

'SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA': REVISANDO LA RESTAURACIÓN FORESTAL DE LOS BOSQUES ANDINOS EN PERÚ A TRAVÉS DE UN ANÁLISIS MULTI ACTOR

TRADUCCIÓN DEL PAPER INGLÉS 'SOWING AND HARVESTING WATER': REVISITING FOREST RESTORATION IN THE PERUVIAN ANDES THROUGH A MULTI-STAKEHOLDER ANALYSIS'

PUBLICADO EN PEOPLE & NATURE, ENERO 2025

[HTTPS://DOI.ORG/10.1002/PAN3.10787](https://doi.org/10.1002/PAN3.10787)



TINA CHRISTMANN, ISAÍAS CJUNO-TURPO, MAYTÉ LÓPEZ ARANDA, SARAH JANE WILSON, AIDA CUNI-SANCHEZ, YADVINDER MALHI, AUGUSTO RAMIREZ, VIDAL RONDÁN, FRANCISCO MEDINA CASTRO, MARLENE MAMANI, JORGE RECHARTE, MARCO ARENAS, CONSTANTINO AUCCA CHUTAS, OMAR AMADOR CARRIÓN MORENO, FRIDA BLANCA GONZALEZ CABELLO, IMMA OLIVERAS MENOR

Contacto: T.Christmann@southampton.ac.uk

RESUMEN

1. Los esfuerzos por restaurar los Bosques Andinos megadiversos del Perú están creciendo rápidamente. Si bien los determinantes ecológicos del éxito de la restauración son bien conocidos, el conocimiento sobre las condiciones socioeconómicas y de gobernanza que permiten el éxito de la restauración ecológica forestal utilizando especies nativas es escaso.
2. Utilizando un enfoque de múltiples actores clave, este documento analiza las motivaciones, preferencias, factores de éxito y modelos de gobernanza, para la restauración ecológica efectiva de los bosques andinos, a través de 75 entrevistas semi estructuradas con miembros de las comunidades locales, ONG y actores gubernamentales en 11 sitios de restauración en Perú.
3. Encontramos que, en todos los sitios y grupos de interés, las principales motivaciones para la restauración de los Bosques Andinos estaban vinculadas a la recuperación y mejora de los recursos hídricos. Los actores valoran los Bosques Andinos principalmente por su provisión de servicios ecosistémicos, con la provisión de agua, valorada por la mayoría y la provisión de leña, predominantemente por las comunidades, seguidos de los servicios de regulación (retención de agua y regulación del clima).
4. El éxito de la restauración, es decir, el grado de logro percibido de los objetivos del proyecto, fue alto en todos los sitios y obtuvo una puntuación de entre 2,4 y 3 sobre 3. Los factores que permitieron el éxito de la restauración fueron principalmente sociales y de gobernanza. No había una "fórmula mágica" para una restauración exitosa; más bien, los factores facilitadores incluyeron la alta dependencia de los recursos de las comunidades, el apoyo de las ONG, la gestión, la gobernanza participativa y la creación de acuerdos comunales de conservación. Las comunidades se enfocaron principalmente en los factores sociales y de gobernanza, mientras que los actores clave del gobierno enfatizaron los desafíos técnicos. Además, identificamos tres tipologías de cómo los proyectos involucran y compensan a las comunidades: un "modelo de pago", un "modelo de capacidad" y un "modelo mixto" que difieren en su rentabilidad, longevidad y beneficios socioeconómicos proporcionados.
5. Todos los actores favorecieron la restauración activa de los bosques y los miembros de la comunidad identificaron especies de plantas nativas deseables con uso local y valor hidrológico. Los entrevistados también destacaron que la restauración debe ir más allá de los bosques y combinar la plantación de árboles nativos, la agroforestería y la restauración de pastizales de montaña y bofedales, para mejorar de manera integral los recursos hídricos y los beneficios económicos a largo plazo a escala de paisaje.

Síntesis y aplicaciones: Los proyectos de restauración de los Bosques Andinos deben considerar los servicios ecosistémicos hidrológicos en todas las etapas de los proyectos de restauración. Las comunidades deben ser involucradas a través de procesos participativos y recibir beneficios duraderos, tanto en servicios ecosistémicos como en incentivos para los medios de vida y poder garantizar el éxito de los proyectos a largo plazo.

PALABRAS CLAVE

Bosques Andinos, participación comunitaria, restauración ecológica, servicios ecosistémicos, gobernanza forestal, medios de vida, *Polylepis*, provisión de agua.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la mayoría de las áreas prioritarias de restauración se encuentran en áreas con un bajo índice de desarrollo humano (Löfqvist et al., 2022). Como tal, para lograr resultados equitativos y exitosos, es fundamental que los ejecutores comprendan e integren las dimensiones sociales al planificar, implementar y monitorear la restauración. Una de esas áreas prioritarias de restauración mundial con una riqueza de especies y endemismo excepcionales es el Hotspot (Punto crítico) de Biodiversidad de los Andes Tropicales, que incluye los Bosques Andinos (Strassburg et al., 2020).

Los bosques andinos han sido ampliamente deforestados y degradados para la agricultura durante miles de años (Valencia et al., 2018) y esto es particularmente frecuente en Perú (Ministerio del Ambiente, 2015). Aquí, el fuego, la sobreexplotación y la deforestación continúan teniendo impactos negativos en la estructura del ecosistema, la biodiversidad y los medios de vida locales en los bosques andinos en la actualidad (Armenteras et al., 2011; Aucca y Ramsay, 2005; Lippok et al., 2013; Oliver et al., 2017; Oliveras, Anderson, et al., 2014). Los bosques andinos nativos en el Perú ocupan actualmente una fracción de su área de distribución potencial (Ministerio del Ambiente, 2015). Debido a que los bosques andinos en el Perú están ampliamente degradados, la plantación de especies de árboles nativos (en adelante "restauración de bosques andinos") es una técnica de restauración importante y ampliamente utilizada.

Al mismo tiempo, muchos habitantes rurales andinos peruanos dependen de la agricultura de subsistencia y a pequeña escala para su sustento. Y las comunidades dependen en gran medida de los servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques remanentes (Programa Bosques Andinos, 2021). Por lo tanto, el potencial de la restauración para mejorar los medios de vida y proporcionar servicios clave es alto: puede mejorar la productividad agrícola al mejorar la regulación del agua y prevenir la erosión del suelo (Báez et al., 2010), estimular la economía comunitaria mediante la creación de medios de vida alternativos (Aucca y Ramsay, 2005) y puede ser un componente importante de la gestión forestal sostenible junto con la educación y la conservación.

Se conocen muchas condiciones biofísicas y técnicas que permiten o limitan la restauración forestal en ambientes de montaña tropical (Christmann y Oliveras Menor, 2021; Guariguata, 2005; Holl et al., 2000), pero el aspecto social de la restauración de los Bosques Andinos es menos conocido (Báez et al., 2010; Christmann y Oliveras Menor, 2021; Mathez-Stiefel et al., 2017). Lo que motiva a los actores a restaurar los bosques andinos, qué factores socioeconómicos y de gobernanza permiten y limitan la restauración y qué tipos de restauración preferidos por las comunidades locales en diferentes contextos requieren más investigación (Pinos, 2020, pero ver Murcia et al. 2017). A nivel mundial, se ha determinado que los factores sociales son más importantes que los factores biofísicos para impulsar el éxito de la restauración forestal; de ahí que la comprensión de las circunstancias sociales sea clave (Elias et al., 2021; Löfqvist et al., 2022; Ota et al., 2020; Stanturf et al., 2014; Wilson y Coomes, 2019).

Investigar las motivaciones y divergencias entre los actores para restaurar los bosques es clave para diseñar estrategias efectivas de restauración a escala de paisaje, como en la Restauración del Paisaje Forestal (Mansourian, 2024). Las motivaciones pueden ser intrínsecas, relacionales o instrumentales (IPBES, s.f.) y casos andinos previos sugieren que la motivación a menudo está vinculada a los servicios de los ecosistemas forestales. En un caso de los Andes ecuatorianos, los terratenientes se sintieron motivados a restaurar los bosques en tierras agrícolas para recuperar los escasos servicios ecosistémicos que los bosques proporcionaban anteriormente, como el suministro de agua y vieron la restauración como un símbolo de un compromiso con la cultura agrícola (Wilson y Coomes, 2019).

Un caso en Perú encontró que las familias que dependían de la agricultura de subsistencia estaban menos motivadas para restaurar los bosques de Polylepis altoandino debido a la competencia percibida con la agricultura, en contraste con las personas con más conocimientos tecnológicos y una mejor comprensión de los servicios ecosistémicos (Joseph et al., 2021). De manera similar, otro caso ecuatoriano mostró que el nivel socioeconómico más alto aumentó el interés en la restauración de bosques y las personas se sintieron motivadas a restaurar para conservar el agua, proteger los suelos y reducir el viento (Báez et al., 2010).

Los factores facilitadores que conducen al "éxito" de la restauración también suelen ser socioeconómicos. A escala continental de América del Sur, se ha encontrado que la Restauración del Paisaje Forestal está limitada principalmente por factores sociales y de gobernanza, incluyendo (1) la alta dependencia de las comunidades locales y las economías de los países de los recursos naturales, (2) conflictos sobre la tenencia y el acceso a la tierra, (3) la divergencia en las percepciones y valores entre los actores sociales, (4) la fragilidad de las instituciones y políticas públicas (Aguiar et al., 2021) y (5) cuellos de botella generalizados en los flujos de información y un desprecio crónico por la implementación de enfoques de monitoreo que conecten de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo (Evans et al. 2023). Los informes a escala nacional de los biomas peruanos (Cerrón Macha et al., 2018) han encontrado que los factores socioeconómicos, incluida la propiedad de la tierra, la educación ambiental, los límites políticos, los acuerdos de conservación y la organización comunitaria, son clave para el éxito de la restauración.

La restauración efectiva se puede lograr a través de un espectro de modelos de gobernanza, desde la creación de incentivos económicos directos (Hartman y Cleveland, 2018), hasta enfoques de participación comunitaria con incentivos indirectos (Wilson et al., 2019; Wilson y Coomes, 2019). En un estudio sobre la restauración de humedales comunales en Bolivia, los incentivos financieros ayudaron a alentar a las personas a participar inicialmente, mientras que alinear los objetivos de restauración relacionados con los beneficios percibidos para los medios de vida y los servicios ecosistémicos ayudó a la continuidad del proyecto (Hartman y Cleveland, 2018). En los Andes ecuatorianos, la restauración forestal estuvo motivada por la escasez percibida de los ecosistemas y el éxito de la restauración facilitado por la tenencia comunal de los sitios de restauración, lo que permitió un enfoque participativo, de bajo riesgo y por la participación de líderes de confianza (Wilson et al., 2019; Wilson y Coomes, 2019).

Hasta ahora, la mayoría de los estudios socioeconómicos de la restauración de los bosques andinos se han centrado en paisajes únicos y en unos pocos actores (Báez et al., 2010; Durand y Sevillano, 2017; Joseph et al., 2021), en lugar de incluir la perspectiva de múltiples partes interesadas sobre las percepciones, los valores y las preferencias (véase Evans et al. 2023). Esto dificulta la ampliación de la restauración desde la escala local a la regional y nacional (Evans et al. 2023), dos prioridades de investigación establecidas para la conservación y la gobernanza de los bosques andinos (Mathez-Stiefel et al., 2017). Otra prioridad clave para la investigación de los Bosques Andinos es analizar los costos y beneficios de las intervenciones de restauración y los modos más efectivos de gobernanza forestal (Pinos, 2020).

Para restaurar con éxito los bosques andinos, necesitamos entender por qué, dónde y cómo implementar mejor la restauración de una manera que mejore los servicios ecosistémicos, la biodiversidad y los medios de vida locales. Perú contiene la mayor extensión de la zona de Bosque Andino tropical (Programa Bosques Andinos, 2021) y recientemente se comprometió a restaurar 3,2 millones de hectáreas de tierras degradadas en el marco del Desafío de Bonn. Sin embargo, hasta

ahora las experiencias y el intercambio de conocimientos sobre la restauración del Bosque Andino en el Perú son limitados y los proyectos de restauración ecológica tienden a ser recientes y de pequeña escala (Murcia et al., 2017).

Este estudio utiliza un meta-análisis de entrevistas en ubicaciones de proyectos de restauración para dilucidar las motivaciones de los interesados que participan en la restauración del bosque andino, los factores facilitadores, barreras para la restauración exitosa, los impactos y direcciones futuras para la restauración del bosque andino en el contexto de los actores locales en Perú. El uso de metaanálisis de estudios de casos locales brinda la oportunidad de obtener una comprensión pluralista de cómo se puede lograr una restauración exitosa y equitativa contextualmente efectiva (Löfqvist et al., 2022).

En concreto, nuestro estudio pretende dar respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las motivaciones para la restauración forestal con especies nativas en los Andes peruanos en los diferentes actores?
2. ¿Qué intervenciones de restauración prefieren los actores (por ejemplo, especies, tipos de ecosistemas, métodos de restauración)?
3. ¿Qué factores sociales, económicos, biofísicos, de gobernanza y técnicos afectan el éxito de la restauración según los diferentes grupos de interesados?
4. ¿Cómo impactan los proyectos de restauración en los medios de vida de las comunidades?
5. ¿A través de qué modelos de gobernanza los proyectos de restauración logran beneficios para la comunidad, la sostenibilidad del proyecto y el éxito de la restauración?

