

Policy Brief

Suelos altoandinos, un aliado para el cambio climático: lecciones desde los bosques de *Polylepis*

Autor

Susan Celis¹
Angela Martin²
Kriistina Karhu²
Nele Meyer³
Julio Alegre¹

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
² Departamento de Ciencias Forestales, Universidad de Helsinki, Helsinki, Finlandia.
³ Instituto de Geografía Física, Universidad de Frankfurt, Alemania.
Correo: s.celis.huayllasco@gmail.com

Resumen

Los bosques conforman la tercera parte de la superficie terrestre global representando sistemas naturales esenciales para la mitigación y adaptación al cambio climático. En Perú, los bosques representativos situados en ecosistemas de montaña se conforman por los bosques de *Polylepis sp.* o conocidos comúnmente como queñuales. Su importancia radica en la provisión de sus servicios ecosistémicos como reservas de carbono, regulación hídrica y protección de la biodiversidad. Sin embargo, enfrentan grandes niveles de amenaza producido por el cambio climático y el cambio de uso de suelo. En el Parque Nacional Huascarán, reconocido por albergar la mayor extensión de estos bosques, se determinó que los suelos de *Polylepis sp.* presentan una fuerte estabilidad de la materia orgánica resistente a la descomposición, almacenando una mayor cantidad de reservas de carbono en los suelos de las zonas más altas (4300 a 4500 msnm), que representan depósitos de carbono a

a largo plazo. Estos hallazgos permiten identificar áreas vulnerables al cambio climático orientando estrategias de acción vinculadas a la conservación y protección, restauración ecológica, aprovechamiento integral y uso sostenible, y la investigación continua como evidencia para el desarrollo de políticas.

1. Descripción del problema

Los bosques representan sistemas naturales importantes para la protección frente a los impactos del cambio climático y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, al actuar como sumideros de carbono, es decir, capturando y almacenando carbono en su biomasa y suelos (IPCC, 2022). La tercera parte de la superficie terrestre global está cubierta de bosques, entre los que destacan los bosques de montaña (FAO, 2021).

En Perú, estos bosques representan el 0.12% del territorio nacional (MINAM, 2019), y se definen como bosques relictos altoandinos distribuidos en los Andes peruanos entre los 3000 msnm a 4500 msnm, predominados por el género *Polylepis* o queñuales en su nombre común (FAO, 2016). A nivel global, la mayor extensión de bosques protegidos de *Polylepis* se encuentra en el Parque Nacional Huascarán (Zutta et.al, 2012), conformando el 3.1% de su territorio (SERNANP, 2025).

Sin embargo, estos bosques son uno de los ecosistemas más amenazados de los Andes. Por su ubicación a lo largo de altos gradientes de elevación, con una distribución reducida y fragmentada, son susceptibles a los cambios en las condiciones climáticas de temperatura y humedad (Marcora et al., 2021). Además, se enfrentan a grandes amenazas producidas por el hombre como la deforestación, la quema y el sobrepastoreo, originado por los cambios de uso de suelo (SERNANP, 2025). En el Parque Nacional Huascarán, la pérdida de estos bosques, además de afectar directamente a las 42 comunidades campesinas que alberga, compromete la capacidad de sostener sus funciones impactando en el bienestar de la población nacional (Aucca & Ramsay, 2005).

La conservación de estos bosques resulta fundamental para la mitigación y adaptación al cambio climático, dado que proveen servicios ecosistémicos como el secuestro de carbono, cuya mayor reserva se almacena en sus suelos; además, de contribuir en la regulación hídrica, el control de erosión de suelos y la protección de la biodiversidad (Jameson & Ramsay, 2007; Urquiaga, 2011; Boza & Kessler, 2022). Una pérdida de calidad de suelo, como base del ecosistema y siendo un recurso altamente vulnerable, representa un riesgo crítico para la continuidad de los servicios ecosistémicos (FAO, 2017).

De no implementar acciones concretas para la conservación de estos bosques, agravados por el retroceso glacial y el cambio de usos de suelo, nos enfrentaríamos en las próximas décadas a alteraciones severas en los Andes (Boza & Kessler, 2022), incrementando la vulnerabilidad climática del país.

