

Evaluación florística y ecológica del ecosistema altoandino Sachapata Nuñoa, Puno- Perú para su conservación

Floristic and ecological assessment of the high Andean ecosystem of Sachapata, Nuñoa, Puno, Peru for its conservation

Avaliação florística e ecológica do ecossistema alto andino de Sachapata, Nuñoa, Puno, Peru para a sua conservação

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i26.371>

Julio César Huamán Tapara¹

jchuamantapara@gmail.com

Hugo Aguilar Carlo³

hugoaguilarcarlo@gmail.com

Edgar Huamán Tapara²

edgarht2024@gmail.com

Vanessa Yessica Rojas Flores⁴

rojasvanessa281@gmail.com

Miltao Edelio Campos Albornoz⁴

mcamposa@undac.edu.pe

¹Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú

²Instituto de Educación Tecnológico Público Santa Rosa, Puno, Perú

³Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Puno, Perú

⁴Universidad Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú

Artículo recibido: 10 de febrero 2025 / Arbitrado: 21 de marzo 2025 / Publicado: 1 de mayo 2025

RESUMEN

La creciente preocupación por la pérdida de ecosistemas se aborda la importancia ecológica y cultural del ecosistema altoandino de Sachapata, en Nuñoa, Puno, Perú, dominado por bosques de *Polylepis incarum*. El objetivo fue evaluar la diversidad florística y ecológica como base para su conservación. Se aplicó una metodología evaluativa, descriptiva y analítica, instalando parcelas sistemáticas para el registro cuantitativo de flora y fauna, lo que permitió validar científicamente los resultados. Se identificaron 182 especies de plantas, 81 de aves, 9 de mamíferos, 2 de anfibios y 3 de reptiles, destacando altos índices de diversidad (Shannon-Wiener: 3.892 para flora y 4.595 para fauna). Además, se sistematizó el conocimiento tradicional de las comunidades locales, subrayando el valor cultural del bosque. Se concluye que Sachapata constituye un refugio biológico y cultural de relevancia regional, recomendándose su reconocimiento como Área de Conservación Regional para garantizar su protección y uso sostenible.

Palabras clave: Área de conservación regional; Bosques de *Polylepis incarum*; Conocimiento tradicional local; Diversidad florística y faunística; Ecosistema altoandino peruano; Índices de diversidad ecológica

ABSTRACT

Growing concern about ecosystem loss addresses the ecological and cultural importance of the high Andean ecosystem of Sachapata, in Nuñoa, Puno, Peru, dominated by *Polylepis incarum* forests. The objective was to assess floristic and ecological diversity as a basis for its conservation. An evaluative, descriptive, and analytical methodology was applied, establishing systematic plots for quantitative recording of flora and fauna, which allowed for scientific validation of the results. 182 plant species, 81 bird species, 9 mammal species, 2 amphibian species, and 3 reptile species were identified, highlighting high diversity indices (Shannon-Wiener: 3.892 for flora and 4.595 for fauna). In addition, the traditional knowledge of local communities was systematized, highlighting the cultural value of the forest. It is concluded that Sachapata constitutes a biological and cultural refuge of regional significance, and its recognition as a Regional Conservation Area is recommended to ensure its protection and sustainable use.

Key words: Regional conservation area; *Polylepis incarum* forests; Local traditional knowledge; Floristic and faunal diversity; Peruvian high Andean ecosystem; Ecological diversity indices

RESUMO

A crescente preocupação com a perda de ecossistemas aborda a importância ecológica e cultural do ecossistema alto andino de Sachapata, em Nuñoa, Puno, Peru, dominado por florestas de *Polylepis incarum*. O objetivo foi avaliar a diversidade florística e ecológica como base para a sua conservação. Foi aplicada uma metodologia avaliativa, descritiva e analítica, estabelecendo parcelas sistemáticas para registro quantitativo da flora e da fauna, que permitiu a validação científica dos resultados. Foram identificadas 182 espécies de plantas, 81 espécies de aves, 9 espécies de mamíferos, 2 espécies de anfibios e 3 espécies de répteis, destacando-se elevados índices de diversidade (Shannon-Wiener: 3.892 para a flora e 4.595 para a fauna). Além disso, foi sistematizado o conhecimento tradicional das comunidades locais, evidenciando o valor cultural da floresta. Conclui-se que Sachapata constitui um refúgio biológico e cultural de importância regional, sendo o seu reconhecimento como Área de Conservação Regional recomendado para garantir a sua proteção e utilização sustentável.

Palavras-chave: Área de conservação regional; Florestas de *Polylepis incarum*; Conhecimento tradicional local; Diversidade florística e faunística; Ecossistema alto andino peruano; Índices de diversidade ecológica

INTRODUCCIÓN

La degradación acelerada de los ecosistemas altoandinos, y en particular de los bosques de *Polylepis*, responde a una combinación de presiones antrópicas históricas y contemporáneas. En el caso de Sachapata, las principales amenazas incluyen la expansión agrícola, el sobrepastoreo, la tala de leña y la actividad minera en cabeceras de cuenca, factores que han provocado la fragmentación del hábitat y la pérdida de conectividad ecológica (1). Esta fragmentación limita la viabilidad de poblaciones de flora y fauna, reduce la resiliencia del ecosistema frente al cambio climático y altera procesos ecológicos fundamentales, como la regulación hídrica y la captura de carbono (2, 3). Además, la escasa articulación institucional y la limitada inclusión del componente socioambiental en las políticas regionales de conservación han dificultado la implementación de estrategias efectivas de manejo y restauración, perpetuando la vulnerabilidad de estos relictos boscosos (4).

