, la particularidad de este bofedal fue, que los cojines se encontraban divididos por varios canales de agua, que daba la impresión de pequeñas “islas” de cojines, con un porcentaje de humedad promedio de 55,3%. Alrededor del bofedal se evidencio gran área de suelo con poca vegetación.

3.3.1.5. Bofedal 5

En este bofedal se registró una elevación de 4535,6 msnsn., en una zona con ligera pendiente, la particularidad de este es que se encontró protegido por una cerca que rodeaba una gran extensión de área. La cobertura promedio de las parcelas seleccionadas fue de 97,1%, dominado por *Distichia muscoides* y *Werneria pygmaea*, sin rastros de cojines removidos o muertos, el porcentaje promedio de suelo desnudo en las parcelas evaluadas fue 2,9%. El porcentaje de humedad promedio fue de 72,9% en las parcelas El pastoreo dentro del área es controlado y rotativo, el día de

la evaluación no se encontró animales dentro del área. Se encontró plásticos y botellas cerca al bofedal.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población de estudio estuvo conformada por todas las especies vegetales registradas en los bofedales ubicados a lo largo del ducto de PERU LNG.

3.4.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por las cuatro especies vegetales con mayor dominancia en los bofedales evaluados. Estas especies fueron: *Distichia muscoides* (Juncaceae), *Plantago rigida* (Plantaginaceae), *Plantago tubulosa* (Plantaginaceae) y *Werneria pygmaea* (Asteraceae).

3.5. Metodología y recolección de datos

3.5.1. Selección de especies representativas

Para escoger las especies representativas, se recurrió al trabajo realizado por Maldonado-Fonkén *et al.* (2024), quienes registraron especies dominantes en bofedales monitoreados a lo largo del tramo del ducto de PERU LNG. A partir de este conjunto, se eligieron las cuatro especies con mayor frecuencia de registro en los monitoreos realizados entre 2017 y 2019. Para corroborar dicha selección, se revisaron además los reportes de monitoreo anual internos del Programa de Monitoreo de Biodiversidad (BMAP), verificando la consistencia en la dominancia y presencia continua de estas especies. De este modo, se identificaron y seleccionaron como especies representativas a *Distichia muscoides*, *Plantago tubulosa*, *Plantago rigida* y *Werneria pygmaea*.

3.5.2. Selección de bofedales

Para poder escoger los bofedales en los que se recolectó la muestra, primero se ubicó los 31 bofedales de referencia en el programa Google Earth Pro (versión 7.3; (Google LLC., 2024)) en base a las coordenadas reportadas. Pero por accesibilidad, ocurrencia de las cuatro especies representativas, diferente gradiente latitudinal y por experiencia de los especialistas del BMAP, se escogió solo cinco bofedales: bofedal 1 (en el kilómetro 138 del gaseoducto), bofedal 2 (kilómetro 150), bofedal 3 (kilómetro 158), bofedal 4 (kilómetro 164) y bofedal 5 (kilómetro 195).

3.5.3. Descripción del lugar y condiciones ecológicas y geográficas

Como parte de la caracterización general del bofedal, se realizó una descripción del bofedal, mediante registro visual, considerando la presencia de indicios de pastoreo, cobertura del suelo y la identificación de las especies dominantes a nivel del bofedal.

3.5.3.1. Ubicación geográfica

Se registró coordenadas geográficas, incluyendo la latitud y la longitud, así como la elevación sobre el nivel del mar, mediante el uso de un receptor de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) modelo GPSMAP 62s (Garmin Ltd., Olathe, Estados Unidos). Este proceso permitió obtener datos georreferenciados exactos.

3.5.3.2. Humedad promedio

Se registró valores de humedad de cada parcela utilizando el equipo ML3 Theta Kit (Delta-T Devices Ltd, Cambridge, Reino Unido), un dispositivo que permite cuantificar el contenido volumétrico de agua (%) en el suelo. Para garantizar una medición representativa y equilibrada, se tomaron registros en diagonal en tres puntos de la parcela, las réplicas permitieron obtener mejores referencias de potenciales variaciones en este parámetro.

2.2.3.1. Tipos de cobertura del suelo

En cada parcela se realizó una captura fotográfica y posteriormente cuales fueron analizadas con el programa ImageJ (Schneider *et al.*, 2012) en el que se dividió la parcela en 100 cuadrantes de 0,1m², lo que permitió realizar un conteo sistemático y preciso de la cobertura del suelo y se consideró como valor porcentual, las categorías de cobertura del suelo fueron, cobertura vegetal, suelo desnudo, cojines muertos y agua.

3.5.4. Colecta de muestras

La colecta de muestras se llevó a cabo en la última semana mes de noviembre del 2024. El trabajo de campo se organizó visitando un bofedal por día, alternando días de campo con días de gabinete. Esta estrategia permitió asegurar el registro de todos los rasgos funcionales.

En cada bofedal se instalaron 10 parcelas de 1 m² para la estimación de cobertura vegetal, mediante un muestreo dirigido ubicado en sectores donde se registraba la presencia de las especies seleccionadas. La distribución de las parcelas no siguió distancias fijas entre unidades de muestreo, debido a la variabilidad del área de los bofedales evaluados, así como a la distribución heterogénea de las especies seleccionadas dentro de cada bofedal. Adicionalmente, la coexistencia de las cuatro

especies seleccionadas dentro de una misma parcela no siempre fue posible, debido a diferencias en sus patrones de crecimiento y distribución. Por ello, las parcelas fueron establecidas siguiendo un criterio de conveniencia, priorizando áreas que permitieran obtener individuos representativos y en adecuado estado para la medición de rasgos funcionales. Este enfoque se adoptó considerando que el objetivo del estudio fue la descripción de los rasgos funcionales de las especies, más que la estimación de parámetros poblacionales.

En cada parcela se colectó entre uno a dos bloques de suelo de 20 x 20 cm y 25 cm de profundidad aproximadamente, procurando que en este se encuentre la mayoría de las especies seleccionadas. Cada bloque fue desagregado cuidadosamente hasta exponer las plantas y sus raíces. Los individuos obtenidos del desagregado fueron separados del sustrato, limpiados y seleccionados para la medición de rasgos funcionales. Para los rasgos cualitativos, se registraron cinco individuos por especie; mientras que, para los rasgos cuantitativos, se trabajó con tres réplicas por especie en cada parcela. En todos los casos, se priorizaron individuos con raíces largas y vigorosas, y hojas completas y en buen estado. Durante los cinco días de estudio en campo, se presentaron fenómenos atmosféricos adversos, como lluvias, granizo y amenazas de tormentas eléctricas. Estas condiciones redujeron el tiempo disponible para trabajar en campo, por lo que la mayoría de los rasgos funcionales tuvieron que ser registrados en gabinete. Para preservar las muestras en buen estado, fueron almacenadas en bolsas herméticas. Las bolsas solo se abrieron hasta el momento de realizar las mediciones de los rasgos funcionales, para garantizar que no hubiera pérdida de humedad.

3.5.5. Medición de rasgos funcionales

3.5.5.1. Formas de vida

La forma de vida se asignó según la clasificación de Raunkiaer (de Bello *et al.*, 2021; Midolo *et al.*, 2024; Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016), donde se considera el tamaño de la planta, la posición y protección de las yemas de las plantas. Se revisó bibliografía que describe a las especies representativas y se revisó en gabinete la posición de las yemas de 5 individuos por especie.

3.5.5.2. Formas de crecimiento

Para este rasgo funcional jerárquico se realizó búsqueda de bibliografía (descripciones de la especie, figuras y fotografías) y revisión en campo de individuos

por especie, en los que se buscó ver los ejes del tallo principal, altura de la planta y posición del follaje (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016).

3.5.5.3. Vía fotosintética

Se realizaron cortes transversales de hojas de tres individuos diferentes por especie y se observó la anatomía foliar por el microscopio. Los tejidos fueron analizados principalmente para identificar características anatómicas asociadas a la Vía fotosintética (C₃, C₄, CAM), la disposición y estructura de los tejidos vasculares, el tipo de mesófilo y la presencia o ausencia del tipo Kranz se consideraron como indicadores para la determinación (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016; Taiz *et al.*, 2021).

3.5.5.4. Altura de planta

Para medir la altura de las plantas se registró las alturas sobre plantas saludables, Pérez-Harguindeguy *et al.* (2016) y Sloey *et al.* (2023) recomiendan obtener alrededor de 25 mediciones por especie, en este estudio se registraron al menos tres mediciones por especie en cada parcela donde estuvo presente. Las mediciones se realizaron con un vernier digital 1804-1065 (Dasqua, Italia), tomando la altura desde el ras del suelo hasta la parte vegetativa más alta (follaje).

3.5.5.5. Área foliar específica

Para la determinación del área foliar específica (AFE), se seleccionó tres hojas vigorosas por especie en cada parcela y bofedal. Las hojas fueron fotografiadas con una cámara Nikon D5600 (Nikon, Japón), cuidando que se mantuvieran planas. Posteriormente, las muestras se secaron en estufa a 60°C durante 72 horas para luego ser pesado. Finalmente, se midió el área foliar de cada hoja usando ImageJ (Schneider *et al.*, 2012) y se calculó el área foliar específica mediante la relación entre el área foliar (mm²) y el peso seco (mg) (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016).

$$AFE = \frac{\text{Área foliar (mm}^2\text{)}}{\text{Peso seco (mg)}}$$

3.5.5.6. Espesor foliar

Para este rasgo se midió el espesor foliar, con ayuda de un vernier digital 1804-1065 (Dasqua, Italia), por cada muestra se tuvo tres repeticiones (tres hojas por muestra), y en cada hoja se registraron 3 medidas y se promediaron, para darnos un valor más preciso (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016).

3.5.5.7. Contenido de clorofila

Para cuantificar el contenido de clorofila se utilizó el medidor de clorofila MINOLTA SPAD-502 PLUS (Konica Minolta, Japón), para medición de contenido de clorofila con este equipo se sujetó la hoja y se midieron las transmisiones de luz a 650 nm (absorción de luz por la molécula de clorofila) y a 940nm donde no hay absorción, determinando el índice SPAD o índice relativo de clorofila (Ribeiro Da Cunha *et al.*, 2015; Shibaeva *et al.*, 2020), que es un valor adimensional proporcional a la cantidad de clorofila presente en la hoja (índice SPAD). Se registró tres valores y se promedió un valor por hoja, habiendo una repetición de tres hojas por muestra (Asefa *et al.*, 2022; van der Merwe *et al.*, 2021).

3.5.5.8. Longitud de la raíz

Primero se realizó la limpieza en las raíces, para liberarla de otras raíces o del sustrato. Después de tener seguridad de que fueran raíces turgentes, se procedió a tomar fotografías agrupándolas por muestras con hasta tres replicas por muestra. Se midió la longitud de las raíces usando el programa ImageJ (Pohl *et al.*, 2011; Schneider *et al.*, 2012).

3.5.5.9. Diámetro medio de la raíz

Se realizó la limpieza en las raíces, para eliminar restos del sustrato. Después se procedió a registrar fotografías agrupándolas por muestra y especie (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016). Las mediciones del diámetro se realizaron en cuatro posiciones a lo largo de la raíz (0 cm, 3 cm, 6 cm y 9 cm desde la parte inicial de la raíz), realizando tres mediciones por punto. El diámetro medio de cada raíz se obtuvo como promedio de todas las mediciones realizadas. Algunas raíces de menor tamaño no alcanzaron la longitud necesaria para las mediciones en las cuatro distancias de la raíz.

3.6. Análisis estadístico

El procesamiento de los datos inició con la organización de toda la información en tablas, con el objetivo de facilitar el análisis estadístico. En estas tablas se incluyeron los datos de rasgos funcionales obtenidos de las cuatro especies evaluadas en los cinco bofedales. Cada fila correspondió a una muestra individual, mientras que las columnas información del bofedal, especie, parcela y repetición, seguidos por los valores de los rasgos medidos: altura de planta (AP), área foliar específica (AFE), espesor foliar (EF), contenido de clorofila (CC), diámetro de raíces (DR) y longitud de raíces (LR). Adicionalmente, se incorporaron variables ambientales (elevación,

humedad del suelo, cobertura vegetal, agua superficial, suelo desnudo y cojines muertos) en columnas complementarias, con el propósito de integrarlas en los análisis y explorar posibles patrones funcionales entre especies y sitios.

En los casos en que se registraron menos de cuatro valores cuantitativos por rasgo, estos no fueron considerados en los análisis, a fin de evitar sesgos. Tal fue el caso de *Werneria pygmaea* en el bofedal 4, donde se registró un solo individuo en una de las diez parcelas del sitio, obteniéndose únicamente tres datos. En contraste, los registros de esta misma especie en los bofedales 2, 3 y 5 presentaron datos en nueve parcelas, con más de 25 registros por rasgo y por bofedal.

3.6.1. Análisis descriptivo de rasgos funcionales

Posteriormente, se realizó una exploración descriptiva de cada rasgo por especie, mediante la elaboración de diagramas de caja (boxplots), con el fin de evaluar la variabilidad de los rasgos y detectar posibles valores atípicos. Este análisis exploratorio permitió comprender las características de los datos antes de realizar análisis estadísticos más complejos. Asimismo, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para identificar diferencias significativas entre bofedales, considerando las especies por separado.

3.6.2. Relación entre rasgos funcionales

Para evaluar las relaciones entre los rasgos funcionales cuantitativos y mantener la homogeneidad metodológica de la matriz de correlaciones, se efectuó un análisis de correlación de Spearman (Wei & Simko, 2024), utilizando R Studio, versión 4.4.2 utilizando R Studio, versión 4.4. 2 (R Core Team, 2024), con los paquetes corrplot (Wei & Simko, 2024) y tidyverse (Wickham et al., 2019). Este método se seleccionó debido a que no todos los rasgos cumplieron con el supuesto de normalidad (Shapiro-Wilk, $p < 0.05$), como ocurrió con el contenido de clorofila ($p = 0.000587$).

A nivel funcional, se empleó el paquete Funspace (Pavanetto & Puglielli, 2024) dentro del entorno de programación R, versión 4.4.2 (R Core Team, 2024), para proyectar las especies en un espacio multivariado.

3.6.3. Relación entre rasgos funcionales y variables ambientales

Con el fin de explorar los patrones de covariación entre rasgos funcionales y variables ambientales, se integró en una nueva tabla la información de los parámetros ambientales registrados durante el trabajo de campo, y se realizó un análisis de componentes principales (PCA). Este análisis permitió observar asociaciones entre variables, sin implicar relaciones causales directas. El PCA se ejecutó en el programa

R, versión 4.4.2 ((R Core Team, 2024), utilizando los paquetes ggplot2 (Wickham, 2016), dplyr (Wickham *et al.*, 2025), tibble (Müller & Wickham, 2023) y readr (Wickham *et al.*, 2024).

IV. RESULTADOS

Para presentar los resultados de los rasgos funcionales cualitativos se muestra la tabla 10, el hábito de las especies (figura 4) y la estructura de las hojas (figura 3).

Tabla 5. Rasgos funcionales cualitativos

Espece	Formas de Vida	Formas de Crecimiento	Vía fotosintética
<i>Distichia muscoides</i>	Hemicriptófitas	Planta herbácea, en forma de cojín integrado, con ramificaciones densas.	C ₃
<i>Plantago rigida</i>	Hemicriptófitas	Planta herbácea, en forma de cojín formado por múltiples rosetas individuales.	C ₃
<i>Plantago tubulosa</i>	Hemicriptófitas	Planta herbácea, en forma de roseta basal densa.	C ₃
<i>Werneria pygmaea</i>	Hemicriptófitas	Planta herbácea, en forma de roseta basal aplanada.	C ₃

En cuanto a las formas de vida, *Distichia muscoides*, *Plantago tubulosa*, *Plantago rigida* y *Werneria pygmaea*, fueron clasificadas como Hemicriptófitas (Tabla 5), debido a que sus yemas de rebrote se encuentran a nivel del suelo (Figura 4).

Formas de crecimiento, las cuatro especies se encuentran en el grupo de plantas terrestres, autosuficientes, las cuatro especies crecen a nivel del suelo. *Distichia muscoides* y *Plantago rigida* crecen muy cerca de la superficie del suelo y con el follaje bastante apretado, tomando una forma almohadillada o de cojín (A.1.c; Tabla 6); *Plantago tubulosa* y *Werneria pygmaea*, crecen cerca de la superficie del suelo, con tallo corto y hojas con disposición radial tomando una forma de roseta (A.1.a; Tabla 6).

En cuanto a Vía fotosintética, *Distichia muscoides*, *Plantago tubulosa*, *Plantago rigida* y *Werneria pygmaea* presentaron características anatómicas propias de las plantas

con metabolismo C_3 (tabla 3), en los cortes transversales de hoja se observó una clara diferenciación del mesófilo esponjoso y empalizado y sin disposición de tipo Kranz (figura 3).