Si bien existen avances nacionales significativos en la protección de estos bosques amparados en la Ley Marco sobre Cambio Climático mediante la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático y la Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático, reforzados por los compromisos internacionales de mitigación y adaptación en virtud del Acuerdo de París, la fragmentación y degradación de estos ecosistemas sigue creciendo. Asimismo, el Plan director del Parque Nacional Huascarán, así como los planes de manejo que incluyen la conservación de *Polylepis*, aún no cuentan con un enfoque orientado a la calidad del suelo. Por lo tanto, la falta de integración del conocimiento científico en la gestión limita la efectividad de estas políticas. En ese contexto, el presente estudio evalúa la calidad actual de los suelos de bosques de *Polylepis* ubicados en el Parque Nacional Huascarán.

2. Hallazgos

La pérdida de calidad de suelos en bosques de *Polylepis*, producido por el cambio climático y las amenazas del hombre, limita los servicios que ofrece a la sociedad, entre ellos, su función de secuestrar carbono. Dado que en Perú, la mayor extensión de estos bosques se encuentra en el Parque Nacional Huascarán, reconocido como zona núcleo de la Reserva Biósfera del Huascarán (1977) y como Patrimonio Natural de la Humanidad (1985), resultará fundamental conocer la calidad actual de sus suelos. Asimismo, al presentarse como parches fragmentados distribuidos a altas altitudes, implica evaluar si la altitud tiene algún efecto sobre la calidad de los suelos.

El escenario de esta investigación se realizó en tres valles del Parque Nacional Huascarán, Parón, Llanganuco y Uta, seleccionando bosques de *Polylepis* ubicados desde los 3500 msnm a 4500 msnm (Figura 1). La evaluación de la calidad de suelo se determinó mediante dos parámetros: la cuantificación de la reserva total de carbono orgánico del suelo (COS) y la calidad de materia orgánica (MO).