No obstante, el bosque de *Polylepis incarum* en Sachapata destaca por su notable riqueza biológica y su relevancia sociocultural. Se ha documentado la presencia de 182 especies de flora, 81 especies de aves, 9 de mamíferos, 2 de anfibios y 3 de reptiles, con altos valores de diversidad (Shannon-Wiener: 3.892 para flora y 4.595 para fauna), lo que lo posiciona como un refugio biológico de importancia regional (5). La dominancia de *Polylepis incarum* y la coexistencia de especies emblemáticas como

Puya raimondii y *Oreomanes fraseri* evidencian una comunidad ecológica especializada y resiliente (6, 7). A nivel socioambiental, las comunidades locales mantienen un vínculo estrecho con el bosque, basado en conocimientos tradicionales sobre el uso sostenible de recursos y prácticas culturales que contribuyen a la conservación in situ. Esta integración de dimensiones ecológicas y culturales sustenta la necesidad de reconocer y gestionar el bosque de Sachapata como Área de Conservación Regional, promoviendo la protección legal, el uso sostenible y el fortalecimiento del vínculo entre naturaleza y sociedad (8).

Por lo que, a pesar de estas amenazas, el bosque de Sachapata mantiene una estructura ecológica compleja y resiliente, sustentada en la dominancia de *Polylepis incarum* y la coexistencia de especies emblemáticas como *Puya raimondii*, *Ephedra rupestris* y gramíneas altoandinas, adaptadas a condiciones extremas de radiación, temperatura y escasez hídrica (9). Además, la dimensión sociocultural es fundamental: las comunidades locales poseen conocimientos tradicionales sobre el uso del queñual para medicina, combustible y construcción, y su participación en iniciativas de conservación es clave para el éxito de cualquier estrategia (8). Esta integración entre la dimensión ecológica y cultural sustenta la importancia estratégica del ecosistema de Sachapata para la conservación de la biodiversidad andina y justifica la propuesta de su reconocimiento como Área de

Conservación Regional (ACR), promoviendo su protección legal, el uso sostenible de sus recursos y el fortalecimiento del vínculo entre la naturaleza y la cultura local (10).

Por tanto, los resultados obtenidos constituyen una base científica sólida para la gestión y planificación territorial con enfoque de conservación, contribuyendo a la preservación de los valores naturales y culturales de la región. Es fundamental reconocer que la problemática del bosque de Sachapata trasciende lo ecológico, involucrando dimensiones sociales, económicas y culturales. Las comunidades locales mantienen una relación estrecha con el bosque, sustentada en conocimientos tradicionales sobre el uso de recursos para medicina, energía y construcción, así como en prácticas culturales que contribuyen a la conservación in situ. Sin embargo, la presión socioeconómica y la falta de alternativas productivas sostenibles incrementan la vulnerabilidad de estos sistemas y de las poblaciones que dependen de ellos (11).

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la diversidad florística y ecológica como base para su conservación en el bosque de *Polylepis* de Sachapata, Puno, Perú, sustentada en evaluaciones ecológicas, florísticas, faunísticas y socioculturales. Se busca generar una base científica robusta que oriente la toma de decisiones, promueva la gestión participativa y asegure la conservación de los valores naturales

y culturales de este ecosistema prioritario, contribuyendo así al desarrollo sostenible y a la resiliencia socioambiental de la región andina.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el bosque de *Polylepis incarum* del sector Sachapata, ubicado en el distrito de Nuñoa, provincia de Melgar, región Puno (Perú), entre los 4,030 y 4,300 m s.n.m., en las coordenadas 14°28'58.9" S y 70°35'08.4" O. El área de intervención comprende 1,385.05 ha, de las cuales 825.56 ha corresponden al bosque continuo de *Polylepis*, y el resto incluye cuerpos hídricos asociados como las lagunas de Ututo y Pilcocota.

El diseño de muestreo se fundamentó en la necesidad de obtener datos representativos de la diversidad florística y ecológica del ecosistema altoandino de Sachapata, considerando la heterogeneidad ambiental y la estructura vertical del bosque. Se optó por un muestreo sistemático-estratificado, instalando seis parcelas permanentes distribuidas estratégicamente en el área de estudio, lo que permitió abarcar la variabilidad de microhábitats y gradientes altitudinales presentes en el bosque. La elección de seis parcelas se basó en criterios de cobertura espacial, accesibilidad y representatividad de las principales unidades de vegetación, asegurando la inclusión de zonas con diferente grado de intervención y conservación.

El tamaño y número de parcelas para cada estrato se determinó conforme a estándares internacionales para estudios ecológicos en bosques altoandinos. Para el estrato arbóreo se establecieron parcelas de 20 x 20 m (400 m²), para el arbustivo subparcelas de 5 x 5 m (25 m²) y para el herbáceo subparcelas de 1 x 1 m (1 m²) dentro de cada parcela principal, garantizando así la captura de la variabilidad estructural y composicional de cada nivel vegetal. El muestreo fue sistemático y representativo, no completamente aleatorio, ya que se buscó asegurar la cobertura de todos los estratos y condiciones ecológicas relevantes del área.

Esta metodología permitió estimar la riqueza, abundancia, frecuencia y cobertura de especies vegetales, lo que posibilitó el cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H'), ampliamente utilizado en ecología para medir la diversidad específica. La identificación taxonómica se realizó con apoyo del Herbario Vargas (CUZ) y literatura especializada (12, 13), siguiendo la nomenclatura del sistema APG III y las listas del INRENA (14). Las observaciones y recolección de datos se realizaron de manera mensual durante un periodo total de doce meses, cubriendo tanto la estación seca como la húmeda, lo que permitió registrar la variación estacional en la composición y abundancia de especies. La duración total del estudio fue de un año calendario, lo que aportó robustez a los resultados y permitió detectar patrones temporales en la dinámica del ecosistema.