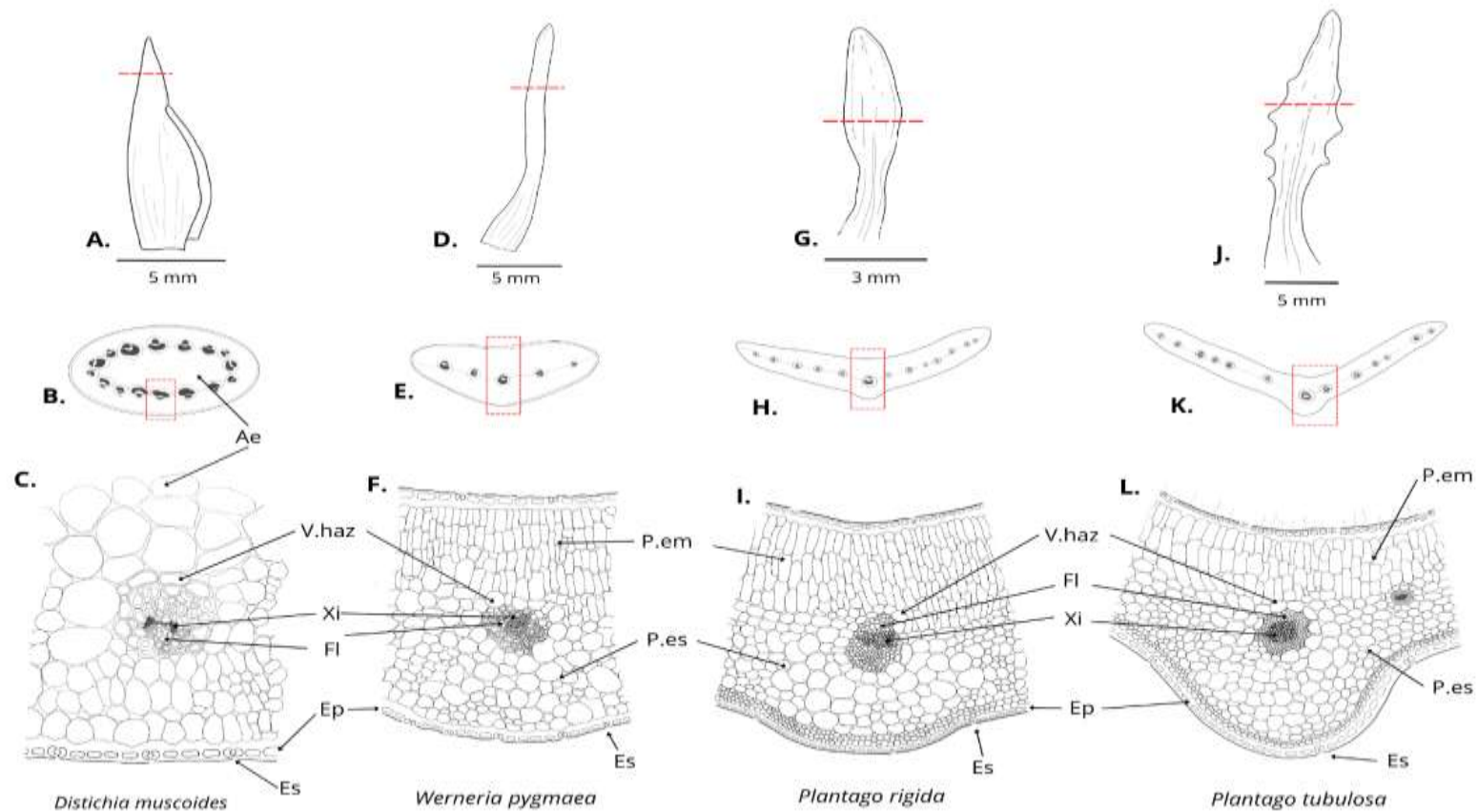


Figura 3. Características anatómicas foliares observadas en corte transversal de las especies representativas

Leyenda: 2A-C. *D. muscoides*, D-F. *W. pygmaea*, G-I. *P. rigida*, J-L. *P. tubulosa*. B, E, H, K. Cortes transversales de las hojas. Xi. xilema, Fl. floema, Ep. epidermis, Es. estoma, V.haz. vaina del haz, Ae. aerenquima, P.em. parénquima empalizado, P.es. parénquima esponjoso.

Línea superior roja indica el corte; segunda línea, recuadro indica el esquema presentado en la tercera línea

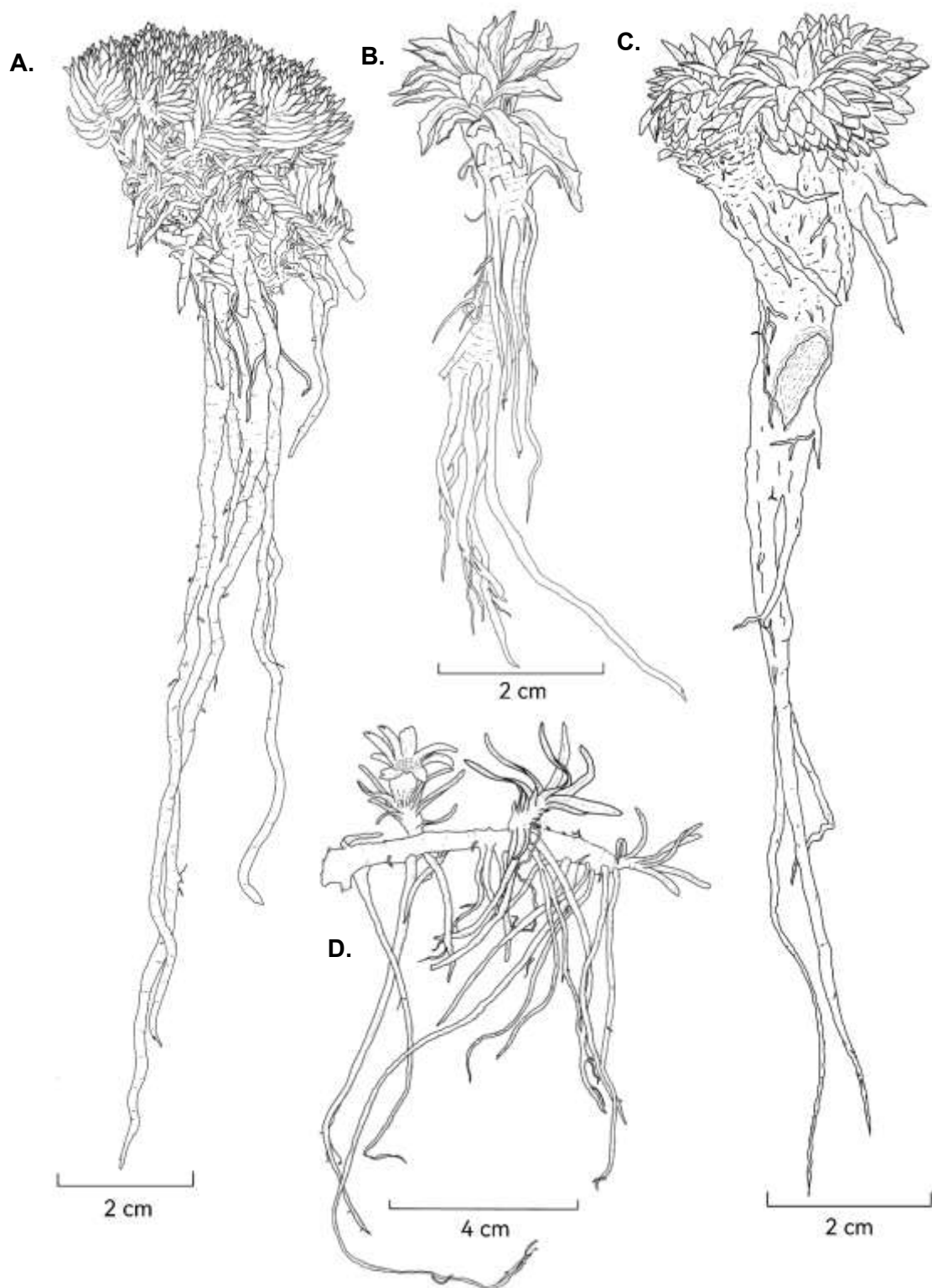


Figura 4. Morfología general de las especies representativas: hábito, sistema radical y estructura foliar.

Leyenda: A. *D. muscoides*, B. *P. tubulosa*; C. *P. rígida*, D. *W. pygmaea*

Las especies con mayores alturas promedio fueron *Plantago tubulosa* y *Werneria pygmaea*, seguidas por *Distichia muscoides* y con los registros más bajos *Plantago rigida*. En el bofedal 1 registraron las medianas más altas, *Distichia muscoides* (11,04 mm) y *Plantago rigida* (8,01 mm). *Plantago tubulosa* y *Werneria pygmaea* en el bofedal 5, con medianas de 12,51 mm y 15,07 mm, respectivamente. En el caso del bofedal 4, las alturas registradas fueron las más bajas para *Distichia muscoides* (5,83 mm) y *Plantago tubulosa* (8,16 mm). El bofedal 2 presentó alturas intermedias en las cuatro especies, mientras que bofedal 3 mostró valores intermedios a altos, especialmente en *Plantago tubulosa* (Figura 5).

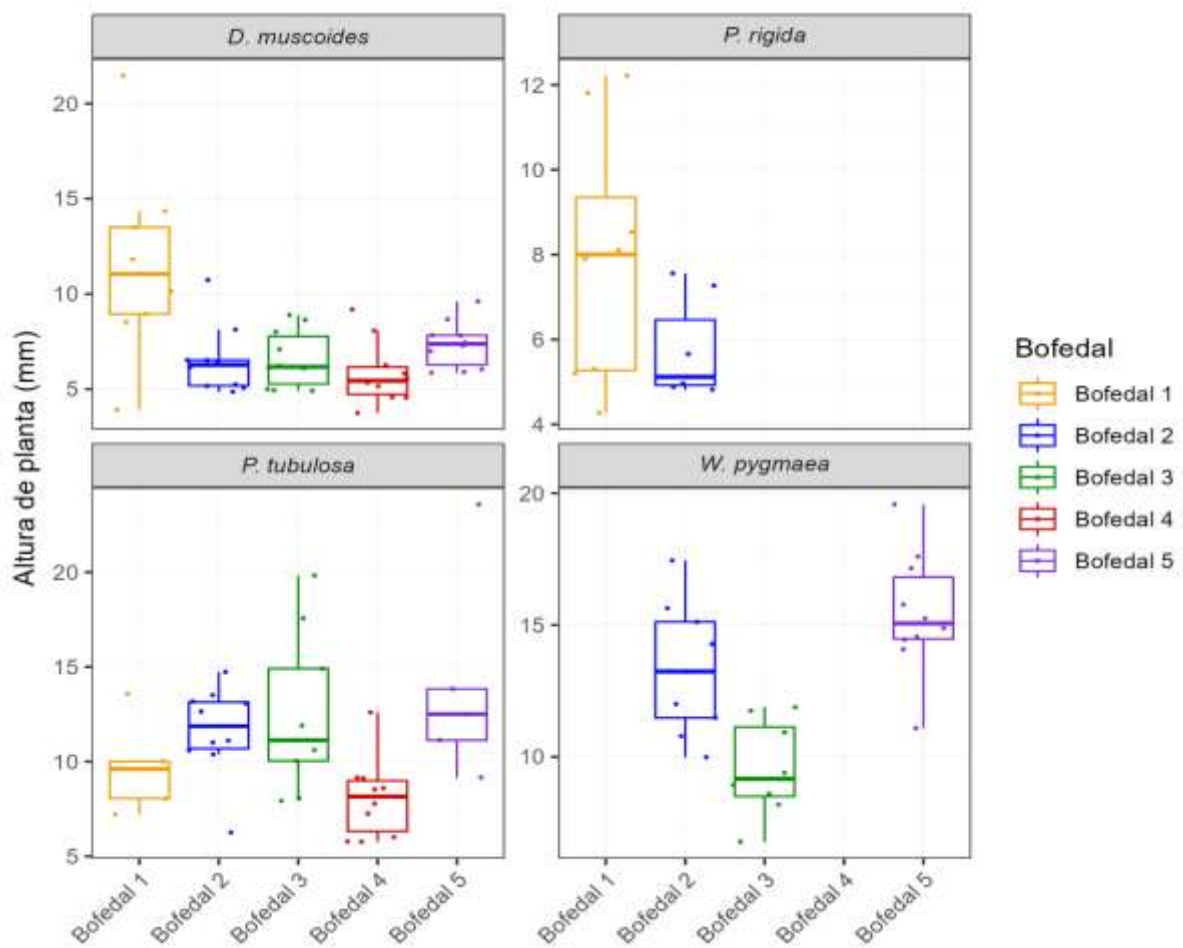


Figura 5. Altura de planta (mm) de las especies representativas en los cinco bofedales evaluados

En cuanto al área foliar específica, *P. tubulosa* y *W. pygmaea* presentaron los valores más altos, con hojas más largas y flexibles, a comparación de *D. muscoides* y *P. rigida*, que tienen las hojas más pequeñas y rígidas. Las medianas más altas fueron de *D. muscoides* (5,5 mm²/mg) y *P. tubulosa* (9,36 mm²/mg), particularmente en el

bofedal 3. En el caso de bofedal 4, las medianas más bajas para *D. muscoides* (3,86 mm²/mg) y *P. tubulosa* (5,28 mm²/mg). Para las especies *P. rígida* (3,75 mm²/mg) y *W. pygmaea* (5,55 mm²/mg), las medianas más bajas se registraron en el bofedal 2. Mientras que los valores máximos se registraron en el bofedal 1 para *P. rígida* (5,66 mm²/mg) y en el bofedal 5 para *W. pygmaea* (6,51 mm²/mg) (Figura 6).

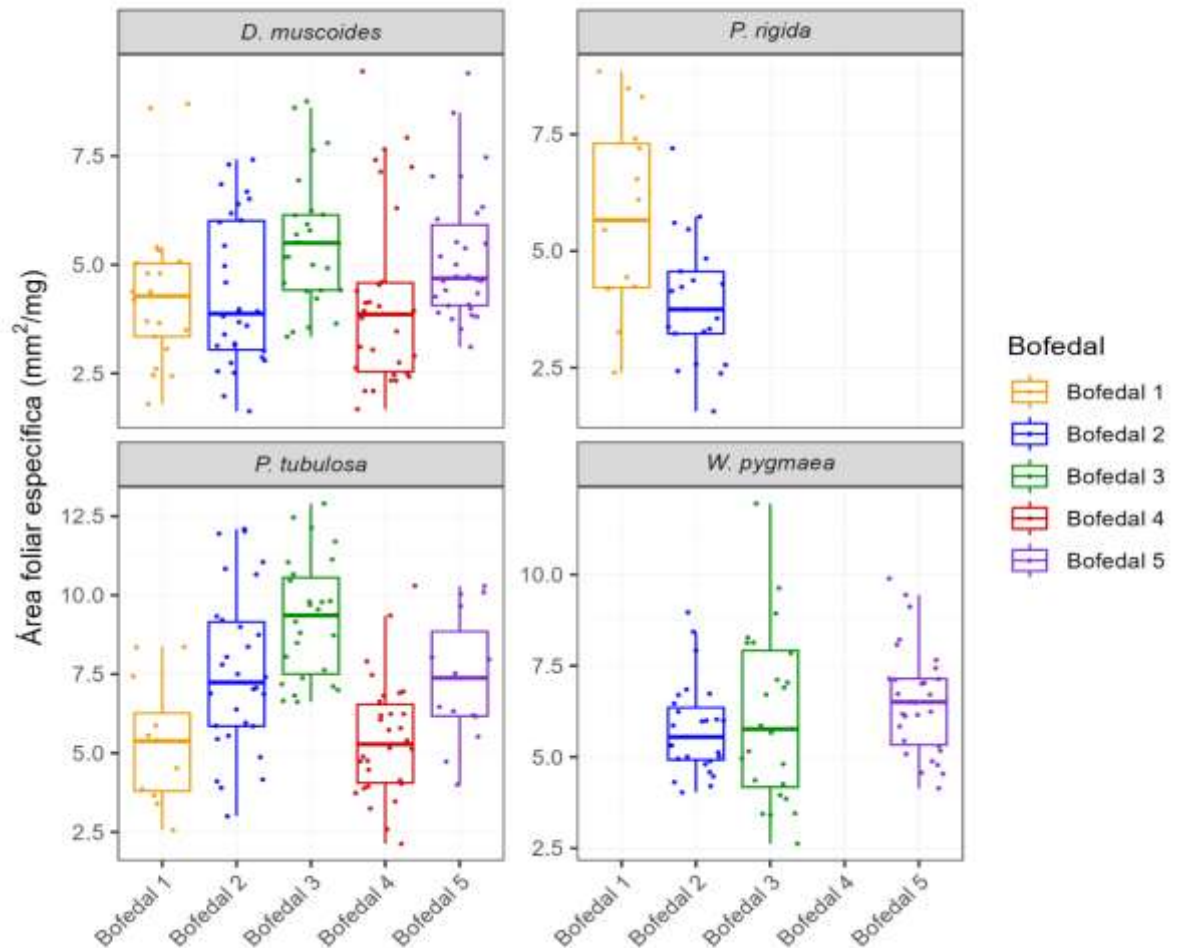


Figura 6. Área foliar específica (mm²/mg) de las especies representativas en los cinco bofedales evaluados

El espesor foliar, fue mayor en *D. muscoides*, la especie con menor espesor foliar fue *W. pygmaea*.

Las medianas más altas son de *D. muscoides* (0,58 mm) y *W. pygmaea* (0,48 mm) en el bofedal 3. En el bofedal 1, se registraron valores altos de *P. tubulosa* (0,52mm) y en el bofedal 2, *P. rígida* (0,40mm) (Figura 7).