2. MÉTODOS

2.1 SISTEMA DE ESTUDIO: BOSQUES ANDINOS EN EL PERÚ

Los bosques andinos peruanos cubren solo el 3% del territorio peruano (Ministerio del Ambiente, 2015) y se clasifican en bosques montanos andinos (2000-3000 m s. n. m., extensión de 3 072 387 ha = 2.39% del área del Perú) y bosques altoandinos entre (por encima de los 3000 m s. n. m., 831 825 ha = 0.65% del área del Perú). Los pastos, las plantaciones y la agricultura ocupan grandes áreas de esta región y las comunidades rurales dependen en gran medida de los servicios ecosistémicos que brindan los bosques andinos remanentes para su sustento (Baca, 2018). Hay una estación seca pronunciada entre mayo y septiembre. La precipitación media anual oscila entre 1000 y 3000 mm y varía según la ubicación y la topografía (Arias et al., 2021; Malizia et al., 2020). Dentro de los bosques montanos andinos hay bosques montanos estacionales y bosques nublados montanos que están permanentemente sumergidos en las nubes. La altura del dosel oscila entre los 10 y los 25 m, hay una gran diversidad de epífitas y los bosques contienen especies de árboles de hoja perenne y caducifolia, incluidas las familias *Podocarpaceae*, *Lauraceae*, *Rubiaceae*, *Juglandácea*, *Meliaceae*, *Moraceae*, *Clusiaceae*, *Cunoniaceae* (Ministerio del Ambiente, 2015). Las especies maderables no nativas (*Eucalyptus* spp. y *Pinus patula*) son comunes debido a las campañas de reforestación a gran escala promovidas por el Banco Mundial y la Ley Forestal de 1963 en la década de 1960 con el objetivo de prevenir la erosión y proporcionar alternativas de combustible (Guariguata et al., 2017). Los bosques altoandinos están adaptados a las heladas y la sequía, lo que los hace funcional y composicionalmente distintos de los bosques montanos (Montalvo et al., 2018). Se caracterizan por las familias *Rosácea*, *Myrsinaceae*, *Clusiaceae*, *Myrtaceae*, *Bignoniácea* y *Scrophulariaceae*. Por encima de los 4000 m.s.n.m., los bosques altoandinos se presentan principalmente como pequeños relictos forestales con pocas especies de árboles de los géneros *Polylepis* (*Rosácea*, nombre local 'queñua') que crecen hasta 5000 m.s.n.m., así como *Buddleja*, (*Scrophulariaceae*, 'kishuar') y *Gynoxys*

(*Asterácea*, nombre local 'toqacho', 'yuraq kishuar') y *Escalonia* (*Escalloniaceae*, 't'asta') (Ministerio del Ambiente, 2015). Los bosques peruanos de *Polylepis* solo cubren el 2-3% de su área de distribución potencial debido a una larga historia de explotación para leña y madera y a la degradación por incendios escapados y la ganadería (Aucca y Ramsay, 2005; Fjeldså et al., 1996; Quispe-Melgar et al., 2020).

2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS ACTORES

En el Perú, la restauración del Bosque Andino es implementada tanto por el sector privado como por el público en tierras principalmente de propiedad comunitaria e involucra a múltiples grupos de actores (Cerrón Macha et al., 2018):

1) Organismos gubernamentales: Entre los organismos de nivel nacional se encuentra el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), cuya función principal es promover el manejo sostenible de la flora y fauna silvestre del país; el Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado (SERNANP); y organismos públicos descentralizados (OPD). Los gobiernos regionales y locales también encargan, financian y ejecutan la restauración forestal.

2) Organizaciones no gubernamentales (ONG) orientadas a la conservación y el desarrollo a nivel local (por ejemplo, Conservación Amazónica), nacional (por ejemplo, Instituto de Montaña) e interandino (por ejemplo, Acción Andina, Programa Bosques Andinos).

3) Empresas privadas (minería, gestión de recursos hídricos o turismo) involucradas en la restauración a través de compromisos de empresas, esquemas de compensación o pago por servicios ecosistémicos.

4) Comunidades campesinas que, desde la reforma agraria de 1968, han poseído y cultivado la mayor parte de las tierras altoandinas como individuos, cooperativas agrarias, grupos agrícolas o comunidades (Fonseca Martel y Mayer, 1978; MIDAGRI, s.f.). Las comunidades participan en las actividades de restauración a través de cooperativas agrícolas, los órganos de gobierno comunales ('junta directiva'), o como agricultores y pastores individuales. Las comunidades agrícolas van desde las "modernas" con acceso a servicios contemporáneos hasta las comunidades más "rurales" que practican la agricultura tradicional mediante el cultivo de tubérculos nativos, legumbres, maíz o calabaza y/o el pastoreo de ovejas, caballos, vacas y camélidos en la Puna (Fonseca Martel y Mayer, 1978). Las comunidades agrícolas rurales tradicionales tienden a tener una salud relativamente mala y bajos niveles de educación (Pinos, 2020).

2.3 ENTREVISTAS Y TRABAJO DE CAMPO

Realizamos entrevistas semiestructuradas en locaciones de proyectos de restauración entre agosto y octubre de 2022 (época seca) en los departamentos de Cusco, Apurímac y Áncash (Figura 1). Los proyectos se eligieron filtrando la lista de proyectos del Anexo 2 del informe de políticas de Cerrón-Macha et al (2018) para incluir solo bosques andinos y preguntando a los entrevistados por proyectos adicionales implementados localmente durante el trabajo de campo (por ejemplo, los proyectos del SERNANP no se enumeraron en el anexo). Nos enfocamos en Cusco, Apurímac y Áncash, ya que varios proyectos eran accesibles en las proximidades. Visitamos un total de 11 proyectos de restauración (tabla 2): 7 proyectos de restauración ecológica en los que solo se utilizaron especies nativas (a cargo de ONG o de la autoridad gubernamental de áreas protegidas) y 4 proyectos (a cargo de otras agencias gubernamentales) que incorporaron la restauración ecológica de especies nativas con otros tipos de plantación (por ejemplo, plantaciones exóticas).

Las entrevistas se centraron exclusivamente en la restauración nativa. El estudio a nivel nacional de Cerrón Macha et al (2018) identificó un total de 6 proyectos de restauración en 'Bosques Andinos' y Páramos (correspondientes a nuestra clasificación de Bosques Altoandinos) y un total de 31 proyectos en Yungas (bosques húmedos montanos inferiores, algunos de los cuales corresponden a nuestra clasificación de Bosques Montanos Andinos por encima de los 2000 m.s.n.m.). Por lo tanto, nuestra selección de 11 proyectos proporciona una cobertura sustancial de los proyectos existentes en esos tipos de ecosistemas. Los proyectos se iniciaron entre 2 y 30+ años antes; La mayoría llevaba funcionando entre 5 y 10 años. Los sitios de restauración se situaron entre los 2800 y 4500 m.s.n.m., abarcando tanto bosques montanos como bosques altoandinos (Tabla 2). Complementamos las entrevistas con visitas de campo inmersivas (Figura 2) de sitios de restauración (Figura 2 A-C), operaciones de invernadero (Figura 2D y 2E) y talleres de desarrollo de capacidades (Figura 2F).

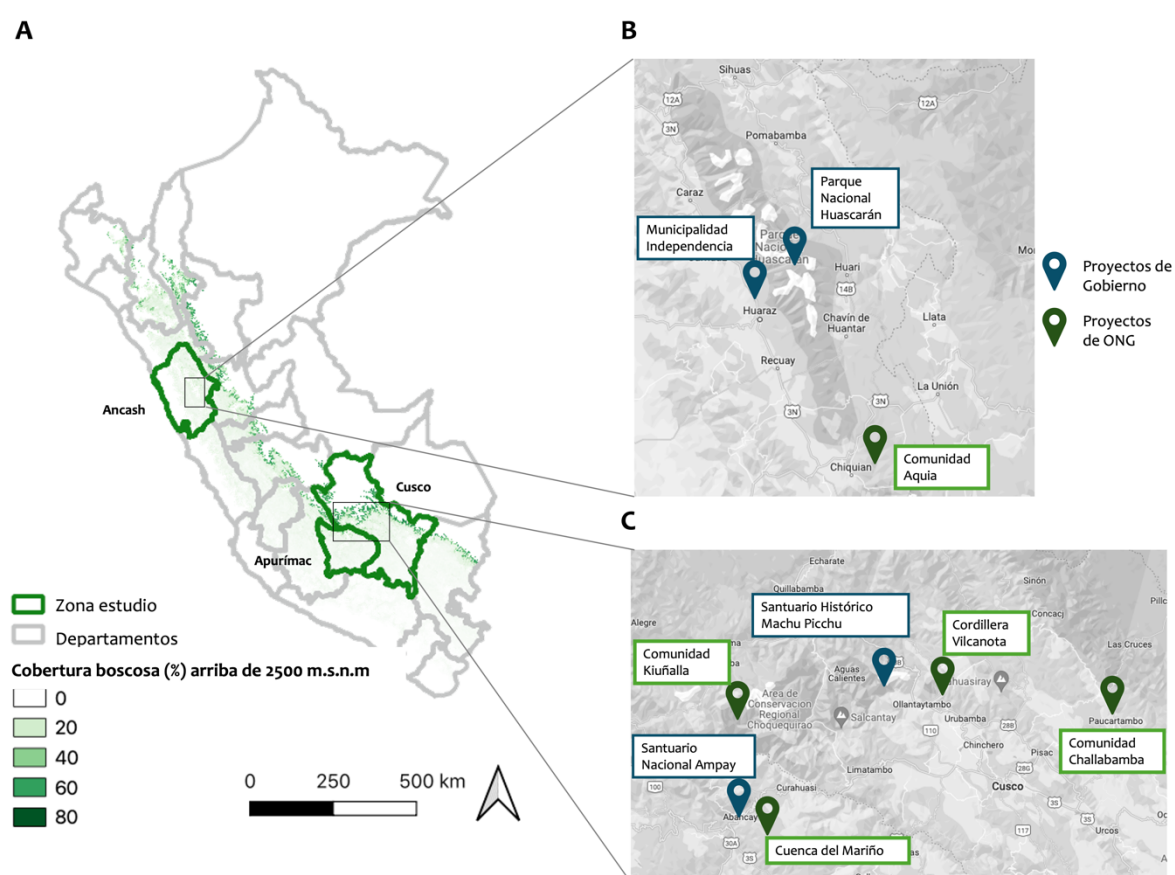


Figura 1 Ubicación de los sitios de estudio. A) Mapa del Perú con las tres regiones de caso superpuestas sobre un mapa de porcentajes de cobertura forestal de GFCC por encima de los 2500 m.s.n.m. B) Sitios de estudio en Ancash y C) Sitios de estudio en Apurímac y Cusco

Llevamos a cabo 75 entrevistas con personas clave involucradas en etapas clave de la restauración en 5 grupos de actores (miembros de la comunidad, líderes comunitarios, funcionarios gubernamentales, gerentes y técnicos de ONG, actores privados y académicos). 44 entrevistas (58%) fueron con miembros de la comunidad que participaron en la restauración, 14 entrevistas (19%) con trabajadores del gobierno, 12 entrevistas (16%) con empleados de ONG y un número menor con actores privados y académicos (4 y 3% respectivamente). Nuestra proporción de entrevistas con ONG y actores gubernamentales es representativa de los principales actores en la restauración de ecosistemas peruanos según un estudio nacional de Cerrón-Macha et al (2018), mostraron que, en

los bosques de montaña y páramos, las ONG lideran el 67% de los proyectos y los gobiernos el 17%, mientras que en los bosques de Yungas Andinos el 55% son liderados por actores gubernamentales y el 29% por ONG.

También seleccionamos cuidadosamente a los miembros clave de la comunidad local involucrados en los proyectos, en particular a los ancianos y a los pueblos indígenas, ya que estos son los principales beneficiarios y los administradores locales de los proyectos de restauración. El 86,5% de los entrevistados eran hombres y el 13,5% mujeres (Tabla 1). La proporción de mujeres entrevistadas fue baja entre los actores de la comunidad debido a la falta de mujeres en roles de liderazgo, sin embargo, nos esforzamos por entrevistar a tantas mujeres como fuera posible que hubieran participado en actividades de restauración. Debido al bajo tamaño de la muestra de actores privados y académicos, estos se excluyeron en las comparaciones entre actores. Más de la mitad de los entrevistados tenían más de 50 años, probablemente debido a la migración de jóvenes del campo a la ciudad que abandonaban las comunidades agrícolas (Aide y Grau, 2004).