La fauna silvestre fue estudiada mediante métodos directos (avistamientos, rastros, sonidos) y trampas fotográficas en puntos estratégicos. Se realizó un inventario de mamíferos, aves, reptiles y anfibios asociados al bosque de *Polylepis*. Para las aves se empleó el método de conteo por puntos fijos y recorridos lineales (transectos), mientras que para mamíferos menores se utilizaron trampas Sherman. La riqueza faunística también fue analizada mediante el Índice de Diversidad de Shannon, permitiendo comparaciones entre grupos taxonómicos. Se utilizó la clasificación de categorías de conservación de la UICN para la evaluación del estado de amenaza de las especies registradas.

Para la evaluación de fauna, se emplearon métodos directos (observación visual y registros auditivos) y el uso de trampas fotográficas. Se instalaron seis estaciones de muestreo, cada una equipada con cámaras trampa activas durante 30 días consecutivos por estación, ubicadas en puntos estratégicos seleccionados por su proximidad a fuentes de agua, senderos de fauna y zonas de mayor cobertura boscosa. La selección de estos puntos se realizó mediante recorridos exploratorios y consultas con pobladores locales, priorizando áreas con mayor probabilidad de tránsito y actividad de fauna silvestre.

La caracterización del suelo se realizó mediante la apertura de calicatas representativas y análisis de laboratorio, incluyendo variables morfológicas (color, estructura, textura, profundidad) y

fisicoquímicas (pH, materia orgánica, capacidad de retención de humedad). Estos datos fueron esenciales para correlacionar las condiciones edáficas con la distribución y densidad de *Polylepis incarum*. Para los análisis fisicoquímicos de suelos y aguas, se emplearon técnicas estandarizadas según protocolos nacionales e internacionales, como los establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP) y la ASTM. Las muestras fueron procesadas en laboratorio para determinar parámetros como pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica y textura, siguiendo procedimientos de control de calidad y calibración de equipos.

Se aplicaron entrevistas semiestructuradas y grupos focales a pobladores de las comunidades circundantes (Juan Velasco Alvarado, Orcorapampa, Chirihunu, entre otras), con el objetivo de sistematizar los patrones culturales asociados al uso, manejo y percepción del bosque. Esta información fue integrada bajo el enfoque de etnoecología y permitió identificar prácticas sostenibles, amenazas sociales, y oportunidades de manejo comunitario. La sistematización del conocimiento tradicional se realizó mediante entrevistas semiestructuradas, talleres participativos y recorridos etnobotánicos con miembros de las comunidades locales. Se aplicaron guías de entrevista validadas y adaptadas al contexto sociocultural, permitiendo recopilar información sobre usos, manejo y percepciones del bosque de *Polylepis*. La selección de informantes

clave se basó en el criterio de reconocimiento comunitario y experiencia en el manejo tradicional de recursos.

Los datos ecológicos fueron procesados con herramientas estadísticas descriptivas e inferenciales. Se calcularon:

- Riqueza total de especies por estrato vegetal.
- Densidad y frecuencia relativa.
- Índice de Shannon-Wiener (H') para flora y fauna.
- Índice de valor de importancia (IVI) para especies dominantes.
- Matrices de comparación florística entre parcelas.

Los resultados fueron integrados mediante un enfoque de análisis multivariado comparativo, que permitió establecer la relevancia ecológica del bosque en relación con otros bosques de *Polylepis* en el sur del Perú (1, 15).

Para el análisis de datos florísticos y faunísticos se emplearon herramientas descriptivas como la frecuencia, abundancia relativa y dominancia, así como índices de diversidad (Shannon-Wiener, Simpson). Se aplicaron pruebas inferenciales como ANOVA y t de Student para comparar diferencias entre parcelas y estratos, seleccionadas por su robustez y aplicabilidad a datos ecológicos. El

software utilizado fue Past 3.0 para análisis de biodiversidad y SPSS 22.0 para pruebas estadísticas, seleccionados por su reconocimiento internacional y facilidad de manejo de grandes volúmenes de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ecosistema de Sachapata se localiza en el distrito de Nuñoa, provincia de Melgar, región Puno, en el sur del Perú, entre las coordenadas 14°20' y 14°23' S y 70°50' y 70°54' O. El área evaluada se encuentra a una altitud que varía entre los 4.050 y 4.350 m s.n.m., lo que la sitúa dentro de la zona altoandina, caracterizada por climas fríos, con temperaturas medias anuales de 4,5°C a 7,2°C y precipitaciones que oscilan entre 600 y 850 mm/año. El relieve es predominantemente montañoso, con laderas abruptas, quebradas profundas y presencia de afloramientos rocosos, lo que condiciona la distribución y fragmentación de la vegetación. El suelo es de tipo franco-arenoso a franco-arcilloso, con pH ligeramente ácido (5,8–

6,3) y contenidos moderados de materia orgánica (3,2–4,1%), Figura 1.

El bosque de *Polylepis incarum* en Sachapata abarca una extensión total de 825,56 ha, de las cuales el 62% (aproximadamente 511 ha) corresponde a bosque continuo, mientras que el 38% restante está fragmentado en parches menores a 10 ha, localizados principalmente en laderas y quebradas de difícil acceso. El análisis de la estructura vertical revela una clara dominancia del estrato arbóreo, donde *Polylepis incarum* representa el 83% de los individuos registrados, con una densidad promedio de 1.120 individuos/ha y una cobertura porcentual del 78% en las parcelas evaluadas. El estrato arbustivo está conformado principalmente por *Ephedra rupestris* (210 individuos/ha) y *Baccharis caespitosa* (180 individuos/ha), mientras que el estrato herbáceo presenta una cobertura media del **34%**, dominado por gramíneas altoandinas y especies como *Werneria nubigena* y *Luzula racemosa*