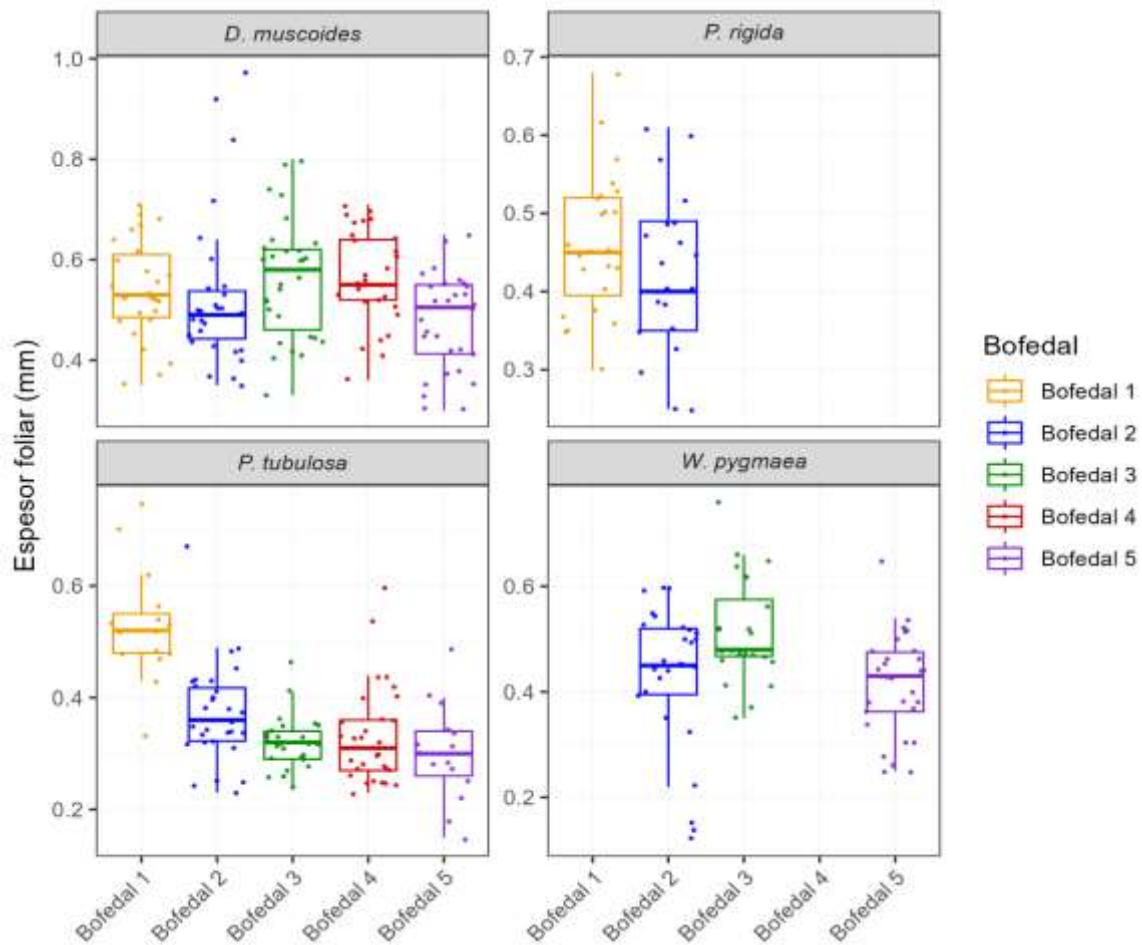


Figura 7. Espesor foliar (mm) de las especies representativas en los cinco bofedales evaluados

La especie con mayor contenido de clorofila (índice SPAD), fue *P. tubulosa*, teniendo también una coloración más oscura a comparación de las otras especies, *D. muscoides* y *P. rigida*, presentaron valores más bajos.

Para *P. tubulosa* (34,2 SPAD) y *D. muscoides* (5,6 SPAD), los valores más altos se registraron en el bofedal 5, y las medianas más bajas en bofedal 1. Para *P. rigida* registró 4,4 SPAD en el bofedal 1 y bofedal 2, mientras que *W. pygmaea* registro valores más elevados en el bofedal 2 (6,6 SPAD), los valores más bajos en bofedal 5 (4,05 SPAD) (Figura 8).

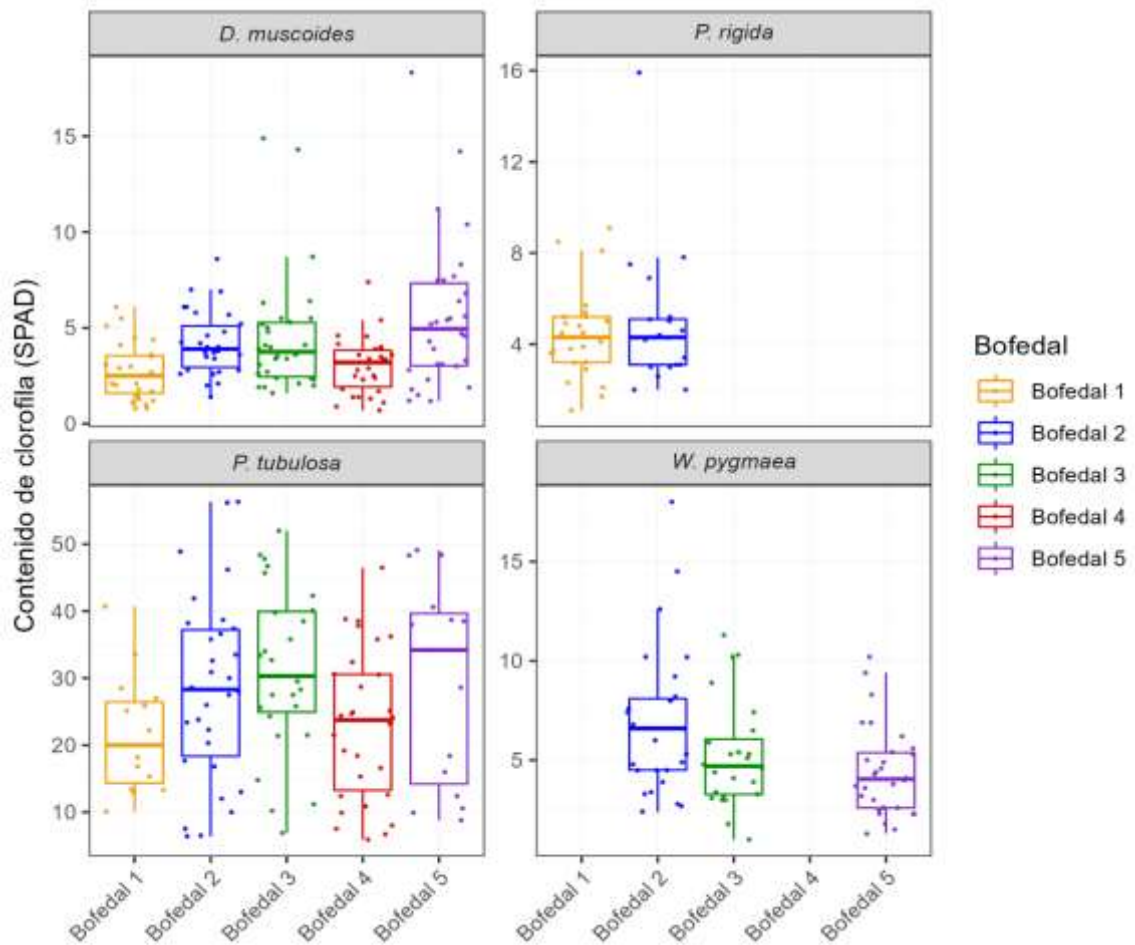


Figura 8. Contenido de clorofila (Índice SPAD) de las especies representativas en los cinco bofedales evaluados

Las raíces más largas se registraron en *D. muscoides*, *P. tubulosa* y *P. rigida*, las más cortas en *W. pygmaea*, esto se puede deber a que el crecimiento de las raíces de *W. pygmaea* es más a un sentido horizontal y extendió, pero de *D. muscoides*, *P. tubulosa* y *P. rigida*, que tienen las raíces más profundas.

Las medianas más altas en *D. muscoides* (17,03 cm) y *W. pygmaea* (12,63 cm) en el bofedal 3. Las más bajas para *P. tubulosa* (7,93 cm) en el bofedal 4, y *W. pygmaea* (10,11 cm) en el bofedal 2 (Figura 9).

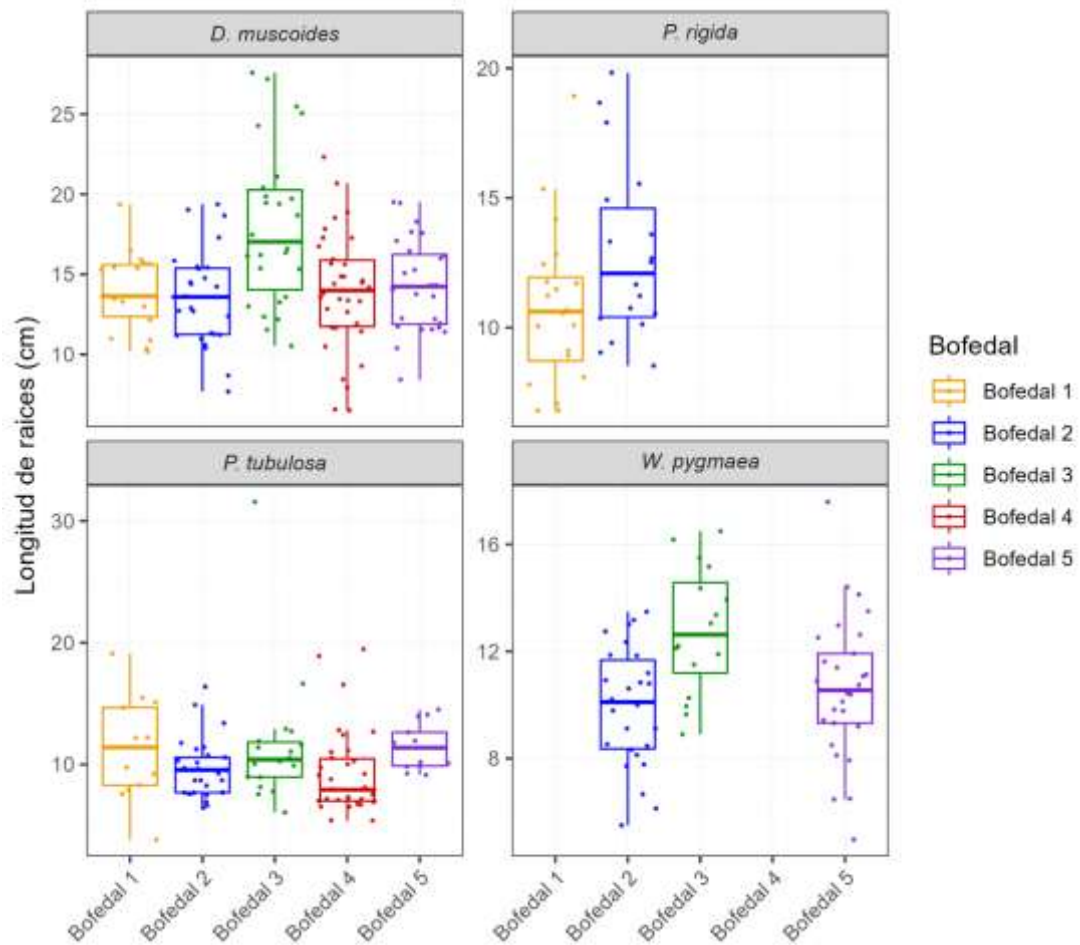


Figura 9. Longitud de raíces (cm) de las especies representativas en los cinco bofedales evaluados

Los valores de diámetro medio de raíces más altos se registraron en *P. rigida* y *P. tubulosa*, con raíces más anchas en la porción basal disminuyendo progresivamente hacia el ápice. Las medianas más altas corresponden a *P. rigida* (2,96 mm) en el bofedal 2, *D. muscoides* (2,13 mm) y *P. tubulosa* (2,16 mm), en el bofedal 5. *W. pygmaea* registro como mediana más alta 1,31 mm en el bofedal 3 (Figura 10).

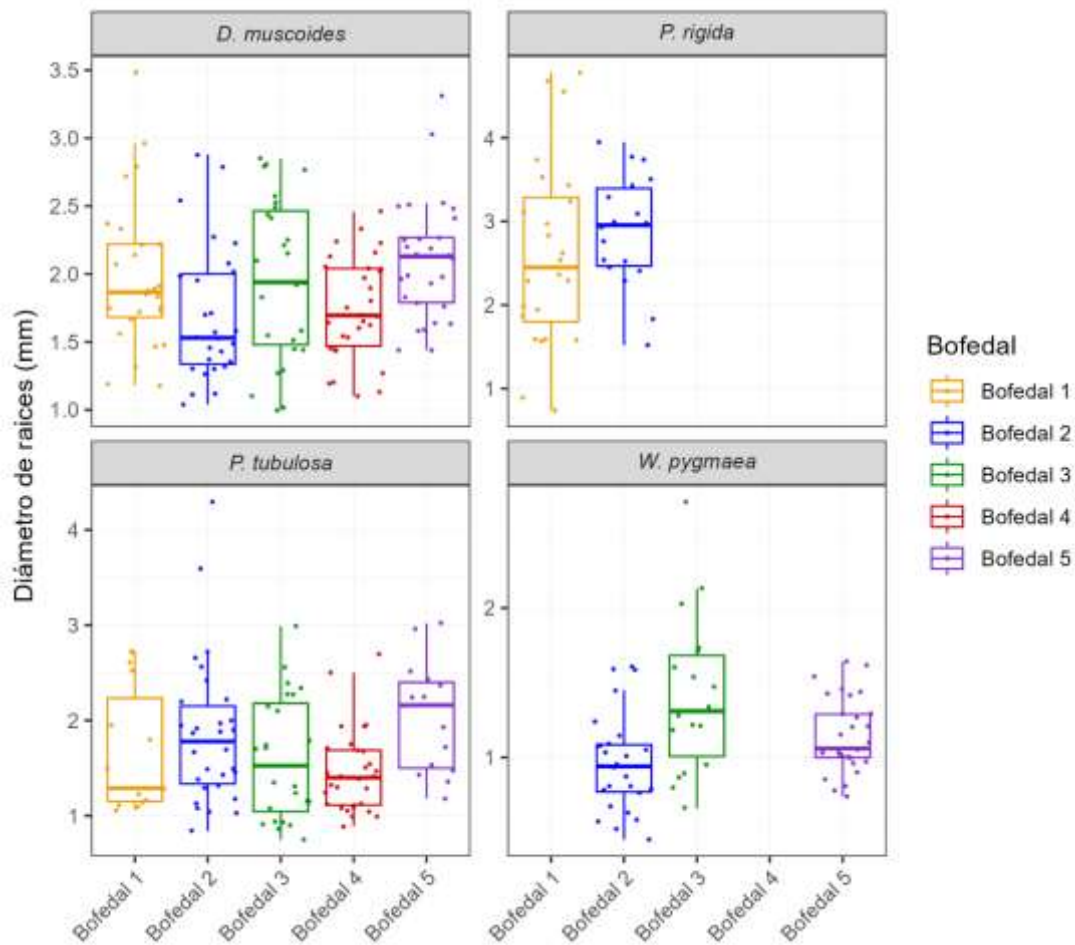


Figura 10. Diámetro de las raíces (mm) de las especies representativas en los cinco bofedales evaluados

El análisis de correlación de Spearman reveló patrones distintivos en las relaciones entre los rasgos funcionales, a nivel del conjunto de las cuatro especies y a nivel específico (Figura 11A). A nivel general las correlaciones positivas más fuertes se registraron entre altura de planta y área foliar específica ($r=0,77$), la relación entre espesor foliar y longitud de raíz ($r=0,65$), seguida de área foliar específica y el contenido de clorofila ($r=0,61$). En cuanto a las relaciones negativas más fuertes, entre contenido de clorofila y espesor foliar ($r=-0,72$), también entre área foliar específica y espesor foliar ($r=-0,63$).

Distichia muscoides, no presento correlaciones fuertes (Figura 11B), el valor más alto fue entre el área foliar específica y el diámetro de raíz ($r = 0,36$) y área foliar específica con el contenido de clorofila ($r = 0,34$), valores insuficientes para indicar la existencia de una relación.

Plantago rigida, las correlaciones entre rasgos funcionales más fuertes fueron negativas (Figura 11C), destacando la relación entre altura de planta y longitud de raíces ($r = -0,67$), indicando una ligera relación ($r = -0,57$) entre diámetro de raíces con área foliar específica y altura de planta.

Plantago tubulosa, los valores de correlación entre rasgos funcionales fueron muy bajos (Figura 11D). El área foliar específica se relacionó de manera muy débil ($r = 0,53$) con el contenido de clorofila y con la altura de planta.

Werneria pygmaea, las relaciones fueron débiles (Figura 11E). El valor más alto fue entre espesor foliar y contenido de clorofila ($r = 0,49$), que es muy débil para indicar una relación positiva entre ambos rasgos.

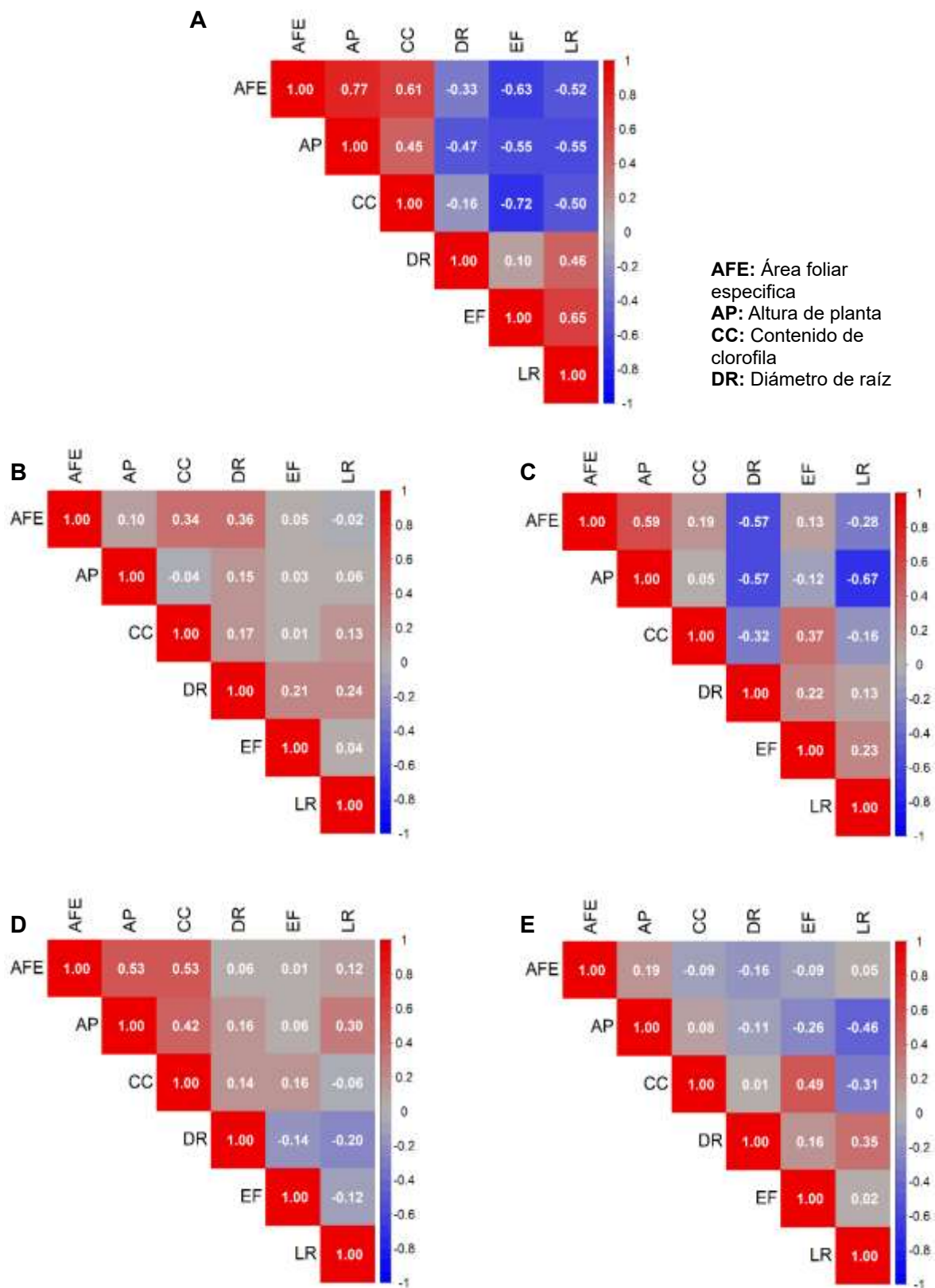


Figura 11. Matriz de correlación de Spearman entre rasgos funcionales de las especies representativas
Leyenda: (A) Análisis general entre rasgos de las cuatro especies. (B) Correlaciones para *D. muscoides*, (C) *P. rigida*, (D) *P. tubulosa*, (E) *W. pygmaea*.