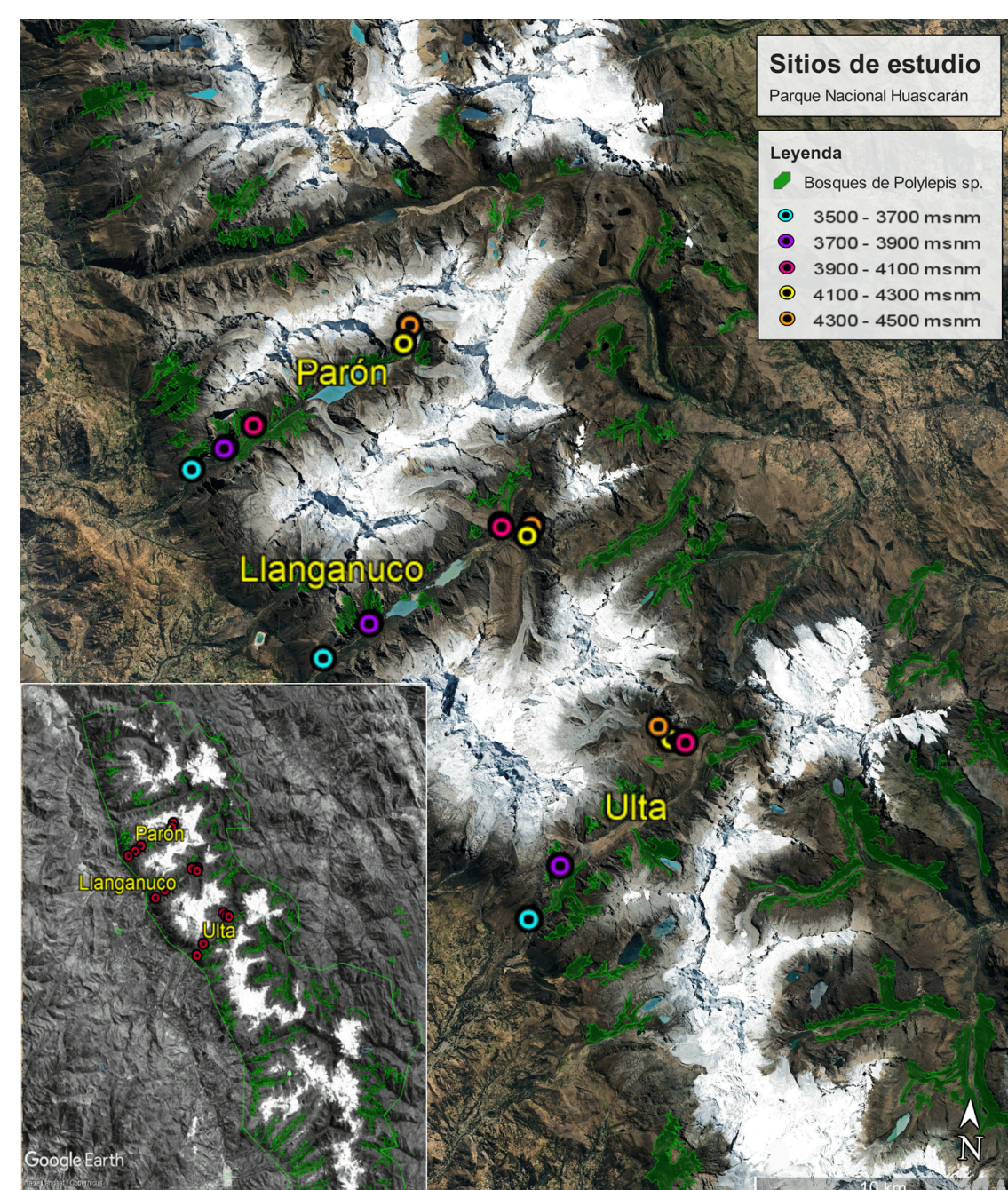


Figura 1: Ubicación del estudio en bosques de *Polylepis* del Parque Nacional Huascarán

Respecto a las reservas totales de carbono orgánico del suelo se evidenció que los suelos de bosques de *Polylepis* almacenan en promedio 35. 82 t C ha⁻¹ para el valle de Llanganuco, 23.49 t C ha⁻¹ para Parón y 64.25 t C ha⁻¹ para Uta. Además, según la altitud, se encontró que existe una mayor reserva de carbono en el rango de 3900 a 4100 msnm y el valor más bajo en el rango de 4300 a 4500 msnm (Figura 2). Sin embargo, no se reportó una influencia directa de la altitud sobre las reservas de carbono.

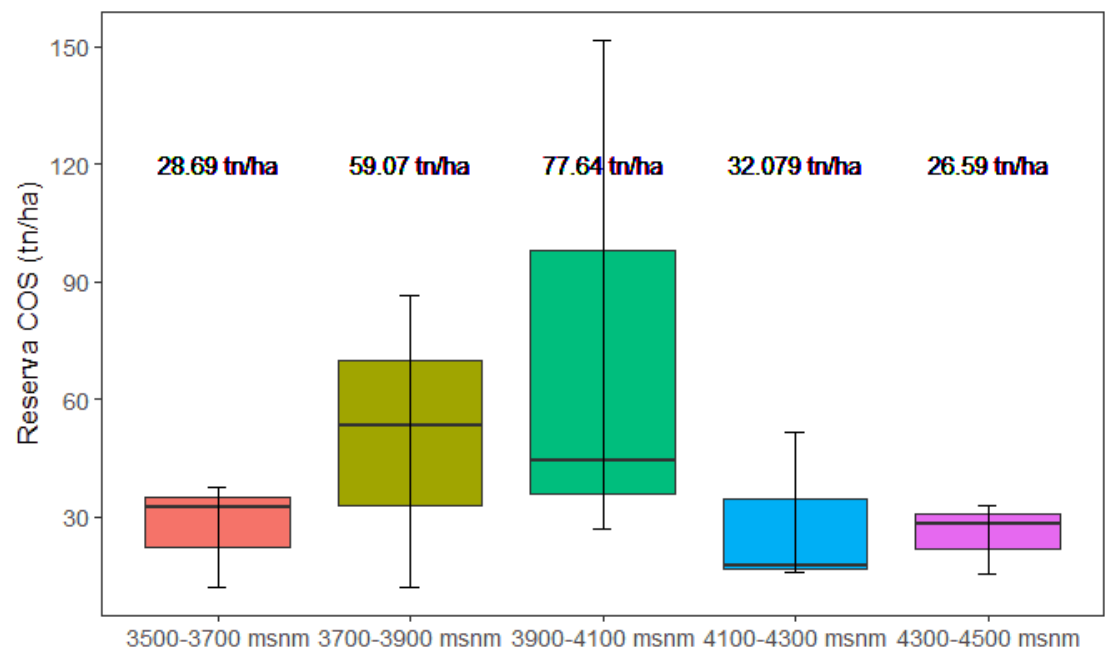


Figura 2: Distribución de las reservas de carbono del suelo a lo largo de una gradiente altitudinal