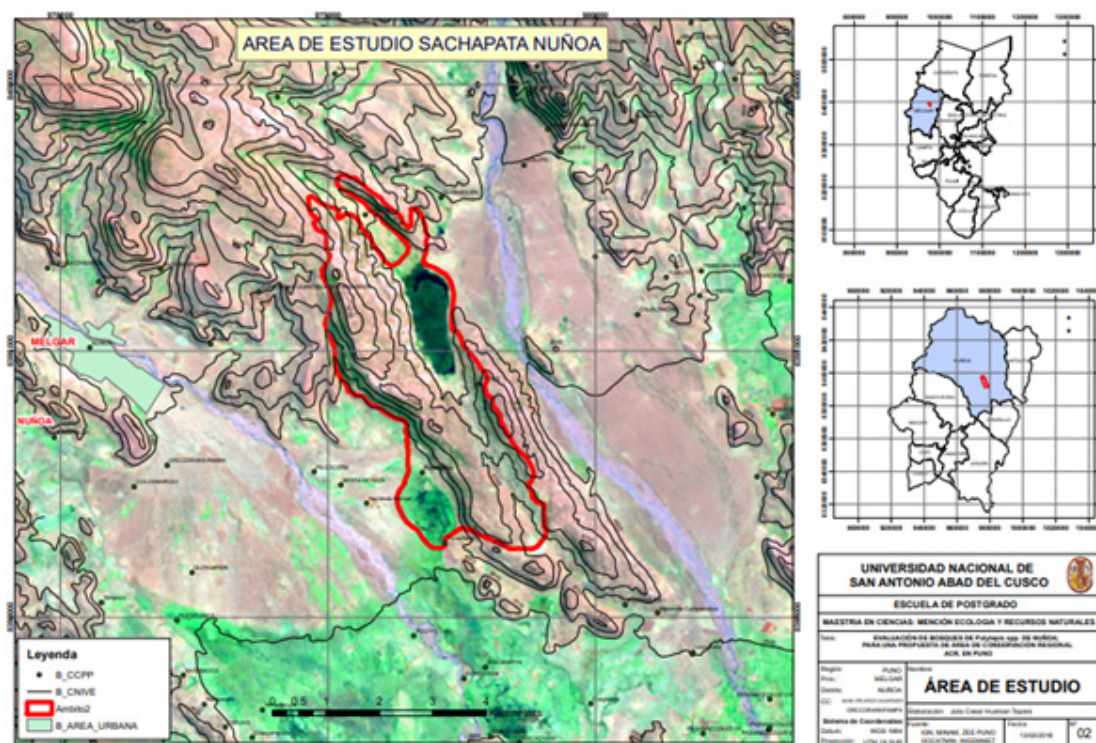


Figura 1. Área total evaluada Sachapata Nuñoa, Puno, Perú.

El inventario florístico identificó 182 especies vegetales distribuidas en 51 familias y 112 géneros. El análisis por estrato reveló:

- Estrato arbóreo: Dominancia absoluta de *Polylepis incarum*, con un Índice de Valor de Importancia (IVI) de 180, evidenciando su rol estructural en la comunidad.
- Estrato arbustivo: Se registraron especies como *Baccharis genistelloides*, *Mutisia cochabambensis*, y *Lupinus aridulus*.
- Estrato herbáceo: Presencia notable de *Azorella diapensoides*, *Perezia coerulescens*, y *Hypochaeris eremophila*.

El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H') fue de 3.892, indicando una diversidad ecológica alta para un ecosistema de alta montaña. Esta cifra es comparable con los bosques de *Polylepis* de Lampa, lo que posiciona al bosque de Sachapata como uno de los relictos de mayor riqueza florística en la región.

Se identificaron 8 especies amenazadas en diversas categorías de conservación según INRENA (15), destacando:

- *Puya raimondii* – En Peligro (EN)
- *Ephedra rupestris* – En Peligro Crítico (CR)
- *Azorella diapensoides*, *Myrosmodes paludosum* – Vulnerables (VU)
- *Barnadesia dombeyana* – Casi Amenazada (NT)

Tabla 1. Especies amenazadas de la flora silvestre en el bosque de Sachapata – Nuñoa, Puno, Perú.

Familia	Especie	Nombre común	Categoría de amenaza
Ephedraceae	<i>Ephedra rupestris</i> Benth	Puna pinco	En Peligro Crítico (CR)
Bromeliaceae	<i>Puya raimondii</i> Harms	Cjunku, Titanca	En Peligro (EN)
Asteraceae	<i>Perezia pinnatifida</i> (Bonpl.) Wedd.	Sutuma, Contrayerba	Vulnerable (VU)
	<i>Senecio nutans</i> Sch. Bip.	Chachacuma	Vulnerable (VU)
	<i>Senecio rhizomatus</i> Rusby	Ticllayhuarmi	Vulnerable (VU)
Bromeliaceae	<i>Puya herrerae</i> Harms	Cjayara, Achupalla	Vulnerable (VU)
Malvaceae	<i>Acaulimalva engleriana</i> (Ulbr.) Krapov.	Altea, Raíz de altea	Vulnerable (VU)

El índice de diversidad de Shannon-Wiener para la flora fue de $H' = 3,892$, lo que refleja una alta diversidad y equidad en la distribución de especies. El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas en la densidad de *Polylepis incarum* y la cobertura de especies herbáceas entre los diferentes gradientes altitudinales y zonas de intervención ($F = 4,21$, $p = 0,012$), evidenciando la influencia de factores físicos y antrópicos en la estructura del bosque.

Las especies son amenazadas por acción directa o indirecta del hombre, como la extracción para uso medicinal, La destrucción del hábitat. La conversión de áreas de matorrales en tierras de pasto, la tala de los bosques. La introducción de enfermedades, parásitos y depredadores frente a los que la flora y fauna nativa carecen de

defensas ha provocado el exterminio o reducción importante de algunas especies. La contaminación atmosférica, del agua y del suelo son causas importantes de extinción, así como la introducción de especies exóticas, la sobreexplotación directa de las especies y la intensa agricultura.