El análisis del espacio funcional, basado en un análisis de componentes principales (PCA) de los seis rasgos cuantitativos (AP, AFE, EF, CC, LR, DR), reveló la distribución y las diferencias funcionales entre las cuatro especies de estudio (Figura 12). El primer componente principal (PC1, eje X), explica el 41,8% de la variación total y está positivamente asociado con la altura de planta (AP), área foliar específica (AFE) y el contenido de clorofila (CC). Mientras que los rasgos espesor foliar (EF) y longitud de raíces (LR) muestran una correlación negativa con este eje. En el segundo componente (PC2, eje Y), explica el 18% adicional a la variación no capturada en el primer componente e influenciada por el rasgo diámetro de raíz (DR), independiente de los otros rasgos.

La riqueza funcional (FRich= 58,38), indica el amplio espacio funcional de estas especies, en cuanto a la divergencia funcional (FDiv=0,444), nos indica que nuestras especies están moderadamente dispersas dentro del espacio funcional, reflejando una coexistencia de estrategias funcionales complementarias.

Dentro del espacio funcional, *D. muscoides* se sitúa en un extremo, con mayor relación entre la longitud de raíz (LR) y el espesor foliar (EF). Mientras que *P. tubulosa* se ubica en el extremo opuesto a *D. muscoides*, con mayor relación a contenido de clorofila (CC) y área foliar específica (AFE). *P. rigida* ubicada en una posición intermedia respecto a las dos especies anteriores, está más relacionada con el diámetro de raíz. Por último, *W. pygmaea* se ubicó al extremo opuesto de *P. rigida*, con mayor relación altura de planta (AP), con proximidad a espesor foliar (EF).

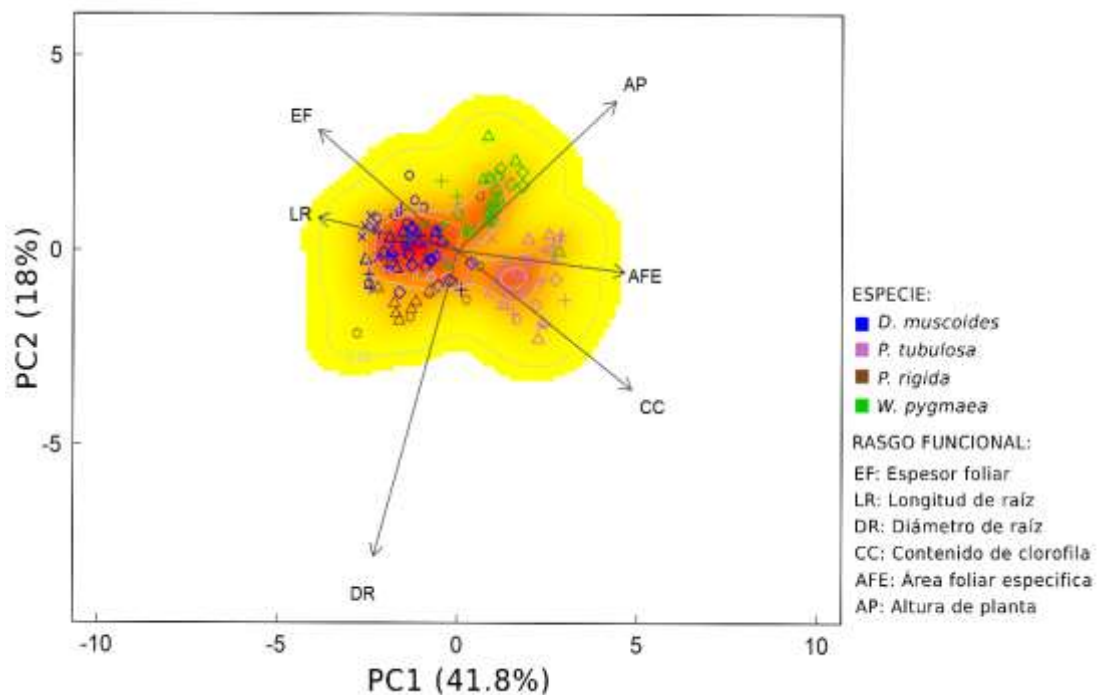


Figura 12. Espacio funcional de las especies representativas

Las características ambientales presentaron variación marcada entre bofedales (Tabla 6). La elevación fluctuó entre 4 377 y 4 829 m s.n.m., mientras que la humedad promedio, la cobertura vegetal y la presencia de agua superficial mostraron rangos amplios entre sitios, evidenciando diferencias en la estructura y estado de los cojines. Asimismo, se registraron contrastes en la proporción de suelo desnudo y cojines muertos, variables que influyen directamente en la configuración del gradiente ambiental observado.

Se analizó la relación de rasgos funcionales y variables ambientales, a través de un PCA, se analizó la variación conjunta entre los rasgos funcionales y las variables ambientales. Los dos primeros componentes explicaron el 27,8% (PC1) y el 20,6% (PC2) de la varianza total, acumulando en conjunto un 48,4% del total.

En el primer componente principal (PC1), se observó tendencias de asociación positiva entre las variables humedad, elevación, cobertura vegetal y presencia de agua superficial; a nivel de los rasgos funcionales, área foliar específica (AFE), altura de planta (AP) y contenido de clorofila (CC); y negativamente a suelo desnudo y cojines muertos.

En el segundo componente principal (PC2), en el eje Y, se observó tendencias negativas entre longitud de raíces (LR), espesor foliar (EF) y diámetro de raíces (DR).

A nivel de especies, *D. muscoides* se asoció a valores altos de longitud de raíces (LR), espesor foliar (EF) y diámetro de raíces (DR); mientras que *P. tubulosa* se ubicó en el extremo opuesto, con mayor relación a área foliar específica (AFE), altura de planta (AP) y contenido de clorofila (CC). En posiciones intermedias, *P. rígida* se asoció con el diámetro de raíz (DR) y cojines muertos, mientras que *W. pygmaea* se relacionó principalmente con presencia de agua, cobertura vegetal y humedad, aunque también presentó puntos cercanos a la variable suelo desnudo.

Tabla 6. Bofedales y variables ambientales

		Bofedal 1	Bofedal 2	Bofedal 3	Bofedal 4	Bofedal 5
Bofedal	Elevación(m s.n.m.)	4377	4514	4829	4730	4536
	Área (ha)	1,78	3,89	1,78	7,67	0,93
	Dominancia	<i>Aciachne pulvinata</i>	<i>Distichia muscoides</i> , <i>Plantago rigida</i>	<i>Distichia muscoides</i> , <i>Lachemilla diplophylla</i>	<i>Distichia muscoides</i>	<i>Distichia muscoides</i> , <i>Werneria pygmaea</i>
	Humedad promedio (%)	29 - 67	35-78	46 - 82	66 – 76	49 – 64
	Cobertura vegetal (%)	65 - 95	41-95	80 - 100	80-99	85 – 99
Parcela	Cojines Muertos (%)	4 - 33	0-19	0 - 20	0.5 – 2	0 – 15
	Suelo desnudo (%)	0.5 - 2	1-41	0	0	0 – 9
	Agua superficial (%)	0	0 - 1	0 - 12	0 - 19	0 - 3

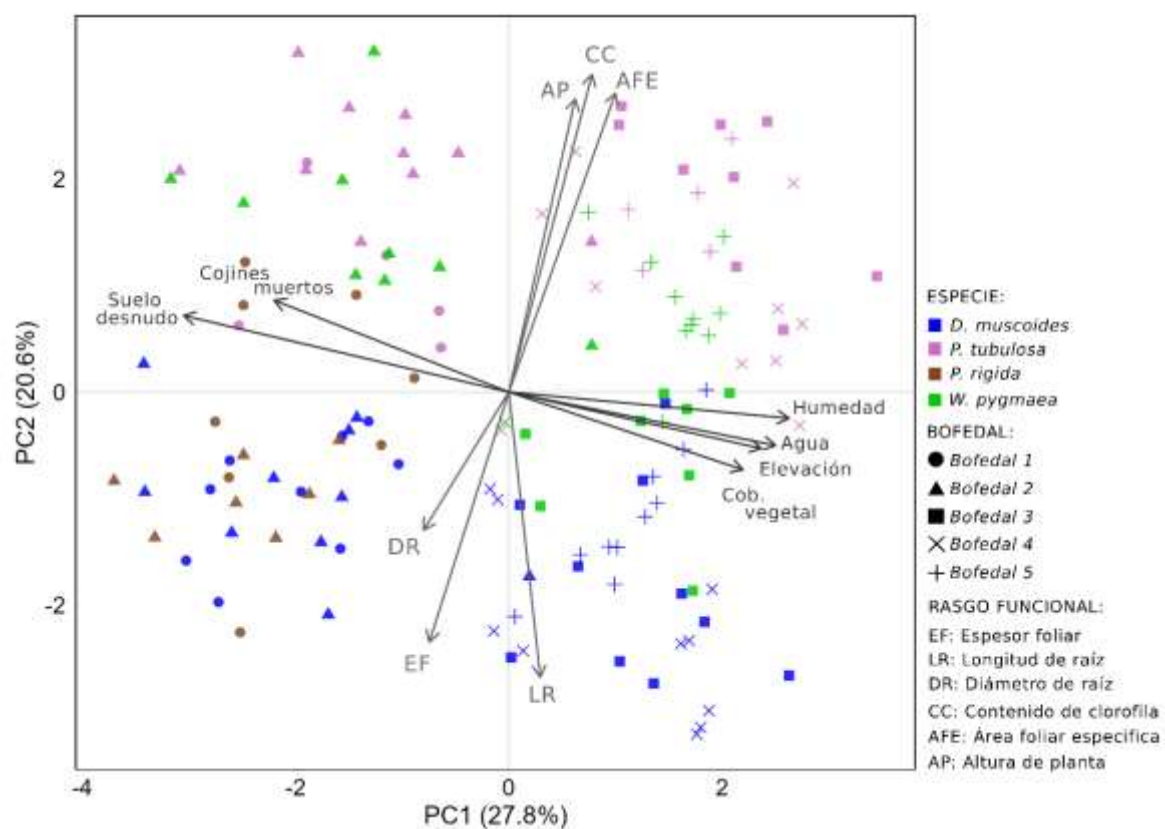


Figura 13. Relación entre rasgos funcionales de las especies representativas y variables ambientales seleccionadas

V. DISCUSIÓN

En este estudio se ha considerado rasgos funcionales cualitativos de cada especie, como las formas de crecimiento, formas de vida, vía fotosintética, y como rasgos funcionales cuantitativos: altura de planta, área foliar específica, espesor foliar, contenido de clorofila, longitud de raíces y diámetro de raíces. Además, de considerar variables ambientales como elevación, humedad del suelo, cobertura del suelo (suelo desnudo, cojines muertos, agua superficial, cobertura vegetal). Este enfoque permite discutir de manera integral los patrones encontrados en *D. muscoides*, *P. rígida*, *P. tubulosa* y *W. pygmaea*, en relación con su ecología y estrategias adaptativas.

Forma de crecimiento, se encontró que *D. muscoides* y *P. rígida* crecen con forma de almohadilla o cojín, pero con estructura interna diferente (Figura 4). *D. muscoides* crece en forma de cojín integrado, formado por ramificaciones densas y hojas imbricadas. En contraste, *P. rígida*, se desarrolla en forma de cojín formado por múltiples rosetas individuales que crecen extremadamente juntas. En cambio, *P. tubulosa* y *W. pygmaea* presentaron un crecimiento en roseta basal (Figura 4). *P. tubulosa* forma pequeños grupos de múltiples rosetas individuales y la forma de las rosetas basales y aplanadas. *W. pygmaea*, forma rosetas basales y están conectadas por rizomas, crecen de manera espaciada. Cabe mencionar que, según la clasificación de formas de cojines por Rauh (citado por Aubert *et al.*, 2014), basada en la morfología y organización estructural, las cuatro especies pueden considerarse dentro del espectro de formas de crecimiento de cojín, pero en nuestras observaciones las especies *P. tubulosa* y *W. pygmaea*, no presentaron formaciones almohadilladas evidentes, sino una disposición más extendida y menos compactada.

En cuanto a la forma de vida, las cuatro especies seleccionadas, corresponden a la clasificación de hemicriptófitas, caracterizadas por la ubicación de sus yemas de rebrote al ras del suelo y cubiertas por las hojas. Según Pérez-Harguindeguy *et al.* (2016), las plantas que forman cojines y rosetas se denominan globalmente como

hemicriptófitas. Para Körner (2021), señala que, en montañas como Hindú Kush, por encima de los 4 000 m s.n.m., el predominio de especies hemicriptófitas, es evidente y característico de la flora alpina. Parsons & Gibson (2009), destacan que, en regiones altoandinas y alpinas, las plantas formadoras de cojines en estos hábitats son chaméfitas y hemicriptófitas, adoptando formas hemisféricas o su hemisféricas debido a la estrecha ramificación de sus brotes y a sus entrenudos cortos. Estas adaptaciones permiten la supervivencia de las especies a condiciones de altura y frío extremo al no exponer directamente los tejidos meristemáticos al frío y la desecación. En este contexto, los resultados de este estudio confirman la prevalencia de estrategias de vida típicas de ecosistemas de alta montaña en las especies representativas de los bofedales andinos.

Vía fotosintética, esta estrategia en las plantas está muy relacionada a la concentración de CO₂ y la temperatura (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016). En este estudio, *D. muscoides*, *P. tubulosa*, *P. rigida* y *W. pygmaea*, fueron categorizadas como plantas C₃, debido a la similitud en la anatomía foliar, caracterizadas por un mesófilo bien diferenciado entre empalizado y esponjoso. Wang *et al.* (2006), clasificaron como plantas C₃, a algunas especies perennes de las familias Asteraceae, Juncaceae (*Juncus balticus*) y Plantaginaceae (*Plantago major*), en su investigación realizaron la clasificación según sus atributos fisiológicos e indicadores isotópicos (δ¹³C). Estos resultados refuerzan la clasificación de nuestras especies como C₃, al compartir tanto afinidad taxonómica como características anatómicas con los grupos descritos en la literatura.

La altura de la planta, entendida como la distancia entre la superficie del suelo y el límite más alto de los tejidos vegetales (follaje), constituye un rasgo funcional clave relacionado con la forma de crecimiento, el vigor competitivo, la longevidad promedio, la fecundidad, la capacidad de almacenamiento de carbono y otras variables críticas del ecosistema (Moles *et al.*, 2024; Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016). En los bofedales evaluados, las especies mostraron alturas diferentes en individuos de la misma especie y entre especies, lo que refleja la diversidad de estrategias de crecimiento y adaptación a las condiciones de cada bofedal.

D. muscoides, presentó alturas entre 3,8 a 21,5 mm, asociadas a su forma de cojín hemisférico y compacto. Este crecimiento denso limita el desarrollo vertical, pero proporciona protección térmica y reduce la pérdida de agua, características esenciales en condiciones extremas. De acuerdo con Curichahua & Huamán (2022), los cojines de *D. muscoides* presentan mayor altura que los cojines formados por

Plantago, debido a la acumulación rápida de turba que eleva la base de la planta sobre el nivel del suelo, según Cooper *et al.* (2015) *D. muscoides*, puede crecer entre 0.96 y 5.37 cm al año, siendo una de las especies con mayores tasas de acumulación de turba. *P. rígida*, con medidas entre 4,3 a 12,2 mm, mostró un rango más estrecho, lo que se explica por sus rosetas compactadas al suelo y la formación de cojines rígidos; *P. tubulosa* con medidas entre 5,8 a 23,6 mm, evidenció un rango más amplio, lo que refleja su mayor variabilidad en el tamaño de rosetas y un menor grado de compactación respecto a las especies anteriores; *W. pygmaea* con medidas entre 6,8 a 19,6 mm, mostró valores intermedios y rosetas menos densas, lo que sugiere una estrategia más flexible en el balance entre protección y captura de recursos. Morong A. (2024) menciona que, debido a los ambientes extremos, las plantas cojines deberán amortiguar el frío, viento y radiación para el desarrollo de las otras especies, como las plantas que crecen en rosetas, por lo que la altura de las plantas se puede interpretar como un rasgo conservativo. Las diferencias en alturas de nuestras cuatro especies reflejan la diversidad de estrategias de las especies cojín y rosetas para enfrentar las limitaciones ambientales de los bofedales altoandinos, resaltando la importancia de este rasgo en el mantenimiento de la estructura y el funcionamiento del ecosistema.