Se realizaron de 2 a 15 entrevistas por sitio y se seleccionaron 7 sitios "focales" donde se realizaron más de 5 entrevistas (Kiuñalla, Challabamba, Cuenca del Mariño, Vilcanota, Huascarán, Independencia y Aquia). Se realizaron 2 entrevistas por videoconferencia. Identificamos a los entrevistados a través de un muestreo de informantes clave con líderes comunitarios o gerentes de proyectos, bola de nieve y durante caminatas en las comunidades. Las entrevistas fueron voluntarias, no remuneradas y se llevaron a cabo después de recibir el consentimiento informado por escrito. El procedimiento de consentimiento consistía en que los investigadores leyeran en voz alta el formulario de consentimiento o que el participante lo leyera ellos mismos, dependiendo de la alfabetización. Después de esto, el participante firmó un formulario de consentimiento que se almacena con el autor principal.

Las entrevistas utilizaron una plantilla semiestructurada (Texto Suplementario 1) utilizando 9 temas: 1) motivaciones de restauración, 2) valores de los bosques para sus medios de vida, 3) los objetivos de restauración del proyecto, 4) percepción del grado de éxito en el logro de los objetivos puntuados en una escala de 1 a 3, 5) factores facilitadores y barreras percibidas, 6) impactos y beneficios percibidos, 7) preferencias de restauración, 8) recomendaciones para otras comunidades, 9) visiones para el futuro y otros comentarios. Además, realizamos entrevistas técnicas en profundidad (Texto Complementario 2) con los gerentes de proyecto en 4 de los sitios focales de restauración (Aquia, Kiuñalla, Vilcanota y Challabamba). 15 entrevistas fueron realizadas en quechua y traducidas al español durante la transcripción. Las versiones originales de las citas traducidas se proporcionan en la Tabla Suplementaria 3. El estudio fue aprobado por el comité de ética de la Universidad de Oxford (CUREC: SOGE1A2021-215). En la sección 10 a continuación, se dan referencias complementarias a las referencias principales.



Figura 2: Visitas de campo. A) Restauración de bosque nativo mixto de 15 años de antigüedad en el Santuario de Machu Picchu. Los árboles miden entre 2 y 6 m. B) Reforestación con *Polylepis racemosa* a 18 años en la ladera de una montaña a 4500m sobre el nivel del mar en la comunidad de Aquia C) Un sitio cercado con reforestación con *Polylepis* cerca de una laguna en el Parque Nacional Huascarán. D) Un invernadero con 80.000 raíces desnudas plantaron plántulas de *Polylepis* en la Cordillera de Vilcanota, E) Mujeres de la comunidad clasificando estacas de *Polylepis* en el invernadero cerca de Challabamba y F) Un taller práctico de prevención de incendios dirigido por ECOAN en la Cordillera de Vilcanota. El consentimiento fue dado por todas las personas reconocibles en las fotos.

2.4 ANÁLISIS

Los datos se analizaron temáticamente mediante codificación inductiva y deductiva en NVivo. Categorizamos las motivaciones de restauración como intrínsecas, relacionales o instrumentales (IPBES, s.f.). Utilizamos el marco de servicios ecosistémicos de los AMUMA para clasificar los valores y usos de los bosques en servicios de apoyo, regulación, provisión y culturales (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005). Se utilizaron 5 categorías (sociales, económicos, de gobernanza, biofísicas y técnicas) para los factores facilitadores y barreras, siguiendo otras categorizaciones para la restauración (Cerrón Macha et al., 2018; Le et al., 2014). Los códigos de las entrevistas se analizaron por el número de entrevistados que mencionaron un determinado código y por la frecuencia de aparición de referencias de codificación. Proporcionamos números cuantitativos como números relativos (%) del total de entrevistados (es decir, de 75) y del % dentro de un grupo de actores (por ejemplo, % de miembros de la comunidad = número de miembros de la comunidad que mencionan un código dividido por 44 entrevistados totales de la comunidad (Tabla 1), para proporcionar comparaciones relativas de múltiples actores.

TABLA 1: CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS DE LOS ENTREVISTADOS

Característica demográfica	Categorías	Número de entrevistados [%]
Edad	<= 30	9 [12.1%]
	30-50	25 [33.3%]
	>=50	41 [54.6%]
Género	Masculino	64 [85.3%]
	Hembra	11 [14.7%]
Participación en la agricultura	Sí	46 [61.3%]
	No	29 [38.7%]
Educación	Escuela	43 [57.3%]
	Universidad	32 [42.7%]
Grupo de actores	Comunidad	44 [58.6%]
	Gobierno	14 [18.6%]
	ONG	12 [16%]
	Privado	3 [4%]
	Academia	2 [2.7%]
Residencia del entrevistado	Rural	49 [65.3%]
	Urbano	26 [34.6 %]

1 TABLA 2: ESPECIFICACIÓN DE LOS 11 SITIOS DE ESTUDIO. * = PRESENTADO EN UN CUADRO DE ESTUDIO DE CASO EN LOS MATERIALES COMPLEMENTARIOS. NEGRITA INDICA QUE EL SITIO FUE UN SITIO FOCAL
2 CON MÁS DE 5 ENTREVISTAS REALIZADAS. EL NIVEL DE ÉXITO REPRESENTA LA PUNTUACIÓN MEDIA DE UNA PREGUNTA DE LA ENTREVISTA SOBRE EL ÉXITO PERCIBIDO Y SOLO SE CODIFICÓ SI LA RESPUESTA FUE
3 RESPONDIDA POR MÁS DE 5 ENCUESTADOS (CON 1=ÉXITO BAJO, 2=ÉXITO MEDIO, 3=ÉXITO ALTO).

		Elevación [m.s.n.m.] y tipo de bosque	Grupos de actores entrevistados	Inicio de la planificación restauración	Tamaño de la intervención restauración	Restauración ecológica	Tipo de intervención	# Entrevistas	Nivel de éxito (siendo 3 el máximo)
1	Comunidad de Kiuñalla	3000-4414 (Bosque montano andino)	ONG: CEDES, Programa Bosques Andinos. Comunidad	2014 2018	1 comunidad, Superficie total de intervención de 100 ha Restauración de 30 ha	Sí	Restauración ecológica con especies nativas mixtas y conservación de bosques nativos junto con mejoras en los medios de vida	11	2.6
2	Cuenca Mariño*	2500-4200 (Bosque Altoandino)	ONG: CEDES, Privado: EMUSAP (empresa de agua) Comunidad	2013 2016	3 comunidades, 70 ha	En parte	Restauración ecológica con <i>Polylepis</i> , Restauración de pastizales, infraestructura azul (presas y embalses) Plantación de pinos exóticos	8	2.83
3	Santuario nacional Ampay	De 2.900 a 5.235 (Bosque montano andino)	Gobierno: SERNANP	Década de 1990 2002	120 ha,	Sí	Plantación de árboles con <i>Podocarpus Glomerata</i> autóctono	4	NA
4	Departamento de Apurímac	2000-4000 (Bosque Altoandino)	Gobierno regional (GORE)	266 comunidades	Previsto: 30 millones de árboles de los cuales el 20% son autóctonos. 20 millones de hectáreas	En parte	Algunas restauraciones ecológicas con <i>Polylepis</i> spp, <i>Escallonia</i> spp, <i>Salix</i> spp y <i>Alnus</i> spp. Plantación de pinos exóticos a gran escala	2	NA
5	Comunidad de Challabamba*	2820-4000	ONG: ACCA	2021 2021	78.000 plántulas,	Sí	Restauración ecológica con mezcla de especies	9	2.8

		(Bosque montano andino)	Comunidad		40 ha		nativas y conservación de bosques nativos		
6	Cordillera Vilcanota	3000-4500 (Bosque Altoandino)	ONG: ECOAN Comunidad	1998 2000	20 comunidades, 6 millones de plántulas	Sí	Restauración ecológica con 7 especies de Polylepis y conservación de bosques nativos	13	2.4
7	Santuario Histórico Machu Picchu*	2800-3000 (Bosque montano andino)	Gobierno: SERNANP	2002	20 ha/año 20.000plántulas/año	Sí	Restauración ecológica con especies nativas mixtas y con especies nativas productivas	2	NA
8	Parque nacional Huascarán*	3400-6000 (Bosque Altoandino)	Gobierno: SERNANP Comunidad	Comienzo en 1980	NA	Sí	Restauración ecológica con Polylepis	7	NA
9	Municipio Independencia	3000-3900 (Bosque Altoandino)	Gobierno: Municipio Comunidad	2005	NA	En parte	Restauración ecológica con Polylepis, pero también plantación a gran escala con pinos exóticos	5	NA
10	Comunidad de Aquia*	3300-4500 (Bosque Altoandino)	ONG: Instituto de Montana (IdM), ECOAN (desde 2021) Comunidad	IdM: 2004-2008 ECOAN: 2021	IdM: 20 ha durante el proyecto y 20 ha durante el proyecto ECOAN: 100.000 árboles/año en 2022, 200.000 árboles/año en 2023	Sí	Restauración ecológica con 2 especies de Polylepis y protección de bosques nativos junto con mejoras agrícolas y de medios de vida	12	3
11	Departamento de Áncash	2000-4000 (Bosque Altoandino)	Gobierno: Agrorural Gobierno regional	Principios de la década de 2000	NA	En parte	Restauración ecológica con Polylepis, pero también plantación a gran escala con pinos exóticos	2	NA

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 LA DEMANDA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS IMPULSA LAS MOTIVACIONES DE RESTAURACIÓN.

Todos los actores, especialmente los miembros de la comunidad declararon que se involucraban en la restauración forestal principalmente por razones instrumentales, es decir, para lograr algo particular para las personas (Figura 3 A-C). El 70% de los miembros de la comunidad y el 67% de los actores de las ONG mencionaron el mantenimiento y la mejora de los recursos hídricos para la agricultura. Como explicó un líder comunitario: *"Hay que reforestar [...] para sembrar y cosechar agua hay que trabajar bien con la plantación, que las plantas atraen [agua] bien, en el caso de Queñua, la paja también atrapa la niebla"* (Líder de la comunidad). Los miembros de la comunidad también estaban motivados por razones económicas directas (18% de los miembros de la comunidad), el deseo de mejorar la agricultura y la ganadería (14%) y promover las plantas útiles (11%). El 50% de los miembros de la comunidad estaban motivados en mejorar los medios de vida de las generaciones futuras y el 27% mencionó el bienestar de su comunidad.

La restauración del Bosque Andino utilizando especies nativas para obtener beneficios hídricos locales y regionales a menudo se vinculó con el concepto de "siembra y cosecha de agua", un término que se originó hace 2 décadas en Ayacucho (ABA - Ayacucho, s.f.). *"Siembra y cosecha de agua"* combina una variedad de actividades que interceptan y retienen el agua en un paisaje, incluidas las actividades que se cree que mejoran la recarga de agua en el subsuelo, en los acuíferos y aumentan la humedad a través de la recolección de niebla por los árboles y la recarga de agua in situ (por ejemplo, conservación y restauración de humedales y pastizales y reforestación con especies nativas que conservan el agua) (ABA - Ayacucho, s.f.).

Nuestros hallazgos sobre las motivaciones vinculadas a los servicios de agua se alinean con la teoría del *"camino de la escasez de servicios ecosistémicos"* reportada en otros países andinos (Wilson et al., 2019): en los Andes ecuatorianos, la principal motivación para la plantación comunitaria de árboles fue restaurar los recursos hídricos y 4-7 años después de la restauración, los miembros de la comunidad informaron una mejora en la calidad y cantidad del agua. Los agricultores de nuestro estudio mencionaron con frecuencia la importancia directa de la restauración forestal para mejorar la disponibilidad de agua para sus medios de vida agrícolas: *"El bosque en esta zona nos está dando agua y está capturando agua y en la estación seca, esto es bastante apoyo. Porque si no tuviéramos agua, ¿cómo haríamos lo que tenemos que hacer?"* (Miembro de la comunidad). En Perú, las comunidades están dispuestas a restaurar y administrar la tierra para contrarrestar la pérdida de agua debido a la rápida desglaciación, la degradación del paisaje y los cambios en los patrones de lluvias (Zimmer et al., 2022). Este "camino de motivación hídrica" es particularmente oportuno dada la reciente prolongación de las estaciones secas, la desglaciación y la escasez de agua, amplificadas por las prácticas insostenibles de uso de la tierra en los Andes peruanos (Giráldez et al., 2020; Motschmann et al., 2020).

Todos los grupos de interesados mencionaron las motivaciones intrínsecas para restaurar los bosques, incluida la reversión de la deforestación o la degradación, la restauración de la biodiversidad o la protección del medio ambiente. Las motivaciones relacionales que reflejan una relación simbólica con la naturaleza a través de la identidad, fueron mencionadas particularmente por las ONG y los actores gubernamentales, con comentarios relacionados principalmente con el deber profesional de "cuidar la naturaleza" (Figura 3 B y C). Por lo tanto, el gobierno y las ONG compartían una serie de

motivaciones más impulsadas por la conservación, como revertir la deforestación y un sentido de los deberes morales o profesionales de restaurar. El hecho de que las diferentes partes interesadas estén motivadas por diferentes razones para restaurar el bosque se ha informado en muchos contextos diferentes en los trópicos (Ota et al., 2020).