Una particular atención merece indicar la presencia de 5 individuos de *Puya raimondii* (Bromeliaceae), de las cuales uno se encuentra en floración atípica que amerita aún más la propuesta como Área de Conservación Regional. Igualmente debe resaltarse la extraña presencia de la *Zephyranthes párvula* (Amaryllidaceae), Killip “Phulla – Phulla” en el bosque de *Polylepis*, nunca reportado en otros bosques Alto Andinos de *Polylepis ssp*



a)

b)

Figura 2. *Puya raimondii* Harms, b) *Zephyranthes parvula* Killip (Amaryllidaceae).

A sí mismo el único individuo encontrado en el bosque de *Polylepis incarum* de “Sachapata” *Loricaria graveolens*.



Figura 3. *Loricaria graveolens* (Sch. Bip.) Wedd. (Asteraceae).

El bosque alberga una notable diversidad faunística:

- 81 especies de aves, incluyendo a *Oreomanes fraseri* (especie emblemática de Polylepis), *Phoenicopterus chilensis* y *Muscisaxicola capistrata*.
- 9 especies de mamíferos, entre ellos *Mazama chunyi* (venado enano andino).

- 2 especies de anfibios y 3 de reptiles, como *Pleurodema cinereum* y *Liolaemus signifer*.

El Índice de Shannon-Wiener para fauna fue de 4.595, considerado muy alto en ecosistemas de altitud, reforzando el papel del bosque como un refugio faunístico esencial.

Tabla 2. Índice de diversidad para la fauna.

Índice	Mamíferos	Aves	Anfibios	Reptiles	Insectos	Todo los taxa
Taxa _S	9	81	2	3	4	99
Shannon	2.197	4.394	0.6931	1.099	1.386	4.595

El bosque de Sachapata presenta una alta conectividad ecológica con los cuerpos hídricos circundantes, especialmente con las lagunas de Ututo y Pilcocota, ubicadas en el sector sur y este del área de estudio. El 43% de la superficie boscosa se encuentra a menos de 200 metros de fuentes de agua permanente, lo que favorece la recarga hídrica y la estabilidad de los manantiales locales. Esta conectividad es fundamental para la función de refugio hídrico, ya que la densa cobertura arbórea disminuye la escorrentía superficial, incrementa la infiltración y protege las cabeceras de cuenca, contribuyendo a la regulación del ciclo del agua en la microcuenca

de Sachapata. Los análisis fisicoquímicos de las aguas de quebrada y laguna evidencian una buena calidad, con conductividades bajas (< 200 µS/cm) y pH ligeramente ácido, condiciones favorables para la fauna acuática y la recarga de acuíferos.

Durante el estudio se registraron 81 especies de aves, 9 de mamíferos, 2 de anfibios y 3 de reptiles. Entre las aves, destacan especies endémicas y amenazadas como *Oreomanes fraseri* y *Cinclodes aricomae*, cuya abundancia relativa fue mayor en los sectores con mayor cobertura de Polylepis incarum ($r = 0,67$; $p < 0,05$). Se observó que la densidad de aves insectívoras y frugívoras fue significativamente superior en

las parcelas con mayor estratificación vertical y presencia de sotobosque denso ($t = 2,91$; $p = 0,021$). Entre los mamíferos, *Akodon baliolus* y *Lagidium peruanum* fueron los más frecuentes, localizándose principalmente en áreas de transición entre el bosque y zonas rocosas, lo que sugiere una estrecha relación entre la estructura vegetal y la disponibilidad de refugio y alimento.

El índice de diversidad de Shannon-Wiener para la fauna fue de $H' = 4,595$, reflejando una comunidad compleja y bien equilibrada. La conectividad entre el bosque y los cuerpos de agua también favorece la presencia de anfibios como *Telmatobius marmoratus*, cuya reproducción depende de la calidad y estabilidad de los microhábitats húmedos asociados a la cobertura boscosa.

La recolección de datos etnográficos permitió documentar un conjunto de saberes tradicionales vinculados al bosque, entre ellos:

- Uso de la corteza de *Polylepis* para tratar afecciones respiratorias.
- Utilización de hojas y raíces de plantas arbustivas para infusiones medicinales.
- Prácticas comunales de recolección de leña respetando turnos rotativos por familia.

El bosque es también un espacio simbólico y espiritual para las comunidades, quienes reconocen en él un legado ancestral. Los

comuneros manifestaron disposición para establecer mecanismos de conservación si estos incluyen educación ambiental, beneficios hídricos y alternativas económicas sostenibles (turismo ecológico, viveros comunales).

Propuesta de área de conservación regional (acr): Bosque de *Polylepis incarum* de Sachapata – Distrito de Nuñoa, Provincia de Melgar, Región Puno: La presente propuesta se basa en la necesidad urgente de proteger uno de los ecosistemas más representativos y frágiles del altiplano peruano: el bosque de *Polylepis incarum* de Sachapata. Este ecosistema ha sido ampliamente caracterizado en el presente estudio como un relicto de bosque altoandino con alta diversidad biológica, presencia de especies endémicas y amenazadas, importantes funciones hidrológicas, y fuerte vinculación cultural con las comunidades circundantes.

De acuerdo con la legislación peruana vigente en particular la Resolución Presidencial N° 144-2015-SERNANP las Áreas de Conservación Regional son instrumentos eficaces para salvaguardar ecosistemas estratégicos de interés regional con participación de los gobiernos subnacionales. En este contexto, el bosque de Sachapata cumple cabalmente con los criterios exigidos para ser declarado como ACR:

- Alta diversidad biológica verificada (flora: 182 especies, fauna: 95 especies).