Área foliar específica, es el rasgo funcional que presenta la relación entre el área de la hoja y peso seco es clave por su gran relación con la tasa de crecimiento relativo y determina una relación de compensación entre longevidad de la hoja y la capacidad fotosintética (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016; Rada *et al.*, 2021), lo que lo hace un rasgo clave para la evaluación de estrategias de uso de recursos. En este estudio, los valores más altos corresponden a *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*, particularmente en el bofedal 3 con medianas de 6 y 9 mm²/mg, respectivamente. Pero, en el bofedal 4, ambas especies alcanzaron sus valores más bajos, con medianas de 4 y 5 mm²/mg respectivamente. Para *Plantago rigida* y *Werneria pygmaea* las medianas más bajas se registraron en el bofedal 2, con 5,63 mm²/mg en ambas especies; mientras que los valores máximos se registraron en el bofedal 1 para *P. rígida* (6,25 mm²/mg) y en el bofedal 5 para *W. pygmaea* (6,7 mm²/mg).

Estos resultados son consistentes con lo reportado por Cruz y Lasso (2020), en el páramo colombiano “El Verjón-Matarredonda” (3290 a 3400m s.n.m.), en el que clasificaron como un grupo funcional a las rosetas basales, con hojas más grandes, gruesas y resistentes a comparación de los otros grupos, reportando un valor promedio de 5,3 mm²/mg, similar a lo registrado en este estudio para *Plantago*

tubulosa y *Werneria pygmaea*. En el caso de *Distichia muscoides*, se recomienda complementar la interpretación con el contenido de materia seca foliar, rasgo estrechamente relacionado con el área foliar específica y posiblemente más representativo en especies de cojín con hojas aciculares y abombadas (García *et al.*, 2014; Loza Herrera *et al.*, 2015). Finalmente, los valores relativamente bajos de área foliar especifican registrados en las cuatro especies son característicos de plantas con estrategias conservadoras (Alvarez *et al.*, 2025), lo cual refuerza la idea de que en bofedales altoandinos predominan adaptaciones orientadas a la eficiencia de recursos y a la tolerancia frente a condiciones ambientales extremas.

Espesor foliar es un rasgo asociado a la longevidad de las hojas, la capacidad de almacenamiento de agua y la resistencia frente al estrés ambiental, por lo que suele estar estrechamente relacionada al área foliar específica (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016). En nuestro estudio, los valores más altos se registraron para *Distichia muscoides* y *Werneria pygmaea*, en el bofedal 3, medianas cercanas a 0.6mm y 0.5mm, respectivamente. En el bofedal 1, se registraron valores elevados para *Plantago tubulosa* (0,51mm) y *Plantago rigida* (0,45mm), mientras que el bofedal 2 presentó valores intermedios para las cuatro especies.

De acuerdo con Cruz y Lasso (2021), en los páramos colombianos se identificaron promedios de espesor foliar para rosetas basales (0,70 mm) y concluyen que un mayor espesor foliar representa una estrategia conservativa y de defensa, planteamiento que también es señalado por Morong (2024) y van der Merwe *et al.* (2021). Los valores reportados en este trabajo para las especies seleccionadas (0,45 a 0,6 mm) se aproximan al rango reportado para las rosetas basales, lo que sugiere que el mayor espesor de sus hojas constituye una adaptación conservativa clave en ecosistemas altoandinos como los bofedales.

Contenido de clorofila, este rasgo funcional vinculado con la capacidad fotosintética y productividad de la planta (Asefa *et al.*, 2022; Coste *et al.*, 2010; van der Merwe *et al.*, 2021). En este estudio, las mayores medianas se registraron para *Plantago tubulosa* (33 SPAD) y *Distichia muscoides* (4,9 SPAD), en el bofedal 5. Las medianas más bajas se registraron en el bofedal 1. Para *Plantago rigida* registró 4 SPAD en los bofedales bofedal 1 y bofedal 2, mientras que *Werneria pygmaea* registro valores más elevados en el bofedal 2 (6,3 SPAD), los valores más bajos en bofedal 5 (4 SPAD). Es importante destacar que los valores SPAD, representan un índice indirecto basado en lecturas de ondas a 650nm y 940nm., pero la cuantificación absoluta de clorofila requiere calibraciones específicas mediante análisis químico. Coste *et al.*

(2010) lograron obtener una formula calibrada para especies de selva tropical, pero el usar esa fórmula con nuestros datos podría causar sesgos, ya que la morfología foliar de las especies de bofedales es diferente a especies más tropicales. Es importante mencionar que, como señalan García Olías, (2024) y Marengo *et al.* (2009), el contenido real de clorofila varia por las condiciones ambientales y la especie, resaltando la importancia de calibrar adecuadamente los métodos indirectos de estimación de clorofila, antes de convertir unidades SPAD en contenido real de clorofila (mg/m^2 o $\mu\text{g/cm}^2$), esta consideración metodológica es particularmente relevante en ambientes extremos como los bofedales altoandinos.

La longitud y el diámetro de las raíces son rasgos claves para comprender las estrategias de adquisición y conservación de recursos. La longitud de raíces vinculada a la capacidad de acceso a los recursos hídricos y nutrientes (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2016) y el diámetro medio de las raíces se asocia con la resistencia mecánica, longevidad y transportes de agua y nutrientes (McCormack *et al.*, 2012). Nuestros resultados reportan las medianas más altas en *Distichia muscoides* y *Werneria pygmaea* en el bofedal 3, con valores de 17 cm y 12 cm, respectivamente. La especie con mayor variación en las medidas de *Distichia muscoides*, con medianas entre 14 a 17 cm *Plantago tubulosa*, con medianas entre 7 a 11 cm. El registro de longitud de raíz más larga es de *Distichia muscoides* en el bofedal 3, con 27 cm y *Werneria pygmaea* con la longitud más corta, con 3cm. En los resultados para diámetro de raíces, las medianas más altas corresponden a *Plantago rigida* (3mm) en el bofedal 2, *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*, presentan una medida de 2,1 mm, en el bofedal 5. *Werneria pygmaea* registro como mediana más alta 1,5 mm en el bofedal 3. Estos dos rasgos muestran diversidad de estrategias funcionales en ecosistemas altoandinos. *Distichia muscoides*, extiende sus raíces de manera vertical y profunda en busca de agua, recordando que es una especie que forma turba y que sus raíces pueden llegar a medidas considerables, lo que dificulta llegar al final de una raíz (las medidas presentadas no son la longitud total de la raíz). *Plantago tubulosa* y *Plantago rigida*, tienen una morfología radical similar, pero la raíz de *P. rigida* es más abultada en la primera porción de las raíces. *Werneria pygmaea*, algunas de sus raíces se extienden de manera horizontal a diferencia de las otras y al disgregar de los bloques obtenidos algunas eran más largas que las otras especies.

El análisis de correlación mostró relaciones entre los rasgos funcionales de las cuatro especies estudiadas. La relación positiva más fuerte se observó entre la altura de

planta y el área foliar específica ($r=0,77$), seguida de la relación entre espesor foliar y longitud de raíz ($r=0,65$), seguida de área foliar específica y el contenido de clorofila ($r=0,61$). Estos resultados sugieren que las plantas con mayor área foliar específica tienden a tener un mejor desempeño a la hora de capturar la luz y realizar el intercambio gaseoso, favoreciendo el crecimiento en altura y reforzando una estrategia de adquisición rápida de recursos. Estos patrones concuerdan con lo reportado por Pan *et al.* (2020), las plantas de humedales cumplen con la estrategia de adquisición rápida de recursos y suelen estar estrechamente a rasgos del espectro de economía foliar.

Por otro lado, las relaciones negativas más fuertes se encontraron entre contenido de clorofila y espesor foliar ($r=-0,72$), también entre área foliar específica y espesor foliar ($r=-0,63$), esas relaciones negativas sugieren la existencia de compromisos (*trade-offs*) en la asignación de recursos entre la inversión del sistema radicular y la capacidad fotosintética. Lo que concuerda con lo descrito por Islam *et al.* (2024) para plantas de alta montaña, donde la reducción del área foliar se compensa con mayor espesor, aportando ventajas estructurales y defensivas que aumentan la longevidad foliar y la tolerancia a la radiación solar intensa.

A nivel específico, *Distichia muscoides*, mostró valores insuficientes para indicar la existencia de una buena relación, entre el área foliar específica y el diámetro de raíz ($r = 0,36$). En contraste, *P. rígida* una relación negativa fuerte entre altura de planta y longitud de raíces ($r = -0,67$), indicando una ligera relación ($r=-0,57$) entre diámetro de raíces con área foliar específica y altura de planta, indicando que, en esta especie, la altura de planta y la longitud de raíz, son inversamente proporcionales y que el incremento en el grosor de la raíz se asocia con una disminución de área foliar específica y la altura de la planta.

Plantago tubulosa mostró relaciones entre el área foliar específica con el contenido de clorofila y con la altura de planta ($r=0,53$) se relacionaron de manera muy débil, pero podrían reflejar una estrategia de adquisición de recursos. En contraste, *Werneria pygmaea* que mostró el patrón de correlación más débil, entre espesor foliar y contenido de clorofila ($r=0,49$).

Estos resultados confirman que los rasgos foliares y radicales no actúan de manera aislada, sino que funcionan de forma integrada como parte de estrategias adaptativas que permiten a las especies persistir bajo las condiciones extremas de los bofedales. En este trabajo se realizó un análisis del espacio funcional, que permitió identificar estrategias contrastantes de las especies seleccionadas. *Distichia muscoides* se

asoció principalmente a los rasgos longitud de raíz (LR) y el espesor foliar (EF), rasgos vinculados a estrategias de conservación de recursos. La presencia de raíces largas facilita el anclaje y la absorción en suelos saturados de agua, mientras que un mayor espesor foliar se relaciona con tejidos de almacenamiento y resistencia a las bajas temperaturas. *Plantago rigida*, en cambio, mostró asociación con el diámetro medio de las raíces (DR), siendo la especie con raíces son más gruesas a comparación de las otras especies. De acuerdo con Martínez-Amigo & Jaramillo (2024) y Suárez *et al.* (2021), *D. muscoides* presenta raíces profundas, con alta producción y recambio de raíces; *P. rigida*, posee raíces más cortas, pero con mayor acumulación de carbono y biomasa, resaltando la importancia de ambas especies en la dinámica de almacenamiento de carbono en ecosistemas como los bofedales.

Por otro lado, *Werneria pygmaea* y *Plantago tubulosa*, presentan rizomas horizontales a poca profundidad (Ruthsatz, 2012), lo que coincide con la relación negativa observada con el rasgo longitud de raíces. *Werneria pygmaea*, se asoció Altura de planta (AP) y espesor foliar (EF), rasgos que corresponden con su crecimiento en rosetas basales y postradas, adaptación que favorecen la tolerancia a la radiación y al viento. *Plantago tubulosa*, mostró asociación al área foliar específica (AFE) y contenido de clorofila (CC), rasgos indicadores de una estrategia de adquisición rápida de recursos, basada en altas tasas fotosintéticas con baja inversión estructural en hojas (Rada *et al.*, 2021).

Estos patrones muestran que, en los bofedales hay especies con estrategias funcionales diferentes pero complementarias, lo que favorece su coexistencia y resiliencia frente a cambios ambientales, permitiéndonos asociar y entender su rol clave en este ecosistema.

El análisis de componentes principales (PCA) refuerza los patrones observados en las correlaciones entre rasgos funcionales (Figura 12), integrando además las variables ambientales, lo que permitió identificar tendencias relevantes entre las especies y su entorno. Mostrando que los rasgos foliares (área foliar específica, contenido de clorofila) y el rasgo Altura de planta se asocian a ambientes de mayor humedad y cobertura vegetal. Esto refleja una estrategia de adquisición de recursos en especies como *Plantago tubulosa* y *Werneria pygmaea*. *Distichia muscoides* se ubica en el extremo opuesto, con altos valores de espesor foliar, longitud y diámetro de raíces, evidenciando una estrategia conservativa vinculada a la tolerancia al estrés hídrico, térmico y almacenamiento de carbono, pero también se observa una tendencia de asociarse a la humedad. Autores como Monge-Salazar *et al.*, (2022)

mencionan que plantas de cojín acumuladoras de turba, como *D. muscoides*, tienen una relación positiva con la humedad y el carbono orgánico del suelo. Maldonado-Fonkén *et al.* (2024), reportan que en comunidades de *W. pygmaea*, la humedad del suelo suele superar el 60%, lo que respalda el patrón de adquisición de recursos.

Por otro lado, *Plantago rigida* se asocia con variables que indican suelos más secos, desnudos de vegetación y con cojines muertos. Según Romo-Rojas & Calero Romo (2022), *P. rigida* es una especie resistente al pastoreo. Para Maldonado-Fonkén *et al.* (2024), los cojines de *P. rigida* se desarrollan en superficies secas, donde no se acumula el agua en charcos, reforzando el papel de esta especie adaptada a espacios más secos.

Este último grafico nos permitió confirmar la coexistencia de dos estrategias marcadas en los bofedales, especies con rasgos adquisitivos (*W. pygmaea* y *P. tubulosa*) ligadas a la productividad en zonas húmedas y especies con rasgos conservativos (*D. muscoides* y *P. rigida*) que aseguran resistencia y almacenamiento de carbono en contextos de estrés o sequía.

VI. CONCLUSIONES

1. Las especies representativas de los bofedales muestran estrategias contrastantes de adaptación. *Distichia muscoides* y *Plantago rigida* presentan formas de cojín y estrategias conservativas, mientras que *Werneria pygmaea* y *Plantago tubulosa* exhiben formas de roseta y estrategias adquisitivas, reflejando respuestas diferenciadas frente a las condiciones altoandinas.
2. Los rasgos de altura, área foliar específica, espesor foliar, contenido de clorofila y longitud de raíces evidencian variación intra e interespecífica asociada a distintas estrategias de uso de recursos. Las especies con hojas gruesas y raíces profundas priorizan conservación y resistencia, mientras que aquellas con mayor área foliar y clorofila favorecen una rápida adquisición de recursos.
3. Las correlaciones entre rasgos foliares y radicales evidencian compensaciones funcionales entre eficiencia fotosintética y longevidad foliar, así como entre exploración radical y almacenamiento. Estos patrones reflejan estrategias adaptativas complementarias que permiten la coexistencia de especies en condiciones variables de humedad y estrés.
4. La humedad del suelo, cobertura vegetal y elevación influyen en la expresión de los rasgos funcionales. Ambientes más húmedos favorecen estrategias adquisitivas (*W. pygmaea*, *P. tubulosa*), mientras que zonas más secas o con mayor estrés promueven estrategias conservativas (*D. muscoides*, *P. rigida*), reforzando la importancia de la diversidad funcional para la resiliencia de los bofedales.

VII. RECOMENDACIONES

1. Ampliar la escala espacial de estudio e incorporar mayor cantidad de variables abióticas para evaluar la respuesta de los rasgos funcionales a gradientes ambientales, especialmente de humedad.
2. Incorporar rasgos funcionales anatómicos, fisiológicos y reproductivos para una comprensión más integral de las estrategias funcionales.
3. Estandarizar metodologías para la medición de clorofila en ecosistemas altoandinos, a fin de mejorar la comparabilidad entre estudios.
4. Evaluar la relación entre diversidad funcional y resiliencia de los bofedales frente a perturbaciones ambientales.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, M. A., Barros, A., & Bonjour, L. D. J. (2025). *Road Disturbance Shapes the Functional Composition of Native Plant Species but Not That of Non- Natives in the Arid Andes*. <https://doi.org/10.1111/avsc.70031>
- Asefa, M., Worthy, S. J., Cao, M., Song, X., Lozano, Y. M., & Yang, J. (2022). Above- and below-ground plant traits are not consistent in response to drought and competition treatments. *Annals of Botany*, 130(7), 939–950. <https://doi.org/10.1093/aob/mcac108>
- Aubert, S., Boucher, F., Renaud, J., & Choler, P. (2014). 1914 – 2014 : A revised worldwide catalogue of cushion plants 100 years after Hauri and Schro. 59–70. <https://doi.org/10.1007/s00035-014-0127-x>
- Báez, S., Cayuela, L., Macía, M. J., Álvarez-Dávila, E., Apaza-Quevedo, A., Arnelas, I., Baca-Cortes, N., Bañares de Dios, G., Bauters, M., Ben Saadi, C., Blundo, C., Cabrera, M., Castaño, F., Cayola, L., de Aledo, J. G., Espinosa, C. I., Fadrique, B., Farfán-Rios, W., Fuentes, A., ... Homeier, J. (2022). FunAndes – A functional trait database of Andean plants. *Scientific Data*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01626-6>
- Balslev, H. (1996). *Flora neotropica - Monograph - Juncaceae* (Organization for Flora Neotropica, Ed.). The New York Botanical Garden.
- Bektaş, B., Rutten, G., Saillard, A., Friaud, R., Arnoldi, C., Renaud, J., Guéguen, M., Foulquier, A., Poulenard, J., Lyautey, E., Clément, J.-C., Thuiller, W., & Münkemüller, T. (2025). Traits and functions of alpine plant communities respond strongly but not always sufficiently to in situ climate change. *New Phytologist*. <https://doi.org/10.1111/nph.70503>
- Calvo, J., Moreira-Muñoz, A., & Funk, V. A. (2020). Taxonomic Revision of the Neotropical Genus *Werneria* (Compositae, Senecioneae). *Smithsonian Contributions to Botany*, 111, iv–123. <https://doi.org/10.5479/si.12728264.v1>
- Carmona, C. P., Pavanetto, N., & Puglielli, G. (2024). funspace: An R package to build, analyse and plot functional trait spaces. *Diversity and Distributions*, 30(4), 1–14. <https://doi.org/10.1111/ddi.13820>
- Chimner, R. A., Boone, R., Bourgeau-chavez, L. L., & Fuentealba, B. D. (2020). *Andes, Bofedales, and the Communities of Huascarán National Park, Peru*. November.