Referente a la calidad de materia orgánica, como indicador clave para el funcionamiento del ecosistema del suelo, se evaluó la proporción de sus componentes más estables (sustancias húmicas¹) conformados químicamente por los ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) y huminas (HU). Un primer indicador (AH/AF) nos sugiere si la materia orgánica puede transformarse en nutrientes disponibles para las plantas (valores cercanos a 1) o si permanecen en formas más estables y menos disponibles (valores mayores a 1). Un segundo indicador (AH+AF/HU) nos describe la estabilidad de la materia orgánica, es decir si presenta componentes más resistentes a la descomposición (valores menores a 1).

Los resultados del estudio indicaron que los suelos de bosques de *Polylepis* ubicados en el Parque Nacional Huascarán presentan una materia orgánica más estable y menos disponible para transformarse en nutrientes (AH/AF mayor a 1), con una alta interacción con la parte mineral del suelo resistiendo a la descomposición (AH+AF/HU menor a 1). Además, según la altitud, los suelos de bosques de *Polylepis* ubicados en las partes más altas (4300 a 4500 msnm) presentaron una materia orgánica más estable que representa una mayor capacidad de retener carbono a largo plazo (Figura 3) (Celis, 2024).

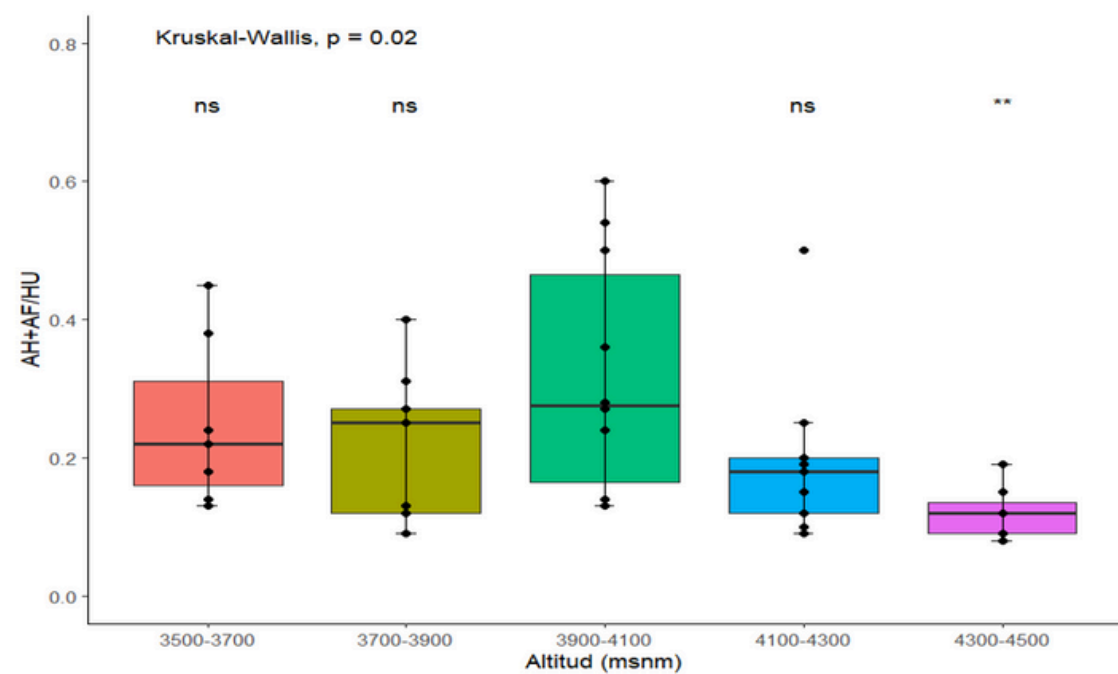


Figura 3: Diferencias en el indicador de estabilidad de materia orgánica (AH+AF/HU) a lo largo de un gradiente altitudinal

Estas evidencias científicas nos confirman que, además del gran potencial de los bosques de *Polylepis* como depósitos de carbono a largo plazo, su presencia en altitudes más altas representa áreas estratégicas prioritarias de conservación por la estabilidad de sus suelos garantizando beneficios climáticos y ecológicos para la población.