- Presencia de especies endémicas, raras y en peligro de extinción.
- Servicios ecosistémicos esenciales: regulación hídrica, captura de carbono y conservación de suelos.
- Valor paisajístico y cultural significativo.
- Participación activa y favorable de las comunidades locales en procesos de conservación.

El área priorizada para su protección comprende una extensión de 1,385.05 hectáreas, localizada entre los 4,030 y 4,300 m s.n.m. en el distrito de Nuñoa, provincia de Melgar, región Puno. La propuesta abarca:

- El bosque continuo de *Polylepis incarum* (825.56 ha).
- Las lagunas de Ututo y Pilcocota, esenciales para la regulación hídrica de la zona.
- Áreas de conectividad ecológica y zonas de amortiguamiento manejadas por las comunidades.

La zonificación preliminar contempla las siguientes áreas funcionales:

- Zona núcleo: bosque primario de *Polylepis* con acceso restringido (conservación estricta).
- Zona de uso sostenible: espacios de manejo tradicional compatible (ecoturismo, reforestación comunal, manejo apícola).

- Zona de amortiguamiento: áreas agrícolas colindantes sujetas a buenas prácticas y programas de restauración ecológica.

La propuesta fue construida sobre la base de un proceso participativo, en el cual las comunidades de Orccorarapampa, Juan Velasco Alvarado, Chirihunu y otras expresaron su acuerdo y compromiso para el establecimiento de un área de conservación. Estas comunidades manifestaron su voluntad de:

- Participar en la vigilancia comunal del bosque.
- Implementar viveros locales para la reforestación con *Polylepis*.
- Promover prácticas productivas sostenibles (pastos mejorados, turismo de naturaleza).

La participación activa de la Municipalidad Distrital de Nuñoa refuerza el carácter institucional de la propuesta, alineándose con las políticas del Sistema Regional de Conservación de Puno - SIRECOP y con la Estrategia Nacional de Biodiversidad.

La declaratoria de ACR traerá múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos, entre ellos:

- Conservación efectiva del ecosistema de *Polylepis incarum*.

- Mejora de la disponibilidad y calidad del agua en las microcuencas.
- Fortalecimiento de la identidad cultural local y recuperación de saberes ancestrales.
- Desarrollo de capacidades técnicas y generación de empleo local a través de actividades como el ecoturismo, manejo de recursos no maderables, restauración ecológica y educación ambiental.
- Acceso a fondos públicos y privados de conservación (PROCOMPITE, MINAM, cooperación internacional).

Recomendaciones para el proceso de declaratoria:

- Formalizar el expediente técnico de la ACR siguiendo las directrices del SERNANP.
- Realizar gestiones ante el Gobierno Regional de Puno y el Ministerio del Ambiente para iniciar el procedimiento de declaratoria oficial.
- Promover una ordenanza municipal que reconozca el valor del bosque y respalde su conservación.
- Implementar un programa piloto de manejo adaptativo, que incluya monitoreo de biodiversidad, restauración de áreas degradadas y valoración de servicios ecosistémicos.

El bosque de *Polylepis incarum* de Sachapata representa un tesoro natural y cultural para la región Puno y para el país. Su reconocimiento como Área de Conservación Regional no solo es técnica y legalmente procedente, sino también un acto de justicia ecológica y social hacia las generaciones presentes y futuras. La propuesta aquí presentada busca consolidar un modelo de conservación integral, donde la ciencia, el conocimiento local y la gobernanza territorial confluyen en beneficio del patrimonio natural andino.

Discusión

La evaluación florística y ecológica del ecosistema altoandino de Sachapata revela una notable riqueza biológica y una estructura compleja, que se reflejan en los altos valores de diversidad obtenidos. El índice de Shannon-Wiener para flora ($H' = 3,892$) y fauna ($H' = 4,595$) supera los reportados por León et al. (16); Sevillano-Ríos y Rodewald (17) en bosques de *Polylepis* de la región surandina, donde valores típicos para flora oscilan entre 2,5 y 3,5. Esta diferencia puede atribuirse a la extensión continua del bosque de Sachapata (825,56 ha, con 62% de bosque continuo), lo que favorece la conectividad ecológica y la estabilidad de los procesos ecosistémicos. Asimismo, la dominancia de *Polylepis incarum*, con una densidad promedio de 1.120 individuos/ha y una cobertura del 78%, es consistente con lo observado en relictos bien conservados de la Cordillera Central, aunque

en Sachapata la proporción de bosque continuo es superior, lo que reduce los efectos de borde y la fragmentación (18).

Mientras que, en estudios de Gil-Mora et al. (1), en la Cordillera de Vilcanota reportan densidades inferiores y mayor fragmentación, lo que impacta negativamente en la regeneración y diversidad asociada (Pérez et al., 2021). Por otro lado, la estructura vertical del bosque, con estratos arbustivo y herbáceo bien definidos, promueve microhábitats diversos que sostienen una alta riqueza faunística. La relación positiva entre la cobertura de *Polylepis* y la abundancia de aves endémicas, como *Oreomanes fraseri* ($r = 0,67$; $p < 0,05$), coincide con hallazgos de Astudillo et al. (19) y Fastré et al. (20), destacan la importancia de la estructura vegetal para la conservación de especies amenazadas. Además, la presencia de mamíferos como *Lagidium peruanum* en áreas de transición bosque-roquedal evidencia la función del mosaico de hábitats en la provisión de refugio y recursos alimenticios.