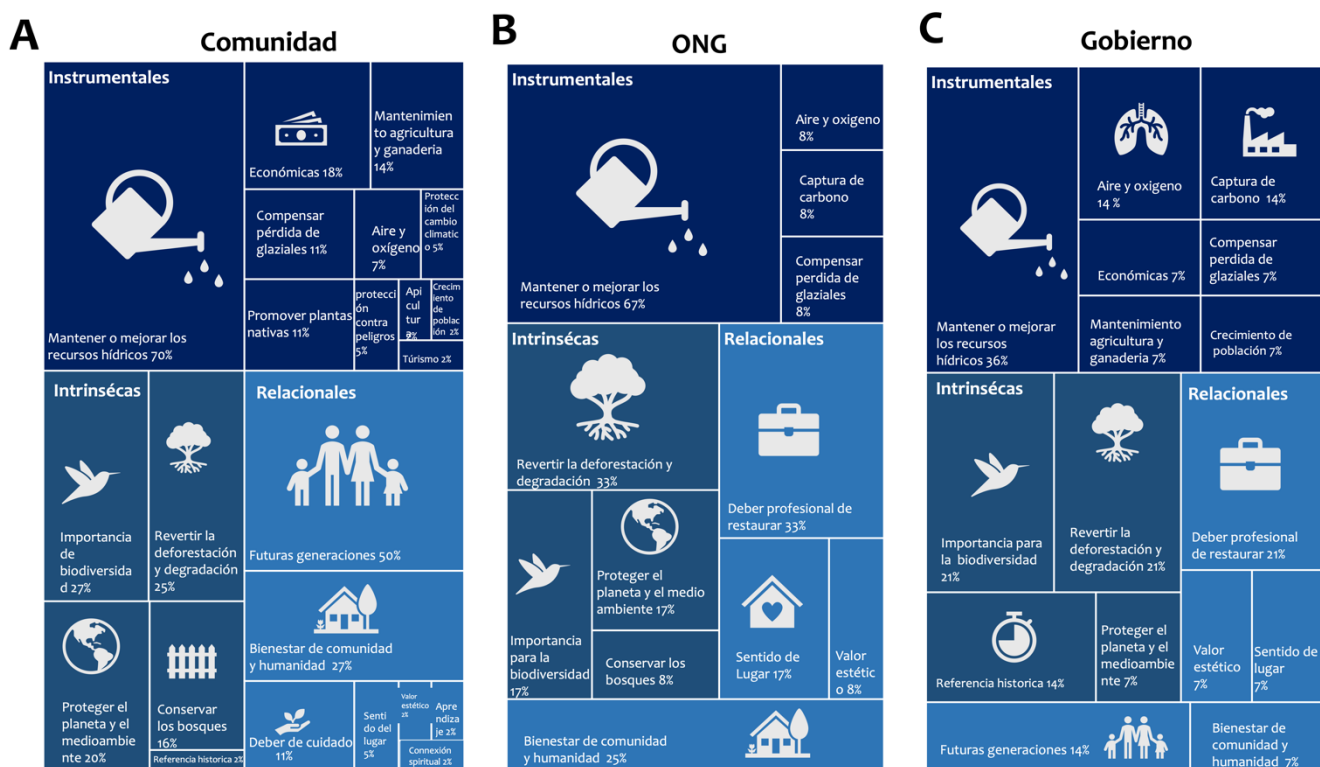


FIGURA 3: MOTIVACIONES PARA LA RESTAURACIÓN DEL BOSQUE ANDINO PARA CADA GRUPO DE ACTORES MOSTRADO COMO PORCENTAJE DE ENTREVISTADOS DENTRO DEL GRUPO DE ACTORES A) ACTORES DE LA COMUNIDAD (44 ENCUESTADOS), B) ACTORES DE ONG (14 ENCUESTADOS) Y C) ACTORES GUBERNAMENTALES (12 ENCUESTADOS). LOS DIFERENTES TONOS DE AZUL REPRESENTAN LAS CUATRO CATEGORÍAS DE MOTIVACIÓN.

El aprovisionamiento de servicios ecosistémicos fue el más mencionado por todos los grupos de interesados (84% de todos los entrevistados) cuando se les preguntó cómo los bosques contribuyen al bienestar y los medios de vida de las comunidades (Figura 4 A). El suministro de agua fue mencionado por el 61% de los miembros de la comunidad, el 50% de las ONG y el 36% de los actores del gobierno, seguido por el suministro de madera para combustible y construcción (41% de los miembros de la comunidad, 25% de las ONG y 29% de los actores del gobierno). Los servicios de regulación (Figura 4 C) fueron mencionados por el 41% de todos los entrevistados: la retención de agua fue la más citada (23% de los miembros de la comunidad, 33% de las ONG y 14% de los actores del gobierno), seguida de la regulación climática (14%, 8% y 7% respectivamente).

A pesar de la frecuente percepción de los servicios ecosistémicos relacionados con el agua, hasta la fecha los efectos de la restauración forestal con especies nativas en el balance hídrico de los sistemas forestales montañosos tropicales siguen siendo poco estudiados (pero véanse Bonnesoeur et al., 2019; Bruijnzeel, Mulligan, et al., 2011; Bruijnzeel, Scatena, et al., 2011). Los entrevistados mencionaron vías anecdóticas a través de las cuales los bosques y la reforestación contribuyeron a mejorar la calidad y cantidad del agua. Los bosques andinos se relacionaron con la recarga de acuíferos y la retención de agua: Los bosques [Andinos] contribuyen a la regulación de caudal hídrico, es decir, estos bosques actúan como grandes esponjas. “No sé si ha visto, el suelo está lleno de musgos, hojas de todo, lo que

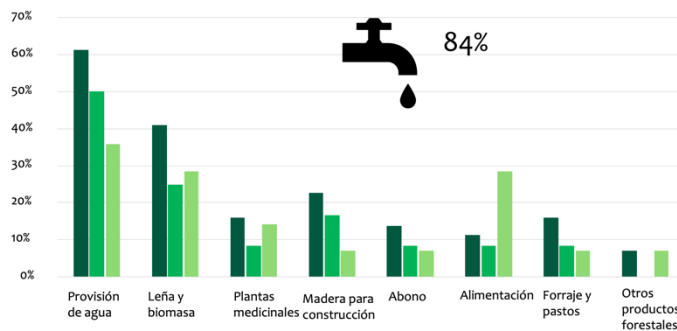
hacen es captar la humedad e infiltrarla poco a poco al suelo" (técnico de la ONG) y *"Todo esto a fin de poder retener agua en periodos de lluvias y esto nos permite finalmente de poder contar con este dique de habitantes en periodos de estío y se ha visto que [...] la Queñua es una planta que atrapa el agua."* (Actor privado). Los miembros de la comunidad creían que las especies nativas *"retenían el agua a través de sus raíces"*, *"atrapaban el agua de las nubes"* y aumentaban la humedad local (*"el bosque crea humedad"*).

Esto está en línea con el conocimiento emergente sobre el *"efecto esponja forestal"* por el cual los bosques tropicales interceptan las gotas de agua de las nubes de la niebla, retienen la humedad en el suelo y extienden la disponibilidad de agua hasta la estación seca (Ogden et al., 2013). Los estudios hidrológicos en los bosques tropicales de Panamá han demostrado que los bosques nativos maduros y secundarios muestran un alto flujo vertical de agua durante las tormentas y recargan el agua subterránea (Birch et al., 2021). Además de regular la cantidad de agua, los encuestados de nuestro estudio destacaron que los bosques andinos también controlan la calidad del agua (*"la cuenca [boscosa] es como un filtro, como una gran esponja"* – miembro de la comunidad). Hasta la fecha, se desconocen en gran medida los efectos hidrológicos de la restauración forestal con especies nativas en los Andes, aunque los estudios sobre la forestación con árboles exóticos han encontrado un efecto perjudicial en el suministro de agua, aguas abajo, (Bonnesoeur et al., 2019). Muchas referencias sobre los efectos hidrológicos se derivaron anecdóticamente de observaciones de campo locales, como lo destacó un funcionario de una ONG: *"Los relictos [de bosques] la gente ahora ha aprendido a valorar y sabe de qué el Queñual está contribuyendo a hacer su recarga hídrica. Todavía no estamos diciendo [que lo sabemos] cuantitativamente, pero cualitativamente sí."*

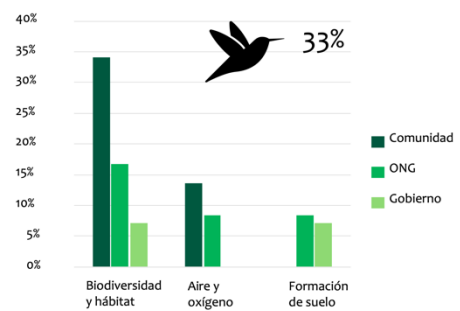
Todos los actores se refirieron a los servicios de apoyo de los ecosistemas (Figura 4 B), como la biodiversidad y el valor del hábitat, especialmente los actores de la comunidad (34%) en comparación con las ONG (16%) y los actores gubernamentales (6%). Como dijo un investigador académico: *"Obviamente hay biodiversidad: el bosque es un refugio para el oso Andino, hay quetzales en Huanipaca"*. Los servicios culturales (Figura 4 D), como los valores estéticos y el turismo y la recreación, fueron mencionados por el 23% de todos los entrevistados. A nivel mundial, las iniciativas de restauración a menudo tienen como objetivo restaurar los bosques para mejorar los servicios de los ecosistemas, como la biodiversidad y el secuestro de carbono. Sin embargo, en nuestro estudio basado en 11 proyectos en el centro y sur del Perú, las personas restauran los bosques andinos por los beneficios locales que brindan; La mejora de los recursos hídricos es la principal motivación de todos los actores y se considera el sustento de las comunidades para la agricultura.

El deseo de restaurar los bosques para obtener beneficios directos y locales se encontró a lo largo de los Andes (Báez et al., 2010; Durand y Sevillano, 2017; Joseph et al., 2021; Ota et al., 2020; Wilson et al., 2019; Wilson y Coomes, 2019). Esto presenta una oportunidad para capitalizar el apoyo global para la restauración que también proporciona beneficios locales. La restauración de los bosques andinos podría eventualmente generar oportunidades para los mercados de carbono, pero existe una diferencia escalar entre los objetivos de restauración global bien financiados (carbono, biodiversidad) y los objetivos a nivel de paisaje identificados en este estudio que benefician directamente a la población local (servicios de agua mejorados). Los esquemas de pago hidrológico nacionales y regionales son mecanismos de financiamiento que incorporan la restauración local relacionada con el agua (Recuadro Suplementario 1).

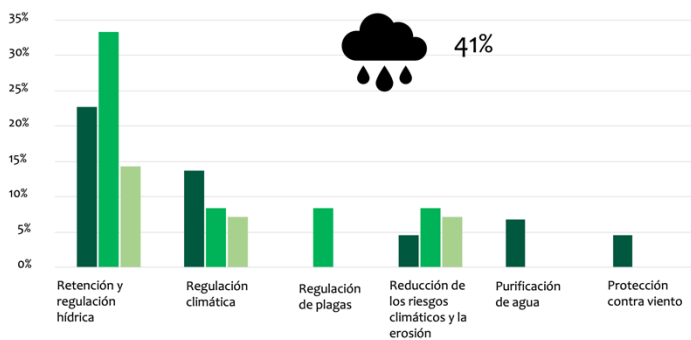
A: Servicios de aprovisionamiento



B: Servicios de aporte



C: Servicios de regulación



D: Servicios culturales

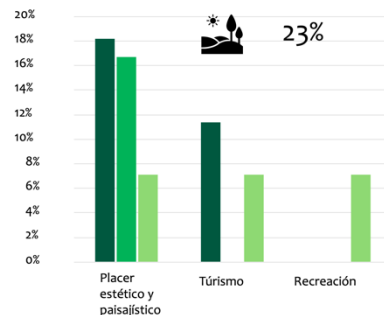


FIGURA 4: SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LOS BOSQUES ANDINOS PARA CADA GRUPO DE ACTORES. % REPRESENTA EL PORCENTAJE DE ENTREVISTADOS DENTRO DE CADA GRUPO DE PARTES INTERESADAS. PARA VER AGRUPADOS A TODOS LOS ACTORES, CONSULTE LA FIGURA COMPLEMENTARIA 1. LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS SE CLASIFICAN DE ACUERDO CON LA EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO (2005).

3.2 PREFERENCIAS DE RESTAURACIÓN: INTERVENCIONES, ELECCIÓN DE ESPECIES Y TIPO DE ECOSISTEMA.

Las intervenciones de restauración (Figura 5 A) mencionadas incluyeron la restauración de especies nativas, la conservación de los bosques existentes, la conservación y restauración de pastizales, agroforestería, sistemas silvopastoriles y plantaciones exóticas (Figura complementaria 2). Esto se alinea con muchos de los principios de la restauración del paisaje forestal, en la que se diseñan diferentes intervenciones de restauración a escala de paisaje para restaurar múltiples funciones, conservar y mejorar los ecosistemas naturales y adaptar los enfoques a los contextos locales (Besseau, Graham y Christophersen, 2018). En consecuencia, en muchas entrevistas se hizo hincapié en la zonificación estratégica de las intervenciones para adaptarlas a tres tipos de zonas: sistemas forestales (bosques montanos andinos, bosques altoandinos), sistemas no forestales (pastizales de la puna, humedales) y sistemas centrados en el ser humano (campos y pastizales, proximidad inmediata a asentamientos/aldeas).