Si bien este estudio se realizó a una escala local, los hallazgos pueden replicarse hacia otros ecosistemas altoandinos de *Polylepis*, cuyas especies se encuentran distribuidas a lo largo de la cordillera de los Andes desde el norte de Venezuela hasta la sierra central de Argentina (Arnal et.al, 2007).

3. Opciones de Acción

En base a los hallazgos reportados se proponen las siguientes alternativas para la conservación y gestión sostenible de los bosques de *Polylepis*.

- Conservación y protección:** Fortalecer la protección legal de los bosques de montaña distribuidos en el territorio nacional, así como ampliar las zonas de conservación estricta, de ser el caso, para asegurar su provisión de servicios ecosistémicos o como corredores de conectividad ecológica para la movilización de especies entre fragmentos de bosques. Este estudio evidenció la estabilidad del carbono en el suelo de zonas más altas por lo que se recomienda priorizar las zonas de gran altitud como reservas de carbono a largo plazo. Para ello, se recomienda realizar diagnósticos actualizados mediante mapas de cobertura forestal y de degradación de ecosistemas a fin de identificar áreas críticas de conservación. En el caso de Áreas Naturales Protegidas, fortalecer los mecanismos de vigilancia y control comunitario resultaran esenciales ante las amenazas descritas ocasionadas por la población. Como ente rector en materia ambiental, el MINAM cumple un rol estratégico en la articulación con sus organismos adscritos como SERNANP que además lidera el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE), coordinando el trabajo entre gobiernos regionales y locales, así como comunidades campesinas como actores en el ecosistema.
- Restauración de bosques:** Implementar acciones de restauración ecológica con especies nativas del género *Polylepis* en áreas degradadas, áreas contiguas a fragmentos de bosque para mejorar la conectividad del paisaje o áreas identificadas como prioritarias por su secuestro de carbono (zonas de gran altura) y de regulación hídrica (cerca a cuencas), así como en asociación con otras especies forestales de importancia para las comunidades que lo habitan. Si bien estas acciones implican altos costos iniciales para la plantación, acompañados de un crecimiento lento del *Polylepis sp.*, la restauración ecológica representa una solución de adaptación basada en ecosistemas (AbE) y que a largo plazo contribuirá en la captura de carbono. Para ello, se requiere de la articulación entre actores nacionales como MINAM, SERFOR y SERNANP y locales (gobiernos regionales y comunidades) apoyados por la academia para la evidencia de conocimientos y la cooperación internacional como actores de financiamiento o de escalamiento.

¹Sustancias húmicas: componentes estables de la materia orgánica que requieren de miles de años para ser totalmente descompuesto.

- **Aprovechamiento integral y uso sostenible:** Promover la inclusión del *Polylepis* sp. en sistemas productivos realizados activamente por las comunidades. Por ejemplo, incorporar estas especies como cercos vivos alrededor de parcelas o pasturas a fin de proteger contra vientos y heladas previniendo la erosión de los suelos, o asociarlas con especies cultivables (granos andinos, papas, etc) como parte de modelos agroforestales o de silvicultura ofreciendo mayor rentabilidad al productor. Estas estrategias, además de proveer beneficios directos a las comunidades, permiten revalorizar conocimientos tradicionales y promover el intercambio de experiencias entre productores.

Una alternativa adicional es el pago por servicios ecosistémicos. Actualmente ya existen instrumentos financieros que otorgan valor al ecosistema (MERESE, bonos de carbono, entre otros) orientados especialmente al agua, carbono o biodiversidad; sin embargo, el pago por servicios ecosistémicos al suelo por sus funciones de retención de carbono, estabilidad de materia orgánica o de control de erosión de suelos recién está siendo evaluada para ser promovido por organizaciones internacionales, siendo importante considerarlo para intervenciones futuras. Hacia este aprovechamiento integral, los actores clave a nivel estatal son MINAM y MIDAGRI junto a sus entidades adscritas como INIA, AGRORURAL, AGROMERCADO, AGROIDEAS y AGROBANCO, facilitando la promoción de prácticas sostenibles, innovación, conexión con mercados locales, construcción de planes de negocio y otorgamiento de fondos agrícolas. Asimismo, se articulan con gobiernos regionales y locales, asociaciones de productores y de cooperación internacional.