En cuanto a la conectividad hídrica, el hecho de que el 43% del bosque se ubique a menos de 200 metros de cuerpos de agua subraya el papel de Sachapata como refugio hídrico y biológico. Por tanto, estudios recientes de Mosquera et al. (21) y Quispe-Melgar et al. (22) han demostrado que los bosques de *Polylepis* en cabeceras de cuenca mejoran la recarga de acuíferos y la calidad del agua, contribuyendo a la resiliencia frente a

eventos climáticos extremos. Así, la conservación de Sachapata no solo protege la biodiversidad, sino que también garantiza servicios ecosistémicos clave para las comunidades locales. La comparación con otros relictos altoandinos, como los de Apolobamba y Huascarán, muestra que la riqueza de especies de Sachapata es superior, especialmente en aves y flora herbácea. Esta diferencia según Cahill et al. (23) y Barri et al. (24), puede explicarse por la mayor extensión, menor perturbación antrópica y mayor conectividad del bosque de Sachapata, así como por la integración de conocimientos tradicionales en su manejo.

Por lo que, la coexistencia de especies emblemáticas como *Puya raimondii* y *Ephedra rupestris* junto a *Polylepis incarum* sugiere procesos ecológicos de facilitación y competencia, que han sido documentados en otros ecosistemas altoandinos (25). La resiliencia observada en Sachapata podría estar relacionada con la capacidad de estas especies para tolerar condiciones extremas de radiación y temperatura, además de su adaptación a suelos pobres en nutrientes. Por lo tanto, la fragmentación observada en el 38% del bosque, con parches menores a 10 ha, representa un riesgo para la conectividad genética y la viabilidad de poblaciones de flora y fauna. Por su parte, Rodríguez-Caton et al. (26) advierten que la fragmentación reduce la diversidad genética y aumenta la vulnerabilidad a enfermedades y eventos climáticos extremos.

Por ello, la restauración de corredores biológicos y la reducción de la presión antrópica son recomendaciones prioritarias.

Así mismo, en el ámbito sociocultural, la integración del conocimiento tradicional en la gestión del bosque ha demostrado ser un factor clave para la conservación sostenible. Las prácticas ancestrales de manejo del queñual, documentadas en Sachapata, coinciden con experiencias exitosas en otras comunidades altoandinas, donde la participación local fortalece la resiliencia socioecológica. A pesar de estos logros, persisten desafíos relacionados con la presión agrícola, el sobrepastoreo y la minería en cabeceras de cuenca. La implementación de áreas de conservación regional, como se propone para Sachapata, debe acompañarse de alternativas productivas sostenibles y mecanismos de gobernanza participativa, tal como sugieren Jácome et al. (25).

CONCLUSIONES

La evaluación integral del ecosistema altoandino de Sachapata evidencia la trascendencia de abordar la conservación desde una perspectiva multidimensional, que articule los componentes ecológicos, físicos y socioculturales. El enfoque metodológico empleado permitió identificar patrones de diversidad y estructura que, más allá de la riqueza biológica, reflejan procesos de resiliencia y adaptación frente a presiones

ambientales y antrópicas. Asimismo, la integración del conocimiento tradicional local demostró ser un recurso invaluable para comprender y fortalecer las estrategias de manejo sostenible, resaltando el papel activo de las comunidades en la protección de su entorno.

En este contexto, la gestión del bosque de *Polylepis incarum* debe orientarse hacia la consolidación de un modelo de conservación participativa, que promueva la corresponsabilidad entre actores locales, instituciones y autoridades regionales. Es fundamental implementar acciones que garanticen la conectividad ecológica, la restauración de áreas degradadas y la diversificación de alternativas productivas compatibles con la conservación. La propuesta de reconocimiento del área como Área de Conservación Regional representa una oportunidad estratégica para institucionalizar estos esfuerzos y asegurar la sostenibilidad a largo plazo del ecosistema y sus servicios.

Finalmente, los hallazgos de este estudio subrayan la urgencia de fortalecer la investigación aplicada, el monitoreo ecológico y la educación ambiental en la región andina. La experiencia de Sachapata puede servir de referente para la gestión de otros relictos altoandinos, contribuyendo al cumplimiento de los compromisos nacionales e internacionales en materia de biodiversidad y cambio climático. Se recomienda, por tanto, que las políticas públicas