Los actores de las ONG (50%) mencionaron la protección de los ecosistemas nativos como una estrategia complementaria y los actores gubernamentales (79%) mencionaron con frecuencia la restauración de ecosistemas no forestales como los pastizales de la puna, los humedales y los arbustos (Figura complementaria 2). La agrosilvicultura, a pesar de no haber sido preguntada específicamente en las entrevistas, fue identificada como preferible, especialmente por las ONG (42%) y una minoría de la comunidad y el gobierno se refirieron a ella (ambas con un 15%). Los comuneros preferían las especies de árboles con valor de uso directo o beneficios agrícolas: "lo que tenemos que plantar alrededor de estos campos es basul [*Erythrina falcata*], pisonay [*Erythrina edulis*] porque las hojas van a alimentar a las plantas. [...] Pisonay puede servir como forraje para cuy" (Miembro de la comunidad). Se ha demostrado que la agroforestería es una técnica particularmente útil en las zonas rurales más pobres debido a su rentabilidad, su capacidad para ofrecer ingresos y facilitar la regeneración natural (Moreno-Casasola, 2022), pero en un contexto andino podría ser adecuada solo junto a los bosques montanos más suaves adyacentes a las comunidades, no a los bosques altoandinos.

La mayoría de los entrevistados (59% en general, 57% de la comunidad, 58% de las ONG, 50% del gobierno) prefirió plantar exclusivamente árboles nativos, mencionando más de 40 especies deseables (Figura 5 C). En los sitios del proyecto liderado por ONG (Kiuñalla, Marino, Challabamba, Aquia y Vilcanota) la preferencia por especies exclusivamente nativas fue mayor que en el sitio de restauración liderado por el municipio Independencia, donde el 80% de los entrevistados prefería una mezcla de especies nativas y exóticas. En el Parque Nacional Huascarán todos los entrevistados prefirieron solo las especies nativas. La restauración de los recursos hídricos se integró en el diseño de la mayoría de los proyectos de restauración, en particular los dirigidos por ONG (Recuadro suplementario 1). Las comunidades y las ONG priorizaron la reforestación con especies nativas adyacentes a las cabeceras de cuenca, manantiales, arroyos y prefirieron las especies de árboles nativos considerados como 'ahorradores' de agua: "Hay que plantar suficiente Queñua [*Polylepis*] para retener agua. Esto aumentará el agua" (actor de la ONG) y "Debemos trabajar con las plantas que atraen bien el agua, como la Queñua [*Polylepis*] y la hierba Icchu [*Stipa Icchu*]" (miembro de la comunidad).

Estas diferencias en las preferencias entre los diferentes actores apuntan a la necesidad de apoyar una variedad de diferentes enfoques de restauración con diversos objetivos dentro de un paisaje si la restauración debe ser adoptada y sostenida a grandes escalas espaciales y temporales. (Wilson y Cagalan, 2016). Casi la mitad (48 %) de todos los entrevistados (45 % de la comunidad, 25 % de las ONG, 71 % del gobierno) tenían opiniones negativas sobre las especies exóticas (Figura 5 B) debido a los efectos indeseables observados que tienen sobre los recursos hídricos: "Si hay eucalipto cerca de los manantiales de agua, esto chupa toda el agua". (Líder comunitario). En contraste con un estudio en los Andes ecuatorianos, donde los agricultores asociaron los árboles exóticos con la mejora del suelo y los beneficios de la producción de alimentos (Wilson y Coomes, 2019), en nuestro estudio se observó que los exóticos impulsan el deterioro de las tierras agrícolas: "Es que el eucalipto sabemos que no, las hojas, la raíz nos arruina el suelo. [...], ni nos sirve como fertilizante" (Miembro de la comunidad).

Además, las especies exóticas a menudo eran vistas como "chupadores de agua" y muchos entrevistados subrayaron que las especies exóticas necesitan estar lejos de los recursos hídricos: "Sabemos que el pino y el eucalipto son los que secan el agua, por lo tanto, no se pueden plantar en las cabeceras" (actor de la ONG). Sin embargo, algunos entrevistados, en particular ONG y actores gubernamentales, destacaron la importancia de la madera de eucalipto como fuente de combustible

alternativa: "[...] el eucalipto es clave en el santuario [...] Porque evita que [los comuneros] corten árboles nativos. Entonces hay un aprovechamiento poblacional, pero las nuevas plantaciones sí deberían tomar en cuenta unos criterios, como p.ej. identificar antes las fuentes de agua, ver un poquito la posibilidad de generar impactos en otros sitios, aguas abajo o arriba." (Actor gubernamental).

Nuestras entrevistas se centraron en la restauración de bosques, pero a pesar de esto, todos los grupos de interés (13% en general, 5% de la comunidad, 17% de las ONG, 14% del gobierno) mencionaron la restauración de ecosistemas no forestales (Figura complementaria 2) como los pastizales altoandinos ('Puna' o 'Pajonal') y los humedales ('bofedales') para mejorar los recursos hídricos: "Que todas las instituciones siguen apostando por la plantación de los Icchu [*Stipa icchu*] en las partes altas, en los bofedales, en los cerros. ¿Para que sustenten el tema del recurso hídrico porque cada día se está secando más al planeta, no?" (Miembro de la comunidad). Los pastizales andinos proporcionan muchos servicios ecosistémicos esenciales, como la regulación del agua, la fertilidad del suelo, el suministro de alimentos, lana, fibra y la regulación de los microclimas (Rolando et al., 2017). Los pastizales de la Puna también muestran una alta productividad subterránea que almacena cantidades de carbono similares a las de los bosques nubosos andinos (Oliveras, Girardin, et al., 2014).

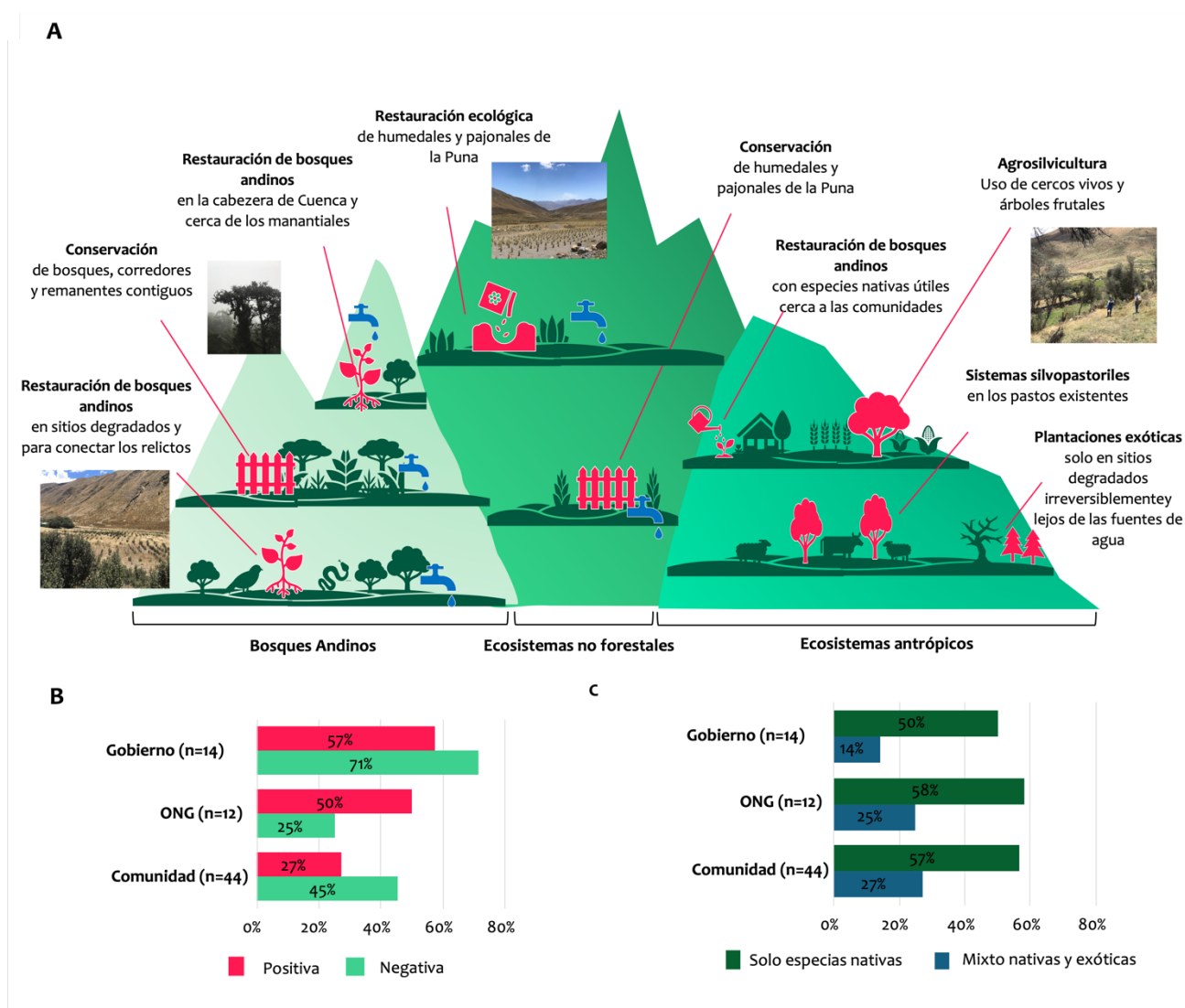


FIGURA 5: A) FIGURA CONCEPTUAL PARA UNA GAMA DE PREFERENCIAS DE RESTAURACIÓN MENCIONADAS POR LOS ENTREVISTADOS. ESTOS ABARCAN TRES "ZONAS": BOSQUES ANDINOS NATIVOS, ECOSISTEMAS NO BOSCOSOS Y

SISTEMAS DE CENTROS HUMANOS. LOS PRINCIPALES MÉTODOS MENCIONADOS SON LA RESTAURACIÓN DE BOSQUES NATIVOS ANDINOS, LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE PASTIZALES Y HUMEDALES, LA CONSERVACIÓN DE SISTEMAS FORESTALES Y NO FORESTALES, LA AGROSILVICULTURA, EL SILVOPASTORIL Y EN MENOR MEDIDA, LAS PLANTACIONES EXÓTICAS PARA LEÑA. B) OPINIONES SOBRE ESPECIES EXÓTICAS (EUCALIPTO, PINO) EN LOS TRES PRINCIPALES GRUPOS DE INTERESADOS), C) TIPOS DE ESPECIES PREFERIDAS PARA LA PLANTACIÓN.

3.3. LOS FACTORES SOCIALES, ECONÓMICOS, BIOFÍSICOS, DE GOBERNANZA Y TÉCNICOS, QUE IMPULSAN EL ÉXITO PERCIBIDO DE LA RESTAURACIÓN.

Los entrevistados calificaron el éxito general de los proyectos de restauración en los que participaron en una escala del 1 al 3. Todos los sitios de enfoque con suficientes encuestados (Aquia, Kiuñalla, Challabamba, Vilcanota, Huascarán, Cuenca del Maríño, Independencia) tuvieron puntajes promedio de éxito entre 2.44 y 3 (Tabla 1) y fueron considerados exitosos por los participantes. Los participantes atribuyeron el éxito a una variedad de razones, como la supervivencia de las plántulas, el logro de beneficios para la biodiversidad o la mejora de los recursos hídricos, como lo destacó un líder de la comunidad que describió el éxito del proyecto: *"Las plantas son jóvenes y ya tienen muchas aves, hay humedales y el cerro está vistoso"* (líder de la comunidad).

3.3.1 BARRERAS

Las ONG y los actores de la comunidad citaron que los factores sociales, como la falta de educación sobre la importancia de los bosques, el uso insostenible de la tierra y la resistencia de la comunidad, limitaron la restauración en primer lugar, mientras que los actores del gobierno se centraron de manera más uniforme en los factores biofísicos, de gobernanza y económicos (Figura 6 A).

Las barreras **sociales** (Figura 6 A.1) a nivel comunitario incluyeron incendios incontrolados para la agricultura (45% de todos los entrevistados, 23% de la comunidad, 58% de las ONG, 79% del gobierno), falta de conciencia ambiental (24% en general, 32% de la comunidad, 33% de las ONG, 36% del gobierno) y miedo al acaparamiento de tierras (21% en general, 12/44 27% de la comunidad, 17% de las ONG, 0% del gobierno). Un líder comunitario dijo: *"Siempre me he centrado en decirles [a los comuneros] que no deben hacer los incendios, algunos quemando basura, algunos cerca de los bosques. A veces [...] He visto en esta parte al lado de la quebrada, que más de 200 hectáreas se han incendiado"* (Líder de la comunidad). Los incendios incontrolados inducidos por el hombre fueron un desafío mencionado por todos los actores. A pesar de que los incendios se han utilizado durante siglos en los pastizales de la Puna para manejar los recursos de pastoreo, los cambios recientes en el clima y el uso de la tierra están aumentando la incidencia y el área del incendio (Manta et. al., 2018) que se extendió a los bosques andinos menos adaptados al fuego, incluidos los bosques nubosos, incluso en nuestros departamentos de estudio de Cusco y Apurímac (Román-Cuesta et al., 2011, Manta et. al., 2018).