- Condori Villano, A. (2017). *Propagación de Physalis peruviana L. por esquejes diferenciados en condiciones de laboratorio a 2800 msnm - Ayacucho*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Cooper, D. J., Kaczynski, K., Slayback, D., & Yager, K. (2015). Growth and Organic Carbon Production in Peatlands Dominated by *Distichia muscoides*, Bolivia, South America. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 47(3), 505–510. <https://doi.org/10.1657/AAAR0014-060>
- Cornelissen, J. H. C., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D. E., Reich, P. B., Ter Steege, H., Morgan, H. D., Van Der Heijden, M. G. A., Pausas, J. G., & Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51(4), 335–380. <https://doi.org/10.1071/BT02124>
- Coste, S., Baraloto, C., Leroy, C., Marcon, É., Renaud, A., Richardson, A. D., Roggy, J. C., Schimann, H., Uddling, J., & Hérault, B. (2010). Assessing foliar chlorophyll contents with the SPAD-502 chlorophyll meter: A calibration test with thirteen tree species of tropical rainforest in French Guiana. *Annals of Forest Science*, 67(6), 607–607. <https://doi.org/10.1051/forest/2010020>
- Cruz, M., & Lasso, E. (2020). *New insights into the functional ecology of paramo plants : what growth forms can tell us about plant functional types*.
- Cruz, M., & Lasso, E. (2021). *Insights into the functional ecology of páramo plants in Colombia*. December 2020, 1–17. <https://doi.org/10.1111/btp.12992>
- Curichahua H., E., & Huamán LL, J. (2022). Capacidad de retención de agua de *Distichia muscoides* Nees & Meyen Y *Plantago rigida* Kunth en bofedales de la subcuenca del río Shullcas Huancayo – Junín. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Dalle Fratte, M., Bolpagni, R., Pierce, S., & Cerabolini, B. E. L. (2024). Functional ecology of plant communities as a guide for vegetation management. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 323. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2024.152627>
- Danet, A., Anthelme, F., Gross, N., & Kéfi, S. (2018). Effects of indirect facilitation on functional diversity, dominance and niche differentiation in tropical alpine communities. *Journal of Vegetation Science*, 29(5), 835–846. <https://doi.org/10.1111/jvs.12667>
- de Bello, F., Carmona, C. P., Dias, A. T. C., Götzenberger, L., Moretti, M., & Berg, M. P. (2021). Handbook of Trait-Based Ecology: From Theory to R Tools. *Handbook of Trait-Based Ecology: From Theory to R Tools*, 1–296. <https://doi.org/10.1017/9781108628426>
- Díaz, S., Cabido, M., Zak, M., Martínez Carretero, E., & Aranibar, J. (1999). Plant functional traits, ecosystem structure and land-use history along a climatic gradient in central-western Argentina. *Journal of Vegetation Science*, 10(5), 651–660. <https://doi.org/10.2307/3237080>
- Dominguez Leon, D. K. (2024). *Caracterización de rasgos funcionales de Parkia panurensis “Pashaco colorado” en colinas bajas y altas*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.

- Flores, E. R., Calvo, V., & Tácuna, R. (2014). Marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de los bofedales. Nota técnica n° 9. *Ministerio Del Ambiente*.
- Funk, J. L., Larson, J. E., Ames, G. M., Butterfield, B. J., Cavender-Bares, J., Firn, J., Laughlin, D. C., Sutton-Grier, A. E., Williams, L., & Wright, J. (2017). Revisiting the Holy Grail: Using plant functional traits to understand ecological processes. *Biological Reviews*, 92(2), 1156–1173. <https://doi.org/10.1111/brv.12275>
- García, M. C., Meneses, R. I., Naoki, K., & Anthelme, F. (2014). Métodos para evaluar el efecto del pastoreo sobre las comunidades vegetales de bofedales. *Ecología En Bolivia*, 49(3), 9–103.
- García Olías, P. E. (2024). *Intraspecific variation of functional traits in alpine plants : a case study from Schrankogel* ,.
- González, P., Suni, M., Deanna, R., Scaldaferrro, M. A., Castañeda, E., Ramirez, D. W., & Cano, A. (2016). Biología reproductiva y citogenética de *Distichia muscoides* (Juncaceae). *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*, 51(1), 123–133. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v51.n1.14422>
- Guevara, R. (2024). Rasgos funcionales de las especies forestales abundantes de los bosques estacionalmente secos del valle del río Tambo, Satipo - Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Halbritter, A. H., Vandvik, V., Cotner, S. H., Farfan-Rios, W., Maitner, B. S., Michaletz, S. T., Oliveras Menor, I., Telford, R. J., Ccahuana, A., Cruz, R., Sallo-Bravo, J., Santos-Andrade, P. E., Vilca-Bustamante, L. L., Castorena, M., Chacón-Labela, J., Christiansen, C. T., Duran, S. M., Egelkraut, D. D., Gya, R., ... Enquist, B. J. (2024). Plant trait and vegetation data along a 1314 m elevation gradient with fire history in Puna grasslands, Perú. *Scientific Data*, 11(1), 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-02980-3>
- Hind, D. J. N. (2022). A new genus, *Rockhausenia* (Compositae: Senecioneae: Senecioninae). *Kew Bulletin*, 77(3), 691–714. <https://doi.org/10.1007/s12225-022-10040-5>
- INAIGEM. (2023). Memoria Descriptiva del Inventario Nacional de Bofedales – 2023. In B. Fuentealba Durand & R. Rios Recra (Eds.), *Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)* (Vol. 1).
- Islam, T., Hamid, M., Nawchoo, I. A., & Khuroo, A. A. (2024). Leaf functional traits vary among growth forms and vegetation zones in the Himalaya. *Science of the Total Environment*, 906(June 2023), 167274. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167274>
- Körner, C. (2021). Alpine Plant Life. In *Alpine Plant Life* (3rd ed.). 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-98018-3>
- Kühn, N., Tovar, C., Carretero, J., Vandvik, V., Enquist, B. J., & Willis, K. J. (2021). Globally important plant functional traits for coping with climate change. *Frontiers of Biogeography*, 13(4), 0–18. <https://doi.org/10.21425/F5FBG53774>
- Lachaise, T., Bergmann, J., Rillig, M. C., & van Kleunen, M. (2021). Below- and aboveground traits explain local abundance, and regional, continental and

- global occurrence frequencies of grassland plants. *Oikos*, 130(1), 110–120. <https://doi.org/10.1111/oik.07874>
- Ling-Ling, S., Qing, T., Guang, L., Zong-Xing, L., Xiaoying, L., Juan, G., Yuchen, L., Qiao, C., & Yue, Z. (2022). Variation in characteristics of leaf functional traits of alpine vegetation in the Three-River Headwaters Region, China. *Ecological Indicators*, 145(June), 109557. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109557>
- LLC., G. (2024). *Google earth pro* (versión 7.3). <https://www.google.com/earth/>
- López, D., Sáez, P. L., Cavieres, L. A., Beveridge, F. C., Saavedra-Mella, F., & Bravo, L. A. (2025). Morpho-Physiological Traits and Dehydration Tolerance of High-Altitude Andean Wetland Vegetation in the Chilean Atacama Region. *Plant-Environment Interactions*, 6(2), 1–10. <https://doi.org/10.1002/pei3.70038>
- Loza Herrera, S., Meneses, R. I., & Anthelme, F. (2015). Comunidades vegetales de los bofedales de la Cordillera Real (Bolivia) bajo el calentamiento global. *Ecología En Bolivia*, 50(1), 39–56.
- Luyo Asencio, A. (2025). Densidad de plantas y fórmulas de abonamiento orgánico - mineral en el rendimiento de betarraga (*Beta vulgaris* L.) Canaán, 2750 msnm - Ayacucho 2022. In *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*.
- Maldonado Fonkén, M. S. (2015). An introduction to the bofedales of the Peruvian High Andes. *Mires and Peat*, 15, 1–13.
- Maldonado-Fonkén, M., Chuquillanqui, H., Vildoso, B., & Linares-Palomino, R. (2024a). Plant communities of high-Andean bofedal wetlands across a trans-Andean transect in southern Peru. *Vegetation Classification and Survey*, 5, 203–218. <https://doi.org/10.3897/VCS.115726>
- Marenco, R. A., Antezana-Vera, S. A., & Nascimento, H. C. S. (2009). Relationship between specific leaf area, leaf thickness, leaf water content and SPAD-502 readings in six Amazonian tree species. *Photosynthetica*, 47(2), 184–190. <https://doi.org/10.1007/s11099-009-0031-6>
- Martínez-Amigo, V., & Jaramillo, R. (2024). Cushion Plants from the Andes — an Overview of Current Knowledge and Some Research Needs. *Wetland Science & Practice*, January, 97–103.
- Mccormack, M. L., Adams, T. S., Smithwick, E. A. H., & Eissenstat, D. M. (2012). *Predicting fine root lifespan from plant functional traits in temperate trees*. 823–831.
- Mendoza, W., Cano, A., Roque, J., La Torre, M. I., Navarro, E., Gonzáles, P., Delgado, A., Castillo, S., Trujillo, D., Ramirez, D., Trinidad, H., & Valencia, N. (2024). *Guía de las plantas de los bofedales del Perú*. 1–420.
- Midolo, G., Axmanová, I., Divíšek, J., Dřevojan, P., Lososová, Z., Večeřa, M., Karger, D. N., Thuiller, W., Bruelheide, H., Ačić, S., Attorre, F., Biurrun, I., Boch, S., Bonari, G., Čarni, A., Chiarucci, A., Čušterevska, R., Dengler, J., Dziuba, T., ... Chytrý, M. (2024). Diversity and distribution of Raunkiaer's life forms in European vegetation. *Journal of Vegetation Science*, 35(1), 1–15. <https://doi.org/10.1111/jvs.13229>

- MINAM. (2019). Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú - Memoria Descriptiva. *Ministerio Del Ambiente*, 1–124.
- Moles, A. T., Warton, D. I., Warman, L., Swenson, N. G., Shawn, W., Zanne, A. E., Pitman, A., Hemmings, F. A., & Leishman, M. R. (2024). *Global patterns in plant height*. 923–932. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01526.x>
- Monge-Salazar, M. J., Tovar, C., Cuadros-Adriazola, J., Baiker, J. R., Montesinos-Tubée, D. B., Bonnesoeur, V., Antiporta, J., Román-Dañobeytia, F., Fuentealba, B., Ochoa-Tocachi, B. F., & Buytaert, W. (2022a). Ecohydrology and ecosystem services of a natural and an artificial bofedal wetland in the central Andes. *Science of the Total Environment*, 838(November 2021), 155968. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155968>
- Montenegro-Hoyos, Angie C. and Carvajal, Danny E. and Loayza-Freire, Andrea P. and Squeo, Francisco A. (2024), Divergent Responses of Functional Traits to Water Table Depth and Grazing in a High Andean Wetland Plant Community. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=5031803> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5031803>
- Morong A., B. I. (2024). Facilitación especie-específica de plantas en cojín y sus consecuencias en la diversidad funcional en una comunidad de plantas altoandinas de los Andes de Chile central.
- Müller, K., & Wickham, H. (2023). *tibble: Simple Data Frames* (R package version 3.2.1). <https://cran.r-project.org/package=tibble>
- Munoz, F., Anthelme, F., & Raevel, V. (2014). Procesos ecológicos a múltiples escalas que afectan a las dinámicas de comunidades de plantas en los humedales altoandinos de Bolivia. *Ecología En Bolivia*, 104–119.
- Murillo-Godoy, V. E. (2010). *Revisión taxonómica del género Plantago (Plantaginaceae) en Chile*. 93.
- Pan, Y., Cieraad, E., Armstrong, J., Armstrong, W., Clarkson, B. R., Colmer, T. D., Pedersen, O., Visser, E. J. W., Voesenek, L. A. C. J., & Bodegom, P. M. Van. (2020). Global patterns of the economics spectrum in wetlands. *Nature Communications*, 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18354-3>
- Paredes Cubas, W. F. (2024). *Caracterización de rasgos funcionales de especies leñosas con fines de restauración ecológica en bosques estacionalmente secos de Jaén, Perú*. Universidad Nacional de Jaén.
- Parsons, R. F., & Gibson, N. (2009). *The cushion plants of lowland southern Australia. Nimis 1981*, 1–8.
- Pavanetto, N., & Puglielli, G. (2024). *funspace: Creating and Representing Functional Trait Space*.
- Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M. S., Cornwell, W. K., Craine, J. M., Gurvich, D. E., Urcelay, C., Veneklaas, E. J., Reich, P. B., Poorter, L., Wright, I. J., Ray, P., Enrico, L., Pausas, J. G., De Vos, A. C., Cornelissen, J. H. C. (2013a). New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 61(3), 167–234. <https://doi.org/10.1071/BT12225>

- Pohl, M., Stroude, R., Buttler, A., & Rixen, C. (2011). Functional traits and root morphology of alpine plants. *Annals of Botany*, 108(3), 537–545. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr169>
- Polk, M. H., Young, K. R., Cano, A., & León, B. (2019). Vegetation of andean wetlands (bofedales) in huascarán national park, Peru. *Mires and Peat*, 24, 1–26. <https://doi.org/10.19189/MaP.2018.SNPG.387>
- R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing (Version 4.4.2)*. R Foundation for Statistical Computing.
- Rada, F., Sarmiento, L., & García-varela, S. (2021). Plant functional traits along an old-field succession in the high tropical andes. *Acta Oecologica*, 111(June 2020), 103738. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2021.103738>
- Raevel, V., Anthelme, F., Meneses, R. I., & Munoz, F. (2018). Cushion-plant protection determines guild-dependent plant strategies in high-elevation peatlands of the Cordillera Real, Bolivian Andes. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 30(December 2016), 103–114. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2017.09.006>
- Rahn, K. (1985). Plantago sect. Carpophorae, a taxonomic study. *Nordic Journal of Botany*, 5(2), 143–151. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1985.tb02083.x>
- Ribeiro Da Cunha, A., Katz, I., De Pádua Sousa, A., Andres, R., & Uribe, M. (2015). Índice SPAD en el crecimiento y desarrollo de plantas de lisianthus en función de diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido. *IDESIA (Chile)*, 33, 97–105.
- Romo-Rojas, M. G., & Calero Romo, E. (2022). Degradación de la vegetación de páramo por efecto de la ganadería en el Parque Nacional Llanganates, Ecuador. *Revista Verde de Agroecología e Desenvolvimento Sustentável*, 17(1), 27–34. <https://doi.org/10.18378/rvads.v17i1.9093>
- Roy, M. C., Azeria, E. T., Locky, D., & Gibson, J. J. (2019). Plant functional traits as indicator of the ecological condition of wetlands in the Grassland and Parkland of Alberta, Canada. *Ecological Indicators*, 98(July 2018), 483–491. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.021>
- Ruthsatz, B. (2012). Vegetation and ecology of the high Andean peatlands of Bolivia. *Phytocoenologia*, 42(3–4), 133–179. <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2012/0042-0535>
- Salgado-Negret, B. (2015). La Ecología Funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. In *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*.
- Schneider, C. A., Rasband, W. S., & Eliceiri, K. W. (2012a). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 671–675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>
- Schroeder, L., Robles, V., Jara-Arancio, P., Lapadat, C., Hobbie, S. E., Arroyo, M. T. K., & Cavender-Bares, J. (2024). Drivers of plant diversity, community composition, functional traits, and soil processes along an alpine gradient in the central Chilean Andes. *Ecology and Evolution*, 14(2), 1–18. <https://doi.org/10.1002/ece3.10888>

- Shibaeva, T. G., Mamaev, A. V., & Sherudilo, E. G. (2020). Evaluation of a SPAD-502 Plus Chlorophyll Meter to Estimate Chlorophyll Content in Leaves with Interveinal Chlorosis. *Russian Journal of Plant Physiology*, 67(4), 690–696. <https://doi.org/10.1134/S1021443720040160>
- Sloey, T. M., Ellis, V. S., & Kettenring, K. M. (2023). Using Plant Functional Traits to Inform Wetland Restoration. *Wetlands*, 43(7), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s13157-023-01741-z>
- Suárez, E., Chimbolema, S., Chimner, R. A., & Lilleskov, E. A. (2021). *Root biomass and production by two cushion plant species of tropical high-elevation peatlands in the Andean páramo*. 27, 1–9. <https://doi.org/10.19189/MaP.2020.OMB.StA.2131>
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2021). Fundamentos de la Fisiología Vegetal. In *Oxford University Press*. Oxford University Press.
- Valencia, N., Cano, A., Delgado, A., Trinidad, H., & Gonzáles, P. (2013). Composición y Cobertura de la Vegetación de Bofedales en un Macrotransecto Este–Oeste en los Andes Centrales del Perú. In *Monitoreo de Biodiversidad de un Megaproyecto Transandino* (pp. 278–293).
- van der Merwe, S., Greve, M., Olivier, B., & Roux, P. C. (2021). *Testing the role of functional trait expression in plant – plant facilitation*. November 2019, 255–265. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13681>
- Violle, C., Navas, M.-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., & Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116(5), 882–892. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x>
- Wang, R. Z., Liu, X. Q., & Bai, Y. (2006). Photosynthetic and morphological functional types for native species from mixed prairie in Southern Saskatchewan, Canada. *Photosynthetica*, 44(1), 17–25.
- Wei, T., & Simko, V. (2024a). *corrplot: Visualization of a Correlation Matrix* (0.95). <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.corrplot>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K., & Vaughan, D. (2025). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation* (version 1.1.4). R package. <https://dplyr.tidyverse.org>
- Wickham, H., Hester, J., & Bryan, J. (2024). *readr: Read Rectangular Text Data* (R package version 2.1.5). <https://cran.r-project.org/package=readr>
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. L., Miller, E., Bache, S. M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D. P., Spinu, V., ... Yutani, H. (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4, 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- Witting Chavarría, J. M. (2024). Sensoramiento remoto y rasgos funcionales en la selección de Haplorhus peruviana Engl. como estrategia de restauración forestal en bosques fragmentados. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Zelada, H., & Reynel, C. (2019). Estimación de rasgos funcionales en dos especies arbóreas de una gradiente altitudinal tropical en el Centro de Perú. *Revista Forestal Del Perú*, 34(2), 132. <https://doi.org/10.21704/rfp.v34i2.1323>

IX. ANEXOS

ANEXO 1. Constancia de identificación de especies

CONSTANCIA

Yo, **PhD. Reynaldo Linares Palomino**, asesor del trabajo de investigación titulado "**Descripción de rasgos funcionales en plantas representativas de bofedales del ducto de PERU LNG en Ayacucho y Huancavelica, 2024**", dejo constancia de lo siguiente:

Que la Bach. en Ciencias Biológicas, **Bernita Leonor Izaura Taipe Roca**, ha trabajado con las cuatro especies mencionadas a continuación.