- **Investigación continua:** Fomentar la investigación científica y aplicada de manera continua sobre los ecosistemas de bosques de montaña, orientados a estudios de suelo para no solo conocer sus reservas de carbono sino el comportamiento del carbono en gradientes altitudinales o periodos de tiempo. Este estudio evidenció como la evaluación de calidad de suelo brinda orientaciones clave para las estrategias ante el cambio climático; por lo que se alienta a seguir investigando los suelos mediante sus componentes estables (sustancias húmicas) o componentes no estables – lábiles (materia orgánica particulada y materia orgánica asociada a minerales) que permite comprender aún más la dinámica del carbono en el suelo, y orientar acciones de conservación y/o aprovechamiento. Si bien este rol se centra en la academia (Universidades y Centros de Investigación) resulta fundamental contar con el soporte de actores estatales (ministerios y entidades adscritas) para vincular con políticas y expandir las investigaciones a una mayor escala geográfica y temporal.

4. Referencias bibliográficas

- Arnal, H., Sampson, A., Navarro, G., Palomino, W., Ferreira, W., Romoleroux, K., Caro, D., Teich, I., Cuyckens, E., Antezana, C., S.Arrazola, C., Aucca, J., Balderrama, S., Beck, S., Burneo, N. D. la B., Bustamante, A., Fandinso, Y., Ferro, G., Gomez, I., ... Samochuallpa., E. (2007). Mapa Pan Andino de Bosques de *Polylepis* prioritarios para Conservación. En H. Arnald (Ed.), Una contribución al conocimiento de los bosques altoandinos de *Polylepis*: distribución, diversidad y estado actual de los bosques más altos del mundo. American Bird Conservancy – Comunidad Andina.
- Aucca, C., & Ramsay, P. M. (2005). Management of biodiversity and land use in southern Peru: Ecoan's activities to help conserve *Polylepis* woodlands. *Mountain Research Development*, 25(3), 287-289.
- Boza, T., & Kessler, M. (2022). A monograph of the genus *Polylepis* (Rosaceae). *PhytoKeys*, 203, 1–274. <https://doi.org/10.3897/PHYTOKEYS.203.83529>
- Celis, S. (2024). Efecto de una gradiente altitudinal en la calidad del suelo de bosques de *Polylepis* en el Parque Nacional Huascarán [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6601>
- FAO. (2016). Bosques y el cambio climático en el Perú. Documento de trabajo 14. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. www.fao.org/publications
- FAO. (2017). Carbono orgánico del suelo: el potencial oculto. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/b3fc8b3c-3afa-46ca-9883-96f6c3113549/>
- FAO. (2021). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. Informe principal. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://doi.org/10.4060/CA9825ES>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama, Eds.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Jameson, J. S., & Ramsay, P. M. (2007). Changes in high-altitude *Polylepis* Forest cover and quality in the Cordillera de Vilcanota, Perú, 1956-2005. *Biological Conservation*, 138(1–2), 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.04.008>
- Marcora, P. I., Tecco, P. A., Ferrero, M. C., Ferreras, A. E., Zeballos, S. R., Funes, G., Gurvich, D. E., Arias, G., Cáceres, Y., & Hensen, I. (2021). Are populations of *Polylepis australis* locally adapted along their elevation gradient? *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 246–256. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1940049>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019). Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú: Memoria descriptiva. Ministerio del Ambiente. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/277146-mapa-nacional-de-ecosistemas-del-peru>

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). (2025). Plan Maestro del Parque Nacional Huascarán 2025 – 2030. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/8310800/6925949-2-plan-maestro-pnhua-f-1-f-f-f-f.pdf?v=1751551077>

Urquiaga, E. (2011). Secuestro del carbono por *Polylepis* sp. “Queuña” (Rosaceae) en los bosques altoandinos en una microcuenca de Urubamba- Cusco [Tesis de maestría inédita]. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Zutta, B. R., Rundel, P. W., Saatchi, S., Casana, J. D., Gauthier, P., Soto, A., Velazco, Y., & Buermann, W. (2012). Prediciendo la distribución de *Polylepis*: bosques Andinos vulnerables y cada vez más importantes. *Revista Peruana de Biología*, 19(2), 205–212. <https://doi.org/10.15381/rpb.v19i2>