La capacitación adecuada para el manejo de incendios y las estrategias de adaptación son importante para una restauración exitosa. La ONG ECOAN, por ejemplo, llevó a cabo talleres de prevención de incendios con líderes comunitarios que luego se desempeñan como líderes de brigadas comunitarias de bomberos (Figura 3 F). La falta de conciencia sobre los beneficios de los bosques dificultó el trabajo de restauración: *"Todavía no estamos bien concientizados [sobre la protección del medio ambiente]. Algunos de mis compañeros están cortando las Intimpas [Podocarpus glomerata], mientras que otros están protegiendo a las Intimpas que tienen más de 500 años"* (líder comunitario). Promover la educación y fortalecer las capacidades para proteger y restaurar los bosques andinos es especialmente importante porque permite crear proyectos autosuficientes y administrados por la comunidad, más allá del cronograma del proyecto. El desarrollo de capacidades debe ir más allá de

las habilidades técnicas de restauración, para incluir la gestión sostenible de la tierra de manera más holística, incluida la protección de los bosques existentes.

Las barreras **de gobernanza**, citadas principalmente por los funcionarios gubernamentales (Figura 6 A.2), incluían la falta de compromiso y continuidad de los líderes a nivel local y regional (27% de todos los entrevistados, 16% de la comunidad, 33% de las ONG, 43% de los gobiernos) y conflictos de tenencia de la tierra en los sitios de restauración (25% de todos los entrevistados, 11% de la comunidad, 8% de las ONG, 57% del gobierno). Las comunidades se rigen por juntas directivas: *"el presidente [de la comunidad] solo dura 2 años y de repente viene otro y no le interesa [...] Entonces, yo diría que las instituciones tienen que venir y capacitar a la comunidad, al presidente que sale y [al que] entra para que evoquen que esto se hará continuamente"* (Miembro de la comunidad). La recuperación de los bosques andinos es un esfuerzo de varias décadas (Aragón et al., 2021; Oliveras, Malhi, et al., 2014). Descubrimos que los mandatos cortos de liderazgo, a nivel comunal y gubernamental, a menudo resultaban en fluctuaciones en el apoyo, la financiación y el interés de la comunidad por la restauración, lo que llevaba a una falta de continuidad y apoyo sostenido.

Por otro lado, los líderes comunitarios dedicados y los grupos forestales comunitarios, como los comités de reforestación, ayudaron a lograr resultados de restauración, como se encontró anteriormente en las iniciativas de Restauración del Paisaje Forestal en los trópicos (Ota et al., 2020). Todos los actores, en particular los actores del gobierno mencionaron la falta de supervisión y mantenimiento de los sitios (28% de los entrevistados, 16% de la comunidad, 17% de las ONG, 64% del gobierno) (Figura 6 A.3). Un actor académico señaló: *"No hay mantenimiento en los primeros meses, años. [...] No basta simplemente plantar, hay que acompañar este proceso. [...] Pero todavía hay un largo camino por recorrer para tener evidencia de intervenciones"*. Las dificultades para realizar el monitoreo son prevalentes en la práctica de la restauración y actualmente se ven agravadas por la falta de capacitación sobre el monitoreo del paisaje forestal en América Latina (Evans et al 2023). El monitoreo con drones de sitios de restauración remotos, es una vía futura prometedora en ubicaciones remotas de la Montaña Andina (Robinson et al., 2022).

Las principales barreras **biofísicas** (Figura 6 A.5) fueron la invasión de ganado (35% de todos los entrevistados, 23% de la comunidad, 50% de las ONG, 57% del gobierno) y la falta de agua (33% en general, 34% de la comunidad, 25% de las ONG, 43% del gobierno). El lento crecimiento de las especies nativas (16% en general, 7% de la comunidad, 8% de las ONG, 36% del gobierno) fue particularmente enfatizado por los actores gubernamentales: *"pero cuánto tiempo nos llevará un bosque de Queñua [Polylepis spp.], a veces 200 años. Es un crecimiento muy lento [...] deberías tener mucho corazón para que crezcan para mis hijos. Ellos [la comunidad] ya quieren ver algo pronto [...]"* (actor gubernamental). Los entrevistados mencionaron la dificultad del cultivo de especies arbóreas andinas, coincidiendo con investigaciones previas que identificaron el lento crecimiento vegetativo, las duras condiciones bioclimáticas, la herbivoría ganadera y la alta fragmentación como barreras del crecimiento de los árboles (Pinos, 2020; Vásquez et al., 2014; Wesche et al., 2008).

Se utilizaron dos técnicas para mejorar la escala de plantación y el éxito de plantación de *Polylepis spp.*, que puede regenerarse a partir de esquejes: 1) recolectar ramas de árboles madre para propagarlas en el invernadero ('propagación con esqueje') o 2) acodo aéreo ('acodo aéreo') mediante el cual se hacen pequeñas incisiones en anillo alrededor de las ramas de los árboles vivos y se adjunta una bolsa de tierra en el punto de incisión para promover el crecimiento de las raíces (Mindreau y Zúñiga, 2010). Los sitios de recolección y los árboles madre deben seleccionarse estratégicamente para no sobrecargar las poblaciones saludables de *Polylepis*, como lo mencionó un

actor de una ONG: "Cada vez que producimos más [estacas], hay más ramas mutiladas de los bosques porque tengo que hacer esquejes". Se pueden crear huertos de estacas" para obtener material genético (Recuadro suplementario 3). También se debe considerar el uso de otras especies andinas de altura como Buddleja spp 'kishuar' [Buddleja incana] y 'colle' [Buddleja coriacea] (ver Tabla Suplementaria 2), para garantizar una mayor diversidad de especies y la resiliencia de los sitios de restauración.

Los sitios de restauración a menudo estaban ubicados en áreas remotas río arriba, lo que causaba barreras **técnicas** de acceso tanto para la plantación como para el monitoreo. Esta falta de accesibilidad fue mencionada por el 23% de los entrevistados (23% comunidad, 42% ONG, 14 gobierno): "a Huamantla vamos a caballo. Caminando nos cansaríamos – esto está muy lejos" (Miembro de la comunidad). La propagación y el transporte de plántulas con raíz desnuda puede resolver los desafíos de transporte relacionados con el peso, una técnica utilizada por la ONG ECOAN para plantar hasta 200.000 plántulas por día. La descentralización de la infraestructura de invernaderos y la ubicación de invernaderos cerca de los sitios de restauración también ayudan a reducir los desafíos logísticos (Recuadro suplementario 3). Los acodos aéreos de Polyepis elimina la necesidad de un invernadero, ya que las plántulas se cultivan en relictos forestales cerca de los sitios de restauración (Mindreau y Zúñiga, 2010).

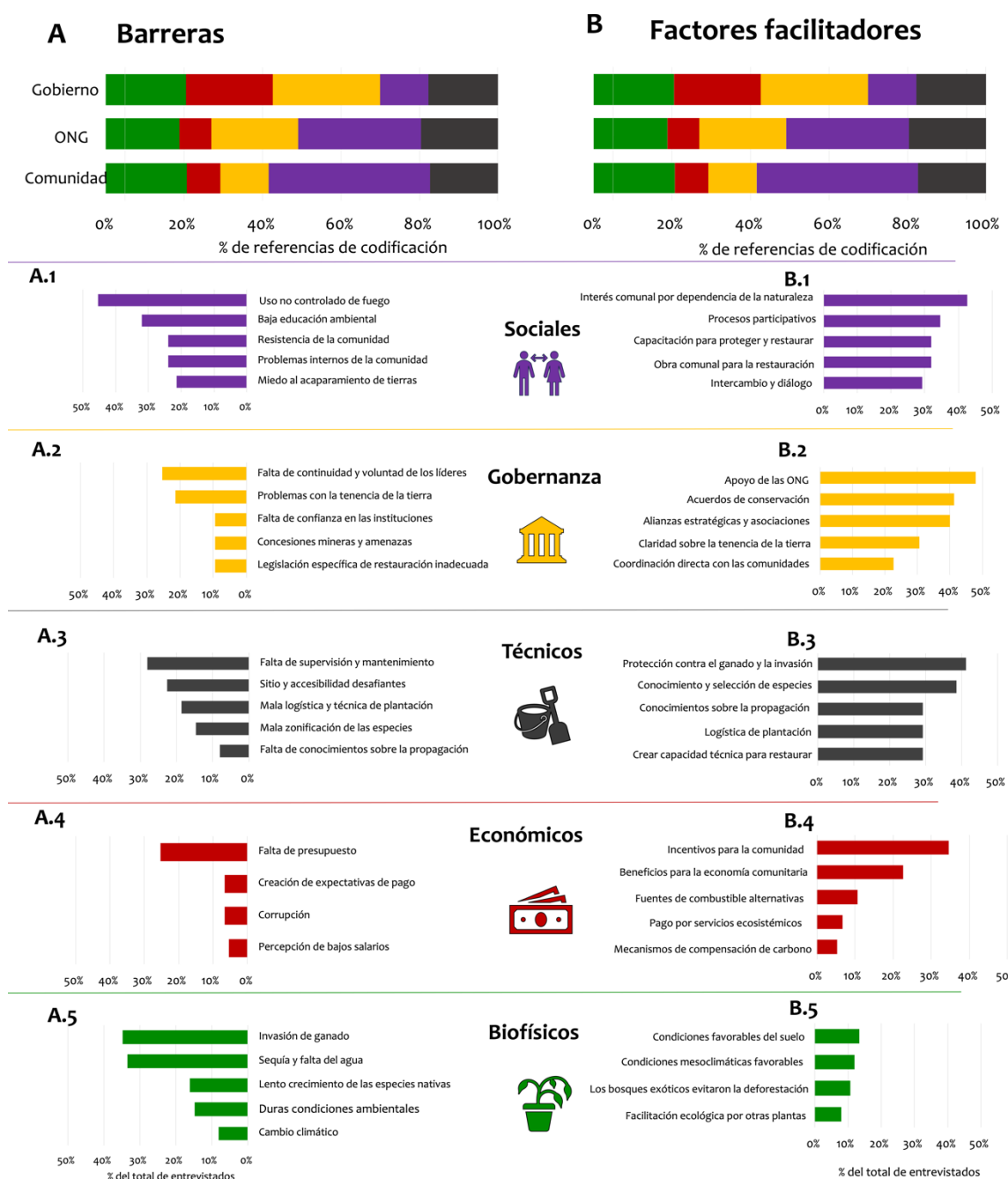


FIGURA 6: FACTORES DE ENCALADO (A) Y HABILITANTES (B) PARA UNA RESTAURACIÓN EXITOSA DEL BOSQUE ANDINO. LOS DIAGRAMAS SUPERIORES MUESTRAN EL DESGLOSE POR GRUPO DE PARTES INTERESADAS, LOS DIAGRAMAS INFERIORES (A, 1-A.5 Y B.1-B.5) MUESTRAN EL DESGLOSE POR CADA CATEGORÍA DE FACTORES

3.3.2 FACTORES FACILITADORES

Los actores de las ONG y los entrevistados de la comunidad citaron con mayor frecuencia los factores sociales facilitadores (41% y 34% de las referencias de codificación de dicho grupo de partes interesadas), mientras que los actores del gobierno citaron menos los factores sociales (17% de las referencias de codificación) (Figura 6 B).

En todos los entrevistados, pero particularmente entre los actores de las ONG, procesos **sociales** como los procesos participativos (35% de todos los entrevistados, 16% de la comunidad, 83% de las ONG, 36% de los gobiernos) fueron clave para el éxito a largo plazo de la restauración forestal (Figura 6 B.1). Estos son clave en todas las etapas del proyecto: selección de sitios, elección de especies para plantar y determinación de formas localmente apropiadas de implementación y compensación. Trabajar en estrecha colaboración con las comunidades locales para desarrollar beneficios sociales y económicos es clave para lograr resultados de restauración (Aucca y Ramsay, 2005; Hartman y Cleveland, 2018). Sin esto, muchos proyectos de restauración fracasan (Rosa et al., 2020).

Por lo tanto, la restauración debe planificarse en colaboración con los comités comunitarios, a través de talleres participativos y jornadas de planificación. Las tareas comunitarias "faenas" fueron descritas por las ONG interesadas como "muy poderosas" para implementar la restauración, utilizando estructuras establecidas por la comunidad que proporcionan un espacio social para el diálogo y el intercambio: *"Cada año, cuando hacemos la siembra, la comunidad se encuaderna, nos vestimos [con vestidos tradicionales], preparamos la comida y damos pago a la Pachamama, luego danzamos [...] Estas son las razones por las que la comunidad participa con tan voluntad"*. (Miembro de la comunidad). La dependencia local de los recursos naturales, que conduce al interés comunal en la restauración, fueron factores clave de éxito (43% de todos los entrevistados, 36% de la comunidad, 75% de las ONG, 43% del gobierno) *"El éxito comienza con la decisión de la comunidad. La comunidad identificó que el flujo de agua estaba disminuyendo debido a sus cultivos, por lo que tomaron la decisión de restaurar sus bosques porque se dieron cuenta de que la degradación de los bosques era la causa de la reducción del flujo de agua"* (ONG).