Familia	Especie
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyen
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i> Gillies
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i> Decne
Plantaginaceae	<i>Plantago rigida</i> Kunth

Se expide el documento correspondiente a solicitud de la interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 31 de octubre de 2025



Managing Director
Programa de Monitoreo y Evaluación de la Biodiversidad Terrestre
Lord Cochrane 111, Oficina 110, San Isidro, 15073, Peru
(+51) 987383172
linaresr@si.edu

SMITHSONIAN'S NATIONAL ZOO AND CONSERVATION BIOLOGY INSTITUTE
Center for Conservation and Sustainability
<https://nationalzoo.si.edu>

ANEXO 2. Ubicación geográfica de las parcelas de colecta de especies seleccionadas

Bofedal	Parcela	Este	Norte	Zona	Elevación (msnm)	Especie dominante
Bofedal 1	1	549154,21	8531022,21	18L	4374	<i>A. pulvinata</i>
Bofedal 1	2	549160,53	8531040,89	18L	4376	<i>A. pulvinata</i>
Bofedal 1	3	549151,67	8531057,17	18L	4378	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 1	4	549138,04	8531061,83	18L	4374	<i>A. pulvinata</i>
Bofedal 1	5	549150,08	8531075,53	18L	4380	<i>A. pulvinata</i>
Bofedal 1	6	549126,06	8531087,18	18L	4378	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 1	7	549136,93	8531106,74	18L	4378	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 1	8	549121,89	8531120,37	18L	4376	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 1	9	549154,65	8531141,98	18L	4376	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 1	10	549154,18	8531154,33	18L	4376	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 2	1	538002,44	8530853,87	18L	4525	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 2	2	537945,36	8530855,27	18L	4525	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 2	3	537922,45	8530798,57	18L	4517	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 2	4	537926,49	8530764,50	18L	4518	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 2	5	537970,65	8530739,67	18L	4515	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 2	6	537914,35	8530688,91	18L	4512	<i>P. rigida</i>
Bofedal 2	7	537900,12	8530649,53	18L	4507	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 2	8	537943,86	8530639,29	18L	4513	<i>P. tubulosa</i>
Bofedal 2	9	537883,06	8530612,06	18L	4513	<i>P. rigida</i>
Bofedal 2	10	537854,55	8530518,21	18L	4499	<i>P. rigida</i>
Bofedal 3	1	531506,81	8530557,77	18L	4837	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 3	2	531559,52	8530531,06	18L	4833	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 3	3	531600,33	8530504,03	18L	4834	<i>A. diplophylla</i>
Bofedal 3	4	531573,89	8530494,44	18L	4832	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 3	5	531532,84	8530497,69	18L	4829	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 3	6	531520,37	8530458,94	18L	4831	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 3	7	531555,21	8530453,43	18L	4835	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 3	8	531531,63	8530392,52	18L	4825	<i>P. tubulosa</i>
Bofedal 3	9	531540,68	8530348,39	18L	4821	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 3	10	531548,74	8530293,30	18L	4813	<i>Isoetes sp.</i>
Bofedal 4	1	525805,43	8529501,94	18L	4728	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 4	2	525755,83	8529506,52	18L	4733	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 4	3	525697,41	8529463,56	18L	4730	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 4	4	525735,93	8529423,16	18L	4731	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 4	5	525786,56	8529362,51	18L	4726	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 4	6	525739,16	8529288,68	18L	4730	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 4	7	525685,47	8529323,90	18L	4730	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 4	8	525662,12	8529367,71	18L	4732	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 4	9	525674,53	8529215,09	18L	4732	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 4	10	525710,74	8529242,37	18L	4733	<i>P. tubulosa</i>
Bofedal 5	1	501639,52	8521332,30	18L	4528	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 5	2	501607,25	8521319,69	18L	4532	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 5	3	501587,65	8521335,29	18L	4532	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 5	4	501548,46	8521342,15	18L	4537	<i>W. pygmaea</i>
Bofedal 5	5	501544,23	8521325,89	18L	4535	<i>W. pygmaea</i>
Bofedal 5	6	501493,45	8521375,99	18L	4537	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 5	7	501493,78	8521345,80	18L	4532	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 5	8	501457,39	8521278,79	18L	4536	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 5	9	501432,81	8521282,88	18L	4540	<i>D. muscoides</i>
Bofedal 5	10	501394,70	8521277,90	18L	4546	<i>D. muscoides</i>

ANEXO 3. Tabla estadística de resumen grafico Boxplot

Bofedal	Especie	Rasgo func.	N°	Media	Mediana	Desv. Estand.	Valor min.	Valor max.	Q1	Q3
Bofedal 1	<i>D. muscoides</i>	AFE	21	4,360	4,280	1,754	1,800	8,700	3,350	5,030
Bofedal 1	<i>D. muscoides</i>	AP	9	11,522	11,040	4,827	3,930	21,470	8,950	13,500
Bofedal 1	<i>D. muscoides</i>	CC	27	2,719	2,500	1,473	0,800	6,100	1,600	3,550
Bofedal 1	<i>D. muscoides</i>	DR	26	1,980	1,865	0,552	1,180	3,480	1,683	2,220
Bofedal 1	<i>D. muscoides</i>	EF	27	0,541	0,530	0,098	0,350	0,710	0,485	0,610
Bofedal 1	<i>D. muscoides</i>	LR	18	13,941	13,640	2,450	10,190	19,370	12,363	15,605
Bofedal 1	<i>P. rigida</i>	AFE	15	5,781	5,660	1,990	2,400	8,850	4,220	7,300
Bofedal 1	<i>P. rigida</i>	AP	8	7,918	8,005	2,967	4,270	12,220	5,275	9,350
Bofedal 1	<i>P. rigida</i>	CC	24	4,438	4,300	2,002	1,100	9,100	3,200	5,200
Bofedal 1	<i>P. rigida</i>	DR	24	2,613	2,450	1,117	0,740	4,780	1,800	3,288
Bofedal 1	<i>P. rigida</i>	EF	24	0,462	0,450	0,091	0,300	0,680	0,395	0,520
Bofedal 1	<i>P. rigida</i>	LR	20	10,796	10,615	3,053	6,810	18,930	8,713	11,940
Bofedal 1	<i>P. tubulosa</i>	AFE	12	5,360	5,380	1,911	2,560	8,370	3,803	6,260
Bofedal 1	<i>P. tubulosa</i>	AP	5	9,694	9,610	2,451	7,220	13,580	8,050	10,010
Bofedal 1	<i>P. tubulosa</i>	CC	15	21,533	20,000	8,609	10,100	40,700	14,350	26,450
Bofedal 1	<i>P. tubulosa</i>	DR	15	1,679	1,290	0,654	1,060	2,730	1,150	2,235
Bofedal 1	<i>P. tubulosa</i>	EF	15	0,529	0,520	0,103	0,330	0,750	0,480	0,550
Bofedal 1	<i>P. tubulosa</i>	LR	13	11,294	11,410	4,111	3,830	19,100	8,300	14,680
Bofedal 2	<i>D. muscoides</i>	AFE	30	4,342	3,875	1,709	1,630	7,420	3,050	6,010
Bofedal 2	<i>D. muscoides</i>	AP	10	6,477	6,275	1,789	4,860	10,730	5,180	6,520
Bofedal 2	<i>D. muscoides</i>	CC	30	4,192	3,900	1,649	1,400	8,600	2,950	5,100
Bofedal 2	<i>D. muscoides</i>	DR	27	1,700	1,530	0,502	1,040	2,880	1,335	2,000
Bofedal 2	<i>D. muscoides</i>	EF	30	0,527	0,490	0,152	0,350	0,970	0,443	0,538
Bofedal 2	<i>D. muscoides</i>	LR	27	13,541	13,590	2,984	7,680	19,370	11,250	15,385
Bofedal 2	<i>P. rigida</i>	AFE	21	3,927	3,750	1,350	1,570	7,200	3,230	4,560
Bofedal 2	<i>P. rigida</i>	AP	7	5,754	5,120	1,171	4,820	7,560	4,925	6,465
Bofedal 2	<i>P. rigida</i>	CC	21	4,843	4,300	3,002	2,000	15,900	3,100	5,100
Bofedal 2	<i>P. rigida</i>	DR	18	2,889	2,955	0,668	1,520	3,950	2,468	3,395
Bofedal 2	<i>P. rigida</i>	EF	21	0,424	0,400	0,102	0,250	0,610	0,350	0,490
Bofedal 2	<i>P. rigida</i>	LR	18	12,814	12,090	3,370	8,530	19,830	10,408	14,598
Bofedal 2	<i>P. tubulosa</i>	AFE	30	7,565	7,235	2,542	3,000	12,100	5,853	9,158
Bofedal 2	<i>P. tubulosa</i>	AP	10	11,646	11,875	2,374	6,260	14,730	10,688	13,143
Bofedal 2	<i>P. tubulosa</i>	CC	30	28,433	28,300	13,869	6,400	56,300	18,350	37,200
Bofedal 2	<i>P. tubulosa</i>	DR	30	1,856	1,780	0,764	0,840	4,290	1,335	2,150
Bofedal 2	<i>P. tubulosa</i>	EF	30	0,371	0,360	0,087	0,230	0,670	0,323	0,418
Bofedal 2	<i>P. tubulosa</i>	LR	29	9,598	9,550	2,359	6,450	16,390	7,690	10,580
Bofedal 2	<i>W. pygmaea</i>	AFE	27	5,769	5,550	1,255	4,030	8,970	4,920	6,355
Bofedal 2	<i>W. pygmaea</i>	AP	9	13,333	13,240	2,480	9,990	17,450	11,480	15,120
Bofedal 2	<i>W. pygmaea</i>	CC	27	6,922	6,600	3,739	2,400	18,000	4,500	8,100
Bofedal 2	<i>W. pygmaea</i>	DR	27	0,964	0,940	0,324	0,450	1,610	0,770	1,085
Bofedal 2	<i>W. pygmaea</i>	EF	27	0,432	0,450	0,136	0,120	0,600	0,395	0,520
Bofedal 2	<i>W. pygmaea</i>	LR	26	9,936	10,105	2,226	5,500	13,480	8,365	11,678
Bofedal 3	<i>D. muscoides</i>	AFE	27	5,501	5,500	1,478	3,350	8,760	4,415	6,145
Bofedal 3	<i>D. muscoides</i>	AP	10	6,589	6,170	1,504	4,910	8,890	5,273	7,773
Bofedal 3	<i>D. muscoides</i>	CC	30	4,563	3,750	3,182	1,600	14,900	2,450	5,275
Bofedal 3	<i>D. muscoides</i>	DR	27	1,971	1,940	0,588	1,000	2,850	1,480	2,465
Bofedal 3	<i>D. muscoides</i>	EF	30	0,563	0,580	0,119	0,330	0,800	0,460	0,620
Bofedal 3	<i>D. muscoides</i>	LR	26	18,007	17,030	4,913	10,530	27,590	14,025	20,273
Bofedal 3	<i>P. tubulosa</i>	AFE	27	9,263	9,360	1,876	6,620	12,900	7,505	10,560

Bofedal	Especie	Rasgo func.	N°	Media	Mediana	Desv. Estand.	Valor min.	Valor max.	Q1	Q3
Bofedal 3	<i>P. tubulosa</i>	AP	9	12,442	11,130	4,145	7,930	19,830	10,040	14,910
Bofedal 3	<i>P. tubulosa</i>	CC	27	31,185	30,300	12,182	6,900	52,000	24,950	39,950
Bofedal 3	<i>P. tubulosa</i>	DR	24	1,608	1,525	0,647	0,750	2,990	1,045	2,180
Bofedal 3	<i>P. tubulosa</i>	EF	27	0,321	0,320	0,046	0,240	0,460	0,290	0,340
Bofedal 3	<i>P. tubulosa</i>	LR	18	11,562	10,410	5,544	6,070	31,560	8,958	11,835
Bofedal 3	<i>W. pygmaea</i>	AFE	24	6,103	5,765	2,354	2,620	11,950	4,175	7,920
Bofedal 3	<i>W. pygmaea</i>	AP	8	9,558	9,165	1,812	6,780	11,880	8,498	11,135
Bofedal 3	<i>W. pygmaea</i>	CC	24	5,217	4,700	2,696	1,000	11,300	3,275	6,050
Bofedal 3	<i>W. pygmaea</i>	DR	18	1,407	1,310	0,526	0,660	2,710	1,008	1,683
Bofedal 3	<i>W. pygmaea</i>	EF	24	0,515	0,480	0,099	0,350	0,760	0,468	0,575
Bofedal 3	<i>W. pygmaea</i>	LR	16	12,783	12,625	2,381	8,900	16,490	11,190	14,563
Bofedal 4	<i>D. muscoides</i>	AFE	30	4,217	3,860	2,093	1,680	9,450	2,540	4,585
Bofedal 4	<i>D. muscoides</i>	AP	10	5,825	5,440	1,660	3,750	9,190	4,723	6,150
Bofedal 4	<i>D. muscoides</i>	CC	30	3,027	3,200	1,454	0,700	7,400	1,925	3,825
Bofedal 4	<i>D. muscoides</i>	DR	30	1,744	1,695	0,377	1,100	2,460	1,470	2,040
Bofedal 4	<i>D. muscoides</i>	EF	30	0,564	0,550	0,093	0,360	0,710	0,520	0,640
Bofedal 4	<i>D. muscoides</i>	LR	34	13,915	13,995	3,705	6,510	22,320	11,745	15,873
Bofedal 4	<i>P. tubulosa</i>	AFE	30	5,476	5,280	1,864	2,130	10,300	4,055	6,533
Bofedal 4	<i>P. tubulosa</i>	AP	10	8,062	8,155	2,076	5,770	12,600	6,323	8,990
Bofedal 4	<i>P. tubulosa</i>	CC	30	23,018	23,750	11,060	5,900	46,500	13,275	30,575
Bofedal 4	<i>P. tubulosa</i>	DR	30	1,456	1,400	0,433	0,890	2,700	1,113	1,688
Bofedal 4	<i>P. tubulosa</i>	EF	30	0,332	0,310	0,089	0,230	0,600	0,270	0,360
Bofedal 4	<i>P. tubulosa</i>	LR	34	9,280	7,925	3,493	5,400	19,470	7,013	10,470
Bofedal 5	<i>D. muscoides</i>	AFE	30	5,168	4,690	1,508	3,110	9,400	4,065	5,918
Bofedal 5	<i>D. muscoides</i>	AP	10	7,345	7,370	1,221	5,860	9,600	6,280	7,825
Bofedal 5	<i>D. muscoides</i>	CC	30	5,600	4,950	3,914	1,200	18,300	3,025	7,325
Bofedal 5	<i>D. muscoides</i>	DR	29	2,104	2,130	0,438	1,440	3,310	1,790	2,270
Bofedal 5	<i>D. muscoides</i>	EF	30	0,478	0,505	0,097	0,300	0,650	0,413	0,550
Bofedal 5	<i>D. muscoides</i>	LR	28	14,296	14,240	2,812	8,420	19,510	11,885	16,243
Bofedal 5	<i>P. tubulosa</i>	AFE	15	7,359	7,380	1,995	4,000	10,290	6,175	8,850
Bofedal 5	<i>P. tubulosa</i>	AP	5	14,044	12,510	5,605	9,160	23,580	11,130	13,840
Bofedal 5	<i>P. tubulosa</i>	CC	15	29,367	34,200	15,227	8,800	49,100	14,200	39,650
Bofedal 5	<i>P. tubulosa</i>	DR	15	2,038	2,160	0,578	1,180	3,020	1,500	2,400
Bofedal 5	<i>P. tubulosa</i>	EF	15	0,301	0,300	0,087	0,150	0,490	0,260	0,340
Bofedal 5	<i>P. tubulosa</i>	LR	13	11,440	11,380	1,888	9,150	14,500	9,890	12,640
Bofedal 5	<i>W. pygmaea</i>	AFE	30	6,540	6,505	1,468	4,140	9,900	5,335	7,148
Bofedal 5	<i>W. pygmaea</i>	AP	10	15,442	15,065	2,304	11,090	19,580	14,475	16,815
Bofedal 5	<i>W. pygmaea</i>	CC	30	4,400	4,050	2,249	1,300	10,200	2,600	5,375
Bofedal 5	<i>W. pygmaea</i>	DR	29	1,147	1,060	0,252	0,740	1,640	1,000	1,290
Bofedal 5	<i>W. pygmaea</i>	EF	30	0,414	0,430	0,095	0,250	0,650	0,363	0,475
Bofedal 5	<i>W. pygmaea</i>	LR	29	10,623	10,550	2,614	4,970	17,580	9,320	11,920

Lectura: AFE: Área foliar específica; AP: Altura de planta; CC: Contenido de clorofila; DR: Diámetro de raíz; EF: Espesor foliar; LR: Longitud de raíz