y los programas de desarrollo rural incorporen la conservación de estos ecosistemas como eje transversal, reconociendo su valor ecológico, cultural y socioeconómico para las generaciones presentes y futuras.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses por la publicación de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gil-Mora J, Álvarez-Moscoso M, Sánchez-Valenzuela G, Baca-Flores J. Oferta de leña de los bosques nativos comunales en la cordillera del Vilcanota, Cusco, Perú. *Rev For Peru*. 2021;36(2):211-226. <https://doi.org/10.21704/rfp.v36i2.1799>
2. Vistín D, Salas E, Balseca J, Lara N. Distribución potencial de *Polylepis incana* en los Andes ecuatorianos para estudios de fisiología vegetal y planes de rehabilitación forestal. *Ecol Austral*. 2023;33(1):001-012. <https://doi.org/10.25260/EA.23.33.1.0.1991>
3. Sevillano-Ríos C, Morales L. La temperatura y radiación solar explican diferencias en la distribución de dos árboles altoandinos (*Polylepis* spp.) localmente simpátricos en la Cordillera Blanca, Perú. *Neotrop Biodivers*. 2021;7(1):327-340. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1938887>
4. Franco P, Cáceres C, Navarro M, Jove C, Ignacio J, Oyague E. Bosques de *Polylepis tarapacana* en la cuenca Maure, extremo sur del Perú. Oportunidades para su conservación. *Estud Geogr*. 2021;82(290): e059. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.202071.071>
5. Gil-Mora J, Baca-Flores J, Álvarez-Moscoso M. Consumo de leña y estimaciones del valor calorífico de especies de plantas utilizadas por las comunidades campesinas de la cordillera del Vilcanota, Cusco. *Q'EUÑA*. 2020;11(1):41-58. <https://doi.org/10.51343/rq.v11i1.431>
6. Calizaya M. Dasonomía del bosque de queñua (*polylepis* spp) de la comunidad quello en el distrito de lampa, puno-perú. *Rev Investig*. 2022;11(2):142-154. <https://doi.org/10.26788/ri.v11i2.3441>
7. Giorgis M, Palchetii M, Morera R, Cabido M, Chiapella J, Cingolani A. Flora vascular de las montañas de Córdoba (Argentina): características y distribución de las especies a través del gradiente altitudinal. *Bol Soc Argent Bot*. 2021;56(3):327-345. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v56.n3.30355>
8. Zurita J, León J, Jara C, Campuzano D, Guaranda M. Estudio conservacionista del bosque protector cerro Blanco (Ecuador) respecto a la experiencia del área de conservación privada Chaparrí (Perú). *RECIMUNDO*. 2019;3(3):557-584. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7116480>
9. Segovia-Salcedo M, Caiza J, Kessler M, Ramsay P, Boza Espinoza T, Renison D, et al. ¿Cómo avanzar en la conservación de los bosques de *Polylepis* y su diversidad biológica? *Neotrop Biodivers*. 2021;7(1):318-326. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1953895>
10. López C, Domic A, Mayta C, García E, Quezada J, Gallegos S. Pollen limitation and reproductive incompatibility system in a critically endangered tree, *Polylepis incarum* (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb (Rosaceae). *Neotrop Biodivers*. 2021;7(1):257-265. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1940050>
11. Canales Á, Huarasa Vilca Y. Poder germinativo de *Polylepis incana* con aplicación de diferentes tratamientos de agua. *Rev cubana Cienc For*. 2020;8(3):495-506. <http://scielo.sld.cu/pdf/cfp/v8n3/2310-3469-cfp-8-03-495.pdf>
12. Loza-Del Carpio A, Taype-Huamán I. Multitemporal analysis of plant associations and land use changes in a high Andean locality, Puno-Peru. *Uniciencia*. 2021;35(2):27-45. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.35-2.3>
13. Ramos C, Cáceres A, Choque M, Anco D. Evaluación etnobotánica de las plantas medicinales en el sector quechua del altiplano de Puno. *Rev Peru Med Integr*. 2022;7(4). <https://doi.org/10.26722/rpmi.2022.v7n4.689>

- 14.** Carrión S. Un análisis costo-beneficio para el establecimiento de un área de conservación regional en San Ignacio, Cajamarca. *Rev Cient Dékamu Agropec.* 2020;1(2):26-35. <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v1i2.34>
- 15.** Navarro M, Aragón G, Oyague E, Ignacio J, Franco P. Los efectos ecológicos de la infraestructura convencional y su impacto sobre las sociedades altoandinas del departamento de Tacna al extremo sur peruano en el año 2023: ¿mito o realidad científica? *Diálogo andino.* 2024;(73):110-127. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-26812024000100110>
- 16.** León P, Guzmán A, Oyague E, Apaza M, Jove C. Fragmentation, birds, and conservation of the "Polylepis" Forest in Southern Peru. *Cuad Investig Geogr.* 2024;50(1):179-199. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9667094>
- 17.** Sevillano-Ríos C, Rodewald A. Responses of Polylepis birds to patch and landscape attributes in the High Andes. *Neotrop Biodivers.* 2021;7(1):5-22. <https://doi.org/10.1080/23766808.2020.1869900>
- 18.** Ames-Martínez F, Quispe-Melgar H, Renison D. Conservation status assessment of the highest forests in the world: Polylepis flavipila forests as a case study. *Neotrop Biodivers.* 2021;7(1):160-169. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1920295>
- 19.** Astudillo P, Grass I, Siddons D, Schabo D, Farwig N. Centrality in species-habitat networks reveals the importance of habitat quality for high-Andean birds in Polylepis woodlands. *Ardeola.* 2020;67(2):307-324. <https://doi.org/10.13157/arla.67.2.2020.ra5>
- 20.** Fastré C, Strubbe D, Balderrama J, Cahill J, Ledegen H, Orellana M, et al. Bird species richness in High-Andean forest fragments: habitat quality and topography matter. *Belg J Zool.* 2020;150. <https://doi.org/10.26496/bjz.2020.76>
- 21.** Mosquera G, Marín F, Carabajo-Hidalgo A, Asbjornsen H, Célleri R, Crespo P. Ecohydrological assessment of the water balance of the world's highest elevation tropical forest (Polylepis). *Sci Total Environ.* 2024; 941:173671. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173671>
- 22.** Quispe-Melgar H, Huayta-Hinojosa L, Llacua-Tineo Y, Ames-Martínez F, Lagones Poma K, Ticse-Otarola G, et al. Evaluating the performance of Polylepis incana seeds: reassessing their potential for restoration and conservation of high Andean forests. *Restor Ecol.* 2025;33(1): e14276. <https://doi.org/10.1111/rec.14276>
- 23.** Cahill J, Merckx T, Van Dyck H, Fernández M, Matthysen E. Lower density of arthropod biomass in small high-Andes Polylepis fragments affects habitat use in insectivorous birds. *Ecosphere.* 2021;12(3): e03401. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3401>
- 24.** Barri F, Toledo M, Herzog P, Bellis L, Renison D. Avifaunal responses after two decades of Polylepis forest restoration in central Argentina. *Neotrop Biodivers.* 2021;7(1):205-212. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1938885>
- 25.** Jácome A, Cutiupala M, León G, Cárdenas L, Pinda E. Estructura y composición de la diversidad florística del Bosque Siempreverde en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. *Polo Conocim.* 2021;6(11):1440-1455. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8219339>
- 26.** Rodríguez-Caton N, Carabajo-Hidalgo A, Cabrera-Amaya D, Romoleroux K. ¿Cómo avanzar en la conservación de los bosques de Polylepis y su diversidad biológica? *Neotrop Biodivers.* 2021;7(1):318-326. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1953895>