Encontramos que un mayor grado de dependencia de los recursos naturales, típico de la agricultura de subsistencia en América Latina (Aguir et al., 2021), condujo a un alto nivel de interés comunal y compromiso con la restauración: *"Estamos encantados de trabajar con la reforestación, especialmente cuando se trata de agua"* (miembro de la comunidad). No se consideró que la restauración compitiera con la agricultura o la ganadería de subsistencia, sino que la beneficiara a través de la *"siembra y cosecha de agua"*, contrariamente a los hallazgos anteriores (Joseph et al., 2021). Nuestros hallazgos concuerdan con el trabajo realizado en los Andes ecuatorianos, donde las comunidades con mayor dependencia de los recursos naturales estaban más comprometidas con la restauración forestal (Wilson y Coomes, 2019).

Los factores de **gobernanza** favorables (Figura 6 B) incluyeron el apoyo de las ONG (48% de los entrevistados, 66% de la comunidad, 8% de las ONG, 29% del gobierno), acuerdos formales de conservación con las comunidades (41% en general, 39% de la comunidad, 67% de las ONG, 21% del gobierno), alianzas estratégicas (40%, 18% de la comunidad, 83% de las ONG, 71% del gobierno) y una tenencia de la tierra claramente definida (31% en general, 20% de la comunidad, 58% de las ONG y 21% del gobierno) (Figura 5 B.2). Los actores de las ONG destacan la importancia de la seguridad de la tenencia de la tierra. Como dijo un líder comunitario: *"es un trabajo social explicar a la comunidad que seguirán siendo dueños de la tierra, nadie la arrebatará, todavía pueden usarla"*. La formalización de los acuerdos de conservación de los bosques también es crucial para evitar la apropiación informal de los territorios por parte de subgrupos debido a su inversión en mano de obra de restauración. El cercado también fue necesario para proteger físicamente los sitios de restauración del pastoreo ilegal, como se encontró anteriormente (Aguirre et al., 2011).

Descubrimos que los arreglos y alianzas estratégicas, multicéntricas y policéntricas eran clave para lograr los objetivos de restauración, incluidas las alianzas entre organizaciones locales como

cooperativas agrícolas, grupos comunitarios y entre actores involucrados en la gestión del paisaje de diferentes niveles jerárquicos, como ONG locales, gobiernos regionales, iniciativas agrícolas gubernamentales (AGRORURAL), autoridades nacionales de áreas protegidas y actores privados (por ejemplo, empresas de agua, empresas turísticas, etc.). Se cree que las estructuras multinivel y policéntricas funcionan bien debido a su capacidad para responder de manera flexible a problemas de escala local y para tomar decisiones dependientes del nivel de una manera que un sistema centralizado de un solo actor no puede (Lebel et al., 2006). Un ejemplo clave de este tipo de alianza estratégica multinivel son los casos de la cuenca del río Mariño y la de Nor Yauyos Cochas (Recuadro Suplementario 1). De manera crucial, para ampliar la restauración y traducir los compromisos a gran escala en realidades, se necesitan acuerdos de gobernanza sensibles a la escala en los que los diferentes niveles de gobernanza estén conectados y alineados a través de las escalas para aprovechar diferentes conjuntos de habilidades, utilizar eficazmente el conocimiento existente y crear la capacidad pertinente (Wiegant y Guariguata, 2023).

Los actores gubernamentales citaron factores **técnicos** (29% de las referencias de codificación dentro del grupo de partes interesadas del gobierno) más que las ONG y las comunidades (23% y 22% de las referencias de codificación dentro de los respectivos grupos de partes interesadas) (Figura 6 B). Entre ellas, la protección física de los sitios de restauración (31% de todos los entrevistados, 39% de la comunidad, 75% de las ONG, 29% del gobierno) contra la ganadería y la invasión (Figura 6 B.3), como enfatizó un funcionario del gobierno: *"Si quieres una garantía a corto plazo, tienes que cercarla"*. El conocimiento y la selección de especies (39% de los entrevistados, 20% de la comunidad, 75% de las ONG, 71% de los gobiernos) fueron un factor facilitador destacado y pueden aprovecharse mediante el uso del conocimiento ecológico tradicional, que es la base para una restauración forestal exitosa y equitativa (Reyes-García et al., 2019; Robinson et al., 2021).

Muchas de las comunidades que visitamos tenían un conocimiento intrincado de los bosques andinos y una anciana se refirió a 80 especies medicinales que se encuentran en el bosque local. Involucrar a estos miembros de la comunidad en la planificación de la restauración es crucial para 1) crear una línea de base de especies en el bosque nativo, 2) identificar qué plantas son las más valoradas por las comunidades locales 3) y aprender cómo propagar y posicionar estas plantas. En los sitios de restauración se establecieron líneas de base de biodiversidad de Kiuñalla, a través de acercamientos interactivos con la comunidad: *"hicimos talleres para recuperar conocimientos, [...] concursos donde muchas de las mujeres participaron [para] ver quién podía recuperar la mayor diversidad del bosque, quién conocía la mayoría de las especies"*. (Actor académico).

La importancia de crear la capacidad técnica para restaurar fue mencionada por todos los grupos de interés (29% de todos los entrevistados, 32% de la comunidad, 33% de las ONG, 29% de los gobiernos). "En las zonas que se recuperan de incendios, áreas degradadas y suelos erosionados básicamente hemos producido más *Polylepis racemosa*, porque tiene sus ventajas. Es más fuerte, se propaga más rápido que las demás y se adaptó mejor a la zona" (actor gubernamental). En menor medida, los entrevistados se refirieron a las condiciones favorables del suelo y el microclima como factores biofísicos clave (13% y 12%) para promover el establecimiento y crecimiento de las plantas (Figura 6 B.5). Un factor clave para el éxito fue la creación de incentivos económicos para la participación de la comunidad (Figura 6 B.4), mencionado por el 35% de todos los entrevistados (41% de la comunidad, 50% de las ONG, 21% del gobierno). Como dijo un líder de la comunidad: *"Económicamente [el proyecto es exitoso] porque hay trabajo. La gente trabajaba ganando su salario mínimo, como incentivo"* (Líder comunitario).

Se sabe que los incentivos y los beneficios **socioeconómicos** son importantes para el éxito de la restauración (Ota et al., 2020). En los Andes, se ha sugerido el desarrollo de infraestructura de salud, la mejora de la nutrición y la educación, como bases para la participación de una comunidad en la restauración (Pinos, 2020). En nuestro estudio, casi todos los proyectos proporcionaron beneficios, como el desarrollo comunitario, la mejora de la agricultura, medios de vida alternativos o pagos monetarios directos a la economía comunitaria, como lo destacó un líder comunitario: "La ONG no solo ayudó con la reforestación, sino también con el trabajo artesanal, los paneles solares y los invernaderos" (líder comunitario).

3.4 IMPACTOS DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN EN LOS MEDIOS DE VIDA DE LA COMUNIDAD

Los proyectos de restauración forestal tuvieron numerosos impactos positivos y negativos percibidos para las comunidades (Tabla Suplementaria 1). Los impactos positivos fueron mencionados por el 100% de los entrevistados.

3.4.1 IMPACTOS POSITIVOS

A lo largo de los proyectos, se generaron una multitud de impactos positivos directos e indirectos para las comunidades, en gran medida correspondientes a la Ruta 2 (impactos en los medios de vida, el bienestar y la resiliencia) y Ruta 3 (Impactos indirectos en los medios de vida y funciones ecosistémicas mejoradas) del marco de resultados de la Restauración del Paisaje Forestal de Erbaugh y Oldekop (2018). Los beneficios económicos directos (mencionados por el 60% de todos los entrevistados, el 68% de la comunidad, el 92% de las ONG, el 57% del gobierno) incluyeron el pago a los trabajadores por su trabajo y contribuciones a un fondo comunitario para actividades como la provisión de plántulas (Tabla complementaria 1), que proporciona un mecanismo de implementación basado en incentivos (Erbaugh y Oldekop, 2018).

Dichos pagos fueron prominentes en el proyecto de ECOAN en Vilcanota, donde 12 de los 13 entrevistados mencionaron el impacto en los medios de vida de los pagos directos proporcionados por la ONG a cambio de que las comunidades cultiven plántulas: "No solo eso, ECOAN nos da un pago por ayudar con la siembra, también cuando hacemos plantas nosotros mismos en el vivero comunal que ECOAN nos las compra, los ingresos y las plantas son para nosotros" (Líder de la comunidad). Los proyectos liderados por el gobierno hicieron hincapié en la creación de empleos: "[Un beneficio era] Proporcionar mano de obra masiva a las comunidades, porque los miembros de la comunidad casi nunca han tenido un trabajo. [...] Fue una contribución sustancial a la parte social y económica del proyecto, más allá de la parte ambiental". (Actor gubernamental). Los pagos variaron desde propinas (9,25 \$/día en Challabamba) hasta salarios diarios ajustados localmente (18,5 \$/día en Machu Picchu).

El 77% de los entrevistados mencionó los beneficios económicos indirectos, que se acumulan a largo plazo y con frecuencia en todos los grupos de interés (70% de la comunidad, 100% de las ONG, 79% del gobierno). Entre ellas, la creación de medios de vida alternativos como el turismo, la artesanía o la piscicultura, que son ejemplos de mecanismos clave para crear resiliencia comunitaria en proyectos de restauración del paisaje forestal (Erbaugh y Oldekop, 2018). La organización ejecutora también brindó apoyo indirecto mediante el ofrecimiento de herramientas y materiales para la agricultura y la infraestructura, semillas para pastos, agricultura y combustible para cocinar (gas o madera de plantaciones de eucalipto) (Cuadro complementario 2). En las áreas protegidas donde las familias de agricultores tenían antiguos derechos sobre la tierra, los ganaderos participaron en la restauración a cambio de utilizar las tierras de pastoreo de propiedad estatal dentro de las áreas protegidas. Como se mencionó anteriormente, los recursos hídricos restaurados también fueron un importante

beneficio indirecto del ecosistema citado, con un impacto percibido en la producción agrícola y la sostenibilidad, como se muestra en las iniciativas comunitarias de restauración forestal de los Andes ecuatorianos (Wilson et al., 2019).

El beneficio no económico más notable fue el desarrollo de capacidades y la educación de la comunidad (91% de los miembros de la comunidad, 67% de los miembros de las ONG, 50% de los miembros gubernamentales) (Cuadro complementario 2). Un actor de una ONG describe lo siguiente: *"Acabamos de comenzar el taller sobre prevención de incendios forestales. Este domingo 18 vamos a [hacer una capacitación sobre] el manejo del riego por aspersión y luego vendrán a capacitarse en turismo, capacitarse en nutrición con sus propios productos para mejorar la seguridad alimentaria"* (ONG). En menor medida, los proyectos también involucraron a niños en edad escolar y aumentaron la conciencia ambiental de la comunidad. Los actores de las ONG destacaron especialmente la mejora de la gobernanza comunitaria y el aumento de la identidad y el orgullo comunitario (25% de los miembros de las ONG).

3.4.2 IMPACTOS NEGATIVOS

Si bien el 17% de todos los entrevistados no reportó ningún impacto negativo, algunos de los principales impactos negativos mencionados incluyeron los costos de oportunidad para la agricultura y la ganadería (29% de todos los entrevistados, 36% de la comunidad, 50% de las ONG, 29% del gobierno): *"Las personas alrededor de la reforestación se sintieron incómodas diciendo que están cercando el camino de mis animales, pero luego se dieron cuenta y ahora ya no dicen nada"* (Líder comunitario). Los problemas con los costos de oportunidad son comunes en los proyectos de restauración en los trópicos y los beneficios e incentivos derivados de los proyectos de restauración deben compensar los ingresos perdidos, especialmente en áreas donde la reforestación desplaza los usos intensivos de la tierra agrícola (Ota et al., 2020). En nuestro caso, hubo costos de oportunidad para madera en los bosques recién protegidos: *"Antes talaban indiscriminadamente en todas partes porque era el único bosque. La ONG llega allí y nos dice que no cortemos más, mejor le damos leña {eucalipto} a cada familia 100 rajas. Si la ONG no hubiera intervenido, en este momento la montaña ya estaría desnuda"* (Líder comunitario).

3.5 MODELOS DE GOBERNANZA DE RESTAURACIÓN PARA LOGRAR BENEFICIOS COMUNITARIOS Y LA SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO.

Identificamos tres modelos de gobernanza de proyectos basados en la forma en que las comunidades participaron y fueron compensadas: el "modelo de pago", el "modelo mixto" y el "modelo de desarrollo de capacidades" (Figura 7). La diferenciación de estos modos de gobernanza se realizó cualitativamente utilizando las motivaciones de la restauración, la clasificación del éxito y las barreras y los tipos de impactos en los medios de vida. Nuestra tipología se alinea parcialmente con la tipología de tres clases creada para proyectos de restauración en América Latina y el Caribe (Coppus et al., 2019).