ANEXO 4. Matriz de correlación de Spearman entre rasgos funcionales

Rasgo1	Rasgo2	rho	p valor	n
AP	AFE	0,7679	0,0008	15
CC	AFE	0,6143	0,0148	15
DR	AFE	- 0,3286	0,2318	15
EF	AFE	- 0,6321	0,0115	15
LR	AFE	- 0,5179	0,0480	15
AFE	AP	0,7679	0,0008	15
CC	AP	0,4464	0,0953	15
DR	AP	- 0,4750	0,0736	15
EF	AP	- 0,5536	0,0323	15
LR	AP	- 0,5536	0,0323	15
AFE	CC	0,6143	0,0148	15
AP	CC	0,4464	0,0953	15
DR	CC	- 0,1571	0,5760	15
EF	CC	- 0,7250	0,0022	15
LR	CC	- 0,4964	0,0598	15
AFE	DR	- 0,3286	0,2318	15
AP	DR	- 0,4750	0,0736	15
CC	DR	- 0,1571	0,5760	15
EF	DR	0,1000	0,7229	15
LR	DR	0,4571	0,0867	15
AFE	EF	- 0,6321	0,0115	15
AP	EF	- 0,5536	0,0323	15
CC	EF	- 0,7250	0,0022	15
DR	EF	0,1000	0,7229	15
LR	EF	0,6536	0,0082	15
AFE	LR	- 0,5179	0,0480	15
AP	LR	- 0,5536	0,0323	15
CC	LR	- 0,4964	0,0598	15
DR	LR	0,4571	0,0867	15
EF	LR	0,6536	0,0082	15

Lectura: AFE: Área foliar específica; AP: Altura de planta; CC: Contenido de clorofila; DR: Diámetro de raíz; EF: Espesor foliar; LR: Longitud de raíz

ANEXO 5. Matriz de correlación de Spearman *D. muscoides*

Rasgo1	Rasgo2	rho	pvalor	n
AP	AFE	0,1016	0,5018	46
CC	AFE	0,3398	0,0209	46
DR	AFE	0,3599	0,0152	45
EF	AFE	0,0521	0,7308	46
LR	AFE	- 0,0168	0,9139	44
AFE	AP	0,1016	0,5018	46
CC	AP	- 0,0431	0,7686	49
DR	AP	0,1486	0,3188	47
EF	AP	0,0330	0,8217	49
LR	AP	0,0559	0,7120	46
AFE	CC	0,3398	0,0209	46
AP	CC	- 0,0431	0,7686	49
DR	CC	0,1698	0,2537	47
EF	CC	0,0075	0,9591	49
LR	CC	0,1335	0,3763	46
AFE	DR	0,3599	0,0152	45
AP	DR	0,1486	0,3188	47
CC	DR	0,1698	0,2537	47
EF	DR	0,2118	0,1529	47
LR	DR	0,2353	0,1155	46
AFE	EF	0,0521	0,7308	46
AP	EF	0,0330	0,8217	49
CC	EF	0,0075	0,9591	49
DR	EF	0,2118	0,1529	47
LR	EF	0,0391	0,7964	46
AFE	LR	- 0,0168	0,9139	44
AP	LR	0,0559	0,7120	46
CC	LR	0,1335	0,3763	46
DR	LR	0,2353	0,1155	46
EF	LR	0,0391	0,7964	46

Lectura: AFE: Área foliar específica; AP: Altura de planta; CC: Contenido de clorofila; DR: Diámetro de raíz; EF: Espesor foliar; LR: Longitud de raíz

ANEXO 6. Matriz de correlación de Spearman *P. rigida*

Rasgo1	Rasgo2	rho	pvalor	n
AP	AFE	0,5874	0,0446	12
CC	AFE	0,1891	0,5560	12
DR	AFE	- 0,5727	0,0655	11
EF	AFE	0,1261	0,6962	12
LR	AFE	- 0,2818	0,4011	11
AFE	AP	0,5874	0,0446	12
CC	AP	0,0500	0,8594	15
DR	AP	- 0,5692	0,0336	14
EF	AP	- 0,1233	0,6615	15
LR	AP	- 0,6703	0,0087	14
AFE	CC	0,1891	0,5560	12
AP	CC	0,0500	0,8594	15
DR	CC	- 0,3212	0,2628	14
EF	CC	0,3703	0,1743	15
LR	CC	- 0,1628	0,5781	14
AFE	DR	- 0,5727	0,0655	11
AP	DR	- 0,5692	0,0336	14
CC	DR	- 0,3212	0,2628	14
EF	DR	0,2244	0,4405	14
LR	DR	0,1253	0,6696	14
AFE	EF	0,1261	0,6962	12
AP	EF	- 0,1233	0,6615	15
CC	EF	0,3703	0,1743	15
DR	EF	0,2244	0,4405	14
LR	EF	0,2266	0,4359	14
AFE	LR	- 0,2818	0,4011	11
AP	LR	- 0,6703	0,0087	14
CC	LR	- 0,1628	0,5781	14
DR	LR	0,1253	0,6696	14
EF	LR	0,2266	0,4359	14

Lectura: AFE: Área foliar específica; AP: Altura de planta; CC: Contenido de clorofila; DR: Diámetro de raíz; EF: Espesor foliar; LR: Longitud de raíz

ANEXO 7. Matriz de correlación de Spearman *P. tubulosa*

Rasgo1	Rasgo2	rho	pvalor	n
AP	AFE	0,5290	0,0006	38
CC	AFE	0,5329	0,0006	38
DR	AFE	0,0586	0,7306	37
EF	AFE	0,0104	0,9506	38
LR	AFE	0,1210	0,4887	35
AFE	AP	0,5290	0,0006	38
CC	AP	0,4248	0,0070	39
DR	AP	0,1592	0,3397	38
EF	AP	0,0599	0,7170	39
LR	AP	0,3026	0,0728	36
AFE	CC	0,5329	0,0006	38
AP	CC	0,4248	0,0070	39
DR	CC	0,1358	0,4163	38
EF	CC	0,1647	0,3163	39
LR	CC	- 0,0628	0,7159	36
AFE	DR	0,0586	0,7306	37
AP	DR	0,1592	0,3397	38
CC	DR	0,1358	0,4163	38
EF	DR	- 0,1427	0,3926	38
LR	DR	- 0,2003	0,2416	36
AFE	EF	0,0104	0,9506	38
AP	EF	0,0599	0,7170	39
CC	EF	0,1647	0,3163	39
DR	EF	- 0,1427	0,3926	38
LR	EF	- 0,1241	0,4708	36
AFE	LR	0,1210	0,4887	35
AP	LR	0,3026	0,0728	36
CC	LR	- 0,0628	0,7159	36
DR	LR	- 0,2003	0,2416	36
EF	LR	- 0,1241	0,4708	36

Lectura: AFE: Área foliar específica; AP: Altura de planta; CC: Contenido de clorofila; DR: Diámetro de raíz; EF: Espesor foliar; LR: Longitud de raíz

ANEXO 8. Matriz de correlación de Spearman *W. pygmaea*

Rasgo1	Rasgo2	rho	pvalor	n
AP	AFE	0,1862	0,3524	27
CC	AFE	- 0,0919	0,6485	27
DR	AFE	- 0,1635	0,4349	25
EF	AFE	- 0,0947	0,6384	27
LR	AFE	0,0485	0,8181	25
AFE	AP	0,1862	0,3524	27
CC	AP	0,0840	0,6772	27
DR	AP	- 0,1127	0,5917	25
EF	AP	- 0,2591	0,1918	27
LR	AP	- 0,4585	0,0212	25
AFE	CC	- 0,0919	0,6485	27
AP	CC	0,0840	0,6772	27
DR	CC	0,0085	0,9680	25
EF	CC	0,4869	0,0100	27
LR	CC	- 0,3115	0,1295	25
AFE	DR	- 0,1635	0,4349	25
AP	DR	- 0,1127	0,5917	25
CC	DR	0,0085	0,9680	25
EF	DR	0,1560	0,4565	25
LR	DR	0,3481	0,0881	25
AFE	EF	- 0,0947	0,6384	27
AP	EF	- 0,2591	0,1918	27
CC	EF	0,4869	0,0100	27
DR	EF	0,1560	0,4565	25
LR	EF	0,0239	0,9098	25
AFE	LR	0,0485	0,8181	25
AP	LR	- 0,4585	0,0212	25
CC	LR	- 0,3115	0,1295	25
DR	LR	0,3481	0,0881	25
EF	LR	0,0239	0,9098	25

Lectura: AFE: Área foliar específica; AP: Altura de planta; CC: Contenido de clorofila; DR: Diámetro de raíz; EF: Espesor foliar; LR: Longitud de raíz

ANEXO 9. Análisis de espacio funcional**Resumen general**

	Valor
N° variables	6
N° observaciones (promedios)	131
FRich	58,381
FDiv	0,444

Resumen de varianza PCA

	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,5839	0,4181	0,4181
PC2	1,0397	0,1802	0,5983
PC3	0,9133	0,1390	0,7373
PC4	0,8223	0,1127	0,8500
PC5	0,72159	0,08678	0,93678
PC6	0,61590	0,06322	1,00000

Cargas de las variables en los dos primeros componentes principales (PC1 y PC2)

	PC1	PC2
AP	0,4390	0,3841
AFE	0,4653	-0,0551
EF	-0,3880	0,3098
CC	0,4846	-0,3561
LR	-0,3889	0,0842
DR	-0,2321	-0,7870

Lectura: AFE: Área foliar específica; AP: Altura de planta; CC: Contenido de clorofila; DR: Diámetro de raíz; EF: Espesor foliar; LR: Longitud de raíz

ANEXO 10. Análisis de Componentes Principales rasgos funcionales y variables ambientales

Resumen de varianza PCA

	Desviación estándar	Proporción de varianza	Proporción acumulada
PC1	1,826	0,278	0,278
PC2	1,574	0,206	0,484
PC3	1,053	0,092	0,577
PC4	0,986	0,081	0,658
PC5	0,956	0,076	0,734
PC6	0,868	0,063	0,797
PC7	0,815	0,055	0,852
PC8	0,736	0,045	0,897
PC9	0,683	0,039	0,936
PC10	0,603	0,030	0,966
PC11	0,533	0,024	0,990
PC12	0,347	0,010	1,000

Fuente: salida *summary(pca_res)*

Se muestra cuantos componentes explican la mayor parte de la varianza

Cargas de las variables en los dos primeros componentes principales (PC1 y PC2)

Tipo	Variable	PC1	PC2
Rasgos funcionales	AP	0,3484977	1,5401729
	AFE	0,5600557	1,5699677
	EF	-	-
	CC	0,4178329	-1,3139239
	LR	0,371347	1,6687630
	DR	0,1655994	-1,4979600
	DR	-	-
Variables ambientales	Elevación	0,4477449	-0,7257908
	Elevación	1,3257195	-0,2964612
	Humedad	1,4719639	-0,1378904
	Suelo desnudo	-	-
	Cobertura vegetal	1,7077205	0,4017140
	Cobertura vegetal	1,2296396	-0,4079965
	Cojines muertos	-	-
	Cojines muertos	1,2325231	0,4823088
	Agua	1,4016072	-0,2805667

Fuente: salida *loadings*

Se muestra la relación de cada variable con los ejes principales del PCA

Lectura: AFE: Área foliar específica; AP: Altura de planta; CC: Contenido de clorofila; DR: Diámetro de raíz; EF: Espesor foliar; LR: Longitud de raíz

**ANEXO 11. Metodología de trabajo
TRABAJO EN CAMPO**



Establecimiento de parcela



Colecta de muestra



Registro de variables ambientales

TRABAJO CON RASGOS FUNCIONALES CUALITATIVOS

Forma de vida



Forma de crecimiento



Vía metabólica fotosintética



BLOQUE DE SUELO COLECTADO PARA REGISTRO DE RASGOS FUNCIONALES



TRABAJO CON RASGOS FUNCIONALES CUANTITATIVOS

Altura de planta (AP)



Espesor foliar (EF)



Contenido de clorofila (CC)



Área foliar específica (AFE)



Dímetro medio de raíces (DR)



Longitud de raíces (LR)



ANEXO 12. Matriz de consistencia

3.1. ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: Descripción de rasgos funcionales en plantas representativas de bofedales del ducto de PERU LNG en Ayacucho y Huancavelica, 2024..

AUTORA: Bach. Bernita Leonor Izaura Taípe Roca **ASESOR:** Dr. Jesús de la Cruz Arango **ASESORES EXTERNOS:** Ph.D. Reynaldo Linares Palomino y Mg. Mónica Sofía Maldonado Fonkén

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Cómo varían los rasgos funcionales de las especies vegetales representativas de bofedales a lo largo de la zona de influencia del ducto de PERU LNG en Ayacucho y Huancavelica, y qué estrategias reflejan?	OBJETIVO GENERAL: Describir los rasgos funcionales en plantas representativas de bofedales del ducto de PERU LNG en Ayacucho y Huancavelica, durante la temporada seca del 2024. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: • Caracterizar los rasgos funcionales cualitativos de las especies seleccionadas en los bofedales estudiados. • Analizar los rasgos funcionales cuantitativos de las especies seleccionadas en los bofedales estudiados. • Evaluar las relaciones entre rasgos funcionales de las especies seleccionadas para identificar estrategias adaptativas. • Relacionar los rasgos funcionales con variables ambientales que influyan en las especies representativas seleccionadas.	Antecedentes Aspectos teóricos • Bofedales altoandinos • Importancia de los bofedales • Amenazas de los bofedales • Ecología funcional • Rasgos funcionales Aspectos conceptuales • Bofedal • Formaciones vegetales • Plantas representativas • Rasgos funcionales • Formas de vida • Formas de crecimiento • Altura de la planta • Área foliar específica • Espesor foliar • Vía fotosintética • Contenido de clorofila • Longitud específica de la raíz • Diámetro medio de la raíz	Variable: Rasgos funcionales de plantas de bofedales Indicadores: • Formas de vida • Formas de crecimiento • Altura de la planta • Área foliar específica • Espesor foliar • Vía fotosintética • Contenido de clorofila • Longitud de la raíz • Diámetro medio de la raíz Variable: Variables ambientales Indicadores: • Elevación • Humedad del suelo • Cobertura vegetal • Suelo desnudo • Cojines muertos • Agua	TIPO DE INVESTIGACIÓN Básica NIVEL DE INVESTIGACIÓN Descriptivo–correlacional MÉTODO • Cuantitativo, • No experimental • Observacional MUESTREO Se van a coleccionar muestras de las especies seleccionadas como representativas de bofedales, la cantidad y tipo de muestras por especie, dependerá del rasgo funcional a medir. Las áreas a muestrean se elegirán con un criterio no probabilístico de conveniencia, solo se considerarán 5 bofedales. TÉCNICAS Las técnicas para medir los rasgos funcionales son específicas para cada uno de los rasgos, entre ellas se medirán longitudes, área foliar, espesor de hoja, contenido de clorofila, entre otros. INSTRUMENTOS • Regla • Microscopio • Estereoscopio • Vernier o micrómetro digital • Medidor de clorofila • Cámara fotográfica

**UNSCH****FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Bernita Leonor Izaura TAIPE ROCA
RESOLUCIÓN DECANAL N° 041-2026-UNSCH-FCB-D.

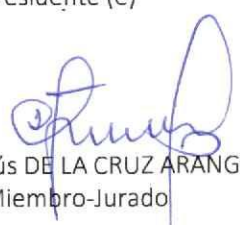
En la ciudad de Ayacucho, siendo las cuatro de la tarde del día viernes diez de abril del año dos mil veintiséis; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, participando como presidente encargada la Dra. Marta ROMERO VIACAVA, con Memorando N° 041-2026-UNSCH-FCB, de fecha diez de abril de 2026; a su vez el Mg. Rebelino ACUÑA MARTINEZ (Miembro-Jurado) y Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO (Miembro-Asesor), actuando como secretaria docente encargada la Mg. Silvia Yessica BERROSPI HUILLCA, con memorando N° 040-2026-UNSCH-FCB, de fecha diez de abril de 2026; para presenciar la sustentación de tesis titulada: Descripción de rasgos funcionales en plantas representativas de bofedales del ducto de PERU LNG en Ayacucho y Huancavelica, 2024, por la **Bach. Bernita Leonor Izaura TAIPE ROCA**; la presidenta (e) luego de verificar la documentación presentada, indicó a la secretaria docente (e); dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio del acto de sustentación, indicando a la sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece en el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Culminada la exposición, la presidenta (e) invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas a la sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó a la sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones correspondientes; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
Dra. Marta ROMERO VIACAVA	18	17	18
Mg. Rebelino ACUÑA MARTINEZ	18	17	18
Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO	17	18	18
PROMEDIO			18

La sustentante alcanzó el promedio de dieciocho (18) aprobatorio. Acto seguido, la presidenta (e) autorizó el ingreso de la sustentante y el público asistente al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las seis con diez minutos de la noche, del mismo día; firmando al pie del presente en señal de conformidad.


Dra. Marta ROMERO VIACAVA
Presidente (e)


Mg. Rebelino ACUÑA MARTINEZ
Miembro - Jurado


Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO
Miembro-Jurado


Mg. Silvia Yessica BERROSPI HUILLCA
Secretaria (e) Docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA-ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 27-2026-FCB-D

Yo, FIDEL RODOLFO MUJICA LENGUA, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Descripción de rasgos funcionales en plantas representativas de bofedales del ducto de PERU LNG en Ayacucho y Huancavelica, 2024**, por BERNITA LEONOR IZAURA TAIPE ROCA; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 4%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 24 de junio de 2026.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Escuela Profesional de Biología

Dr. Fidel R. Mujica Lengua
DIRECTOR

Descripción de rasgos funcionales en plantas representativas de bofedales del ducto de PERU LNG en Ayacucho y Huancavelica, 2024

por BERNITA LEONOR IZAURA TAIPE ROCA

Fecha de entrega: 17-jun-2026 08:18a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2984960244

Nombre del archivo: TAIPE_ROCA-Bernita_Leonor_Izaura-pregrado-2026_TURNITIN.docx (6.3M)

Total de palabras: 15163

Total de caracteres: 83754

Descripción de rasgos funcionales en plantas representativas de bofedales del ducto de PERU LNG en Ayacucho y Huancavelica, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unal.edu.co

Fuente de Internet

1%

2

repository.javeriana.edu.co

Fuente de Internet

1%

3

www.publish.csiro.au

Fuente de Internet

1%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

5

library.wur.nl

Fuente de Internet

<1%

6

briczima.web.app

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.unaj.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

www.fontagro.org

Fuente de Internet

<1%

9

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1%

10

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1%

11

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 30 words
Excluir bibliografía	Activo		