El "**modelo de pago**", utilizado a menudo por las instituciones gubernamentales, paga directamente a los participantes (Figura 7 A - ver Independencia y Áncash) por el trabajo contractual o proporciona otros beneficios económicos directos. En los sitios de "modelo de pago", los miembros de la comunidad estaban más motivados por razones económicas instrumentales con menos deseo intrínseco de restaurar: *"Somos 310 en la comunidad en total. Y hemos participado porque el dinero nos ayudó"* (Miembro de la comunidad). Aunque las comunidades a menudo buscaban beneficios a corto plazo, los proyectos con un "enfoque de pago puro" pueden no generar beneficios sociales y de capacidad a largo plazo más allá de la plantación técnica y pueden no infundir un deseo intrínseco en

las comunidades de restaurar, como se encontró anteriormente en Ecuador (Wilson y Coomes, 2019). Investigaciones anteriores sobre enfoques basados en el mercado han encontrado que los pagos directos solo proporcionan incentivos durante la duración del pago, con el riesgo de una acción destructiva una vez que cesan los pagos (Wilson y Cagalan, 2016). En una comunidad, los miembros no entendían claramente cómo la restauración podría beneficiar al agua o a la biodiversidad. En cambio, comentaron que hacían la restauración porque se les había dicho de arriba: *"Más bien los actores del gobierno, nos dijeron que debíamos reforestar queñua"* (Miembro de la comunidad).

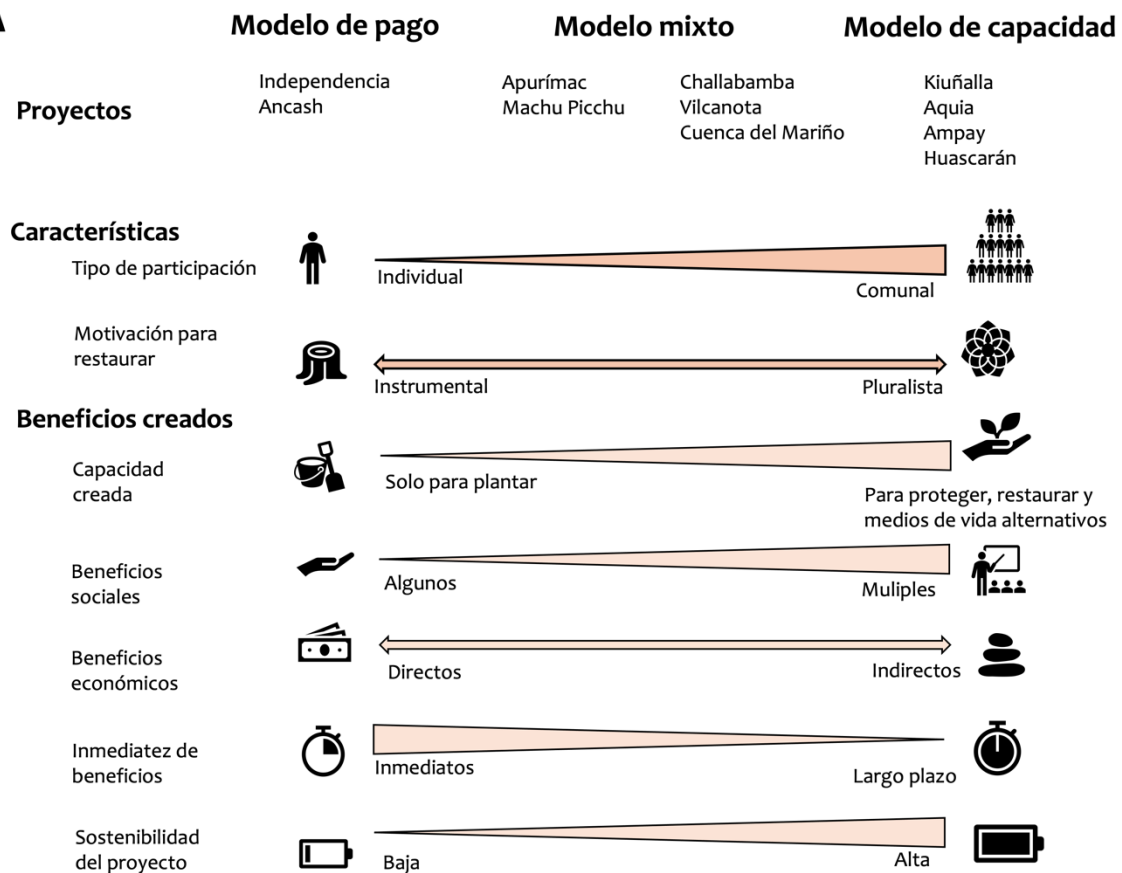
El **"modelo de capacidad"** (Figura 7 A) involucra activamente a grupos comunitarios enteros como agentes de cambio, genera múltiples beneficios sociales y crea beneficios económicos indirectos destinados a sobrevivir a las escalas de tiempo del proyecto (Figura 7 B - Aquia y Kiuñalla, Ampay y Huascarán). El "modelo de capacidad" promueve la mejora de las prácticas agrícolas y las actividades de subsistencia alternativas (por ejemplo, mediante la siembra de pastos de mayor productividad, mejores razas de ganado, producción de valor añadido), en consonancia con muchas de las diez reglas de oro para la restauración centrada en las personas (Regla 2: participación activa de las comunidades como agentes de cambio, Regla 6: generación de múltiples beneficios, incluidos los beneficios sociales) (Elias et al., 2021). Los ejecutores proporcionan recursos materiales para mejorar la gestión de la tierra (herramientas, cercas, infraestructura de riego) y los hogares (cocinas de gas, leña de eucalipto). Este modelo integra la educación ambiental y el desarrollo de capacidades a largo plazo para promover la longevidad del proyecto mediante la creación de una apreciación de los servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques andinos (Durand y Sevillano, 2017). El estudio de caso de Aquia ejemplifica este modelo, ya que los miembros de la comunidad recibieron un conjunto de beneficios para sus medios de subsistencia y tuvieron un alto grado de conciencia ambiental y apreciación del proyecto, incluso 13 años después de su finalización (Recuadro suplementario 2). En algunas áreas protegidas por el gobierno, las personas se dedicaron a la restauración en retribución por los derechos de pastoreo y se describieron como bien organizadas y conscientes del medio ambiente: *"en estos últimos [se ve] que los usuarios están organizados y por estar dentro de la unidad de conservación, creo que también asumen responsabilidades y aportan."* (actor gubernamental).

El **"modelo mixto"** (Figura 7 A) utiliza aspectos tanto del modelo de pago como del modelo de capacidad, lo que proporciona beneficios económicos y no económicos para los medios de subsistencia en plazos más cortos y largos, como en Vilcanota, Challabamba, Cuenca del Mariño, Machu Picchu y Apurímac (Figura 7 B). En Vilcanota, los incentivos financieros permanentes significaban que los miembros de la comunidad querían trabajar permanentemente con la ONG: *"con eso [dinero] ya tenemos por lo menos algún centavo para la canasta familiar, por esas razones no queremos que se retire ECOAN."* (líder comunitario). Esta financiación a largo plazo es uno de los principales determinantes de la longevidad de la restauración en los trópicos (Nerfa et al., 2021). En Challabamba, a los miembros de la comunidad, en particular a las mujeres, se les paga individualmente para que trabajen en el invernadero, pero los árboles se plantan durante las jornadas de trabajo comunal "faenas", sin remuneración. La ONG también impartió talleres basados en las necesidades de la comunidad y ayudó a mejorar la infraestructura de riego (Recuadro Suplementario 2). En Cuenca del Mariño, los beneficios de capacidad se combinaron con pagos por servicios ecosistémicos proporcionados por la empresa local de agua. Este modelo de beneficio combinado, cuando se implementa de manera que beneficie a los grupos marginados, puede ayudar a proporcionar una distribución equitativa de los costos, riesgos y beneficios de la restauración (Elias et al., 2021).

Descubrimos que los incentivos económicos puramente directos y un enfoque de gobernanza de arriba hacia abajo (como el que se proporciona en algunos de los sitios del "modelo de pago") no siempre eran los más eficaces para motivar la restauración. Más bien, los proyectos que ofrecían beneficios sociales y no económicos tangibles (es decir, los sitios del "modelo de capacidad" y del "modelo mixto") fomentaron un deseo intrínseco de las comunidades locales de restaurar los bosques y produjeron un mayor apoyo local para la restauración, el éxito de la restauración holística, la longevidad y una mayor participación de la comunidad, lo que se sumó a un creciente cuerpo de literatura sobre tipologías de proyectos de restauración (Coppus et al., 2019).

Nuestro estudio proporciona una visión de múltiples partes interesadas basada en 11 proyectos de restauración y una comparación detallada de 3 grupos principales de partes interesadas. No es exhaustivo, hay proyectos de restauración adicionales en todo el Perú que no se incluyen debido a barreras logísticas y de investigación. Es posible que persista cierto sesgo de ubicación debido a un enfoque en los sitios de la parte central de los Andes. Sin embargo, nuestro estudio proporciona una visión general de las motivaciones de los actores en un conjunto diverso de proyectos de restauración de diversas escalas y modelos, con un gran énfasis en las preferencias y opiniones de la comunidad. Los estudios futuros podrían incluir una visión más centrada en los actores privados emergentes que como parte de los crecientes mercados de carbono, se están volviendo cada vez más prominentes y abren nuevas oportunidades para financiar la restauración.

A



B

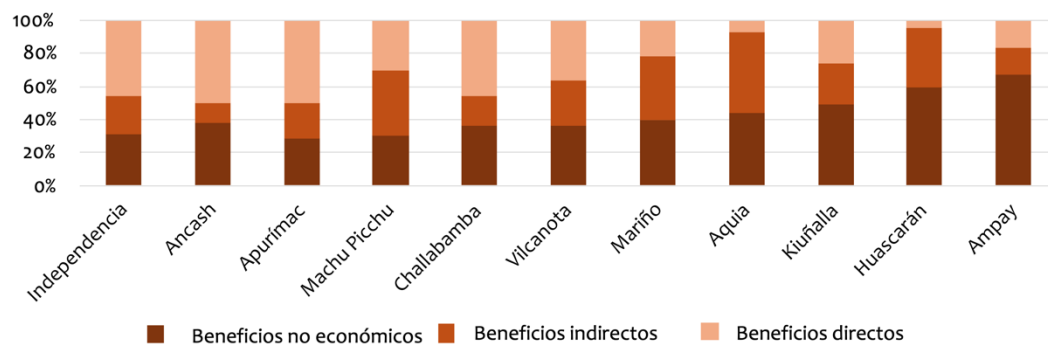


FIGURA 7: TRES MODELOS DE GOBERNANZA IDENTIFICADOS Y ASIGNADOS A CADA ÁREA DE ESTUDIO DE CASO. A) CLASIFICACIÓN DE LOS TRES MODELOS DE ACUERDO CON LAS CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO. LAS MOTIVACIONES PARA RESTAURAR SE CLASIFICAN DE ACUERDO CON EL MARCO DE LA IPBES. LAS MOTIVACIONES PLURALISTAS INCLUYEN UNA COMBINACIÓN DE MOTIVACIONES INTRÍNECAS, INSTRUMENTALES Y RELACIONALES B) TIPOS DE BENEFICIOS ENTRE LOS 11 SITIOS DEL PROYECTO, CLASIFICADOS COMO EN LA TABLA 3 Y ORDENADOS POR CANTIDAD DE ENCUESTADOS QUE MENCIONARON BENEFICIOS NO ECONÓMICOS.

4. CONCLUSIÓN

Nuestra investigación revela que las motivaciones que impulsan la restauración del Bosque Andino giran en torno a objetivos instrumentales, particularmente centrados en la provisión de agua y los beneficios directos, haciéndose eco de la teoría del "camino de la escasez de ecosistemas" (Wilson y Coomes, 2019). Se necesita un enfoque de restauración orientado a la comunidad y centrado en el agua para los bosques andinos, que asigne estratégicamente las intervenciones de restauración en el paisaje de montaña, optimice la provisión de servicios ecosistémicos, promueve la biodiversidad nativa y beneficie directamente a las comunidades locales. Debe diseñarse con una visión a largo plazo, para garantizar la longevidad y la provisión continua de servicios ecosistémicos.

Nuestro análisis subraya la importancia de considerar las condiciones socioeconómicas, de gobernanza, biofísicas y técnicas, para mejorar los resultados de la restauración, reconociendo su variabilidad de la importancia percibida entre los actores. Identificamos varios mecanismos socioeconómicos y de gobernanza prometedores para la restauración, incluidos los acuerdos de conservación comunitaria formalizados, los esquemas de pago por servicios ecosistémicos y la creación de medios de vida alternativos. La participación significativa de los interesados y la participación activa de las comunidades y los usuarios de la tierra, son indispensables y pueden fomentarse mediante alianzas estratégicas y una gobernanza policéntrica y horizontal centrada en un enfoque de creación de capacidades.

Dada la vasta diversidad socioeconómica y ecológica de los Andes y la dependencia de las personas de los ecosistemas boscosos y no boscosos, abogamos por una amplia gama de enfoques de restauración utilizando especies nativas. Un espectro de acciones restauradoras que se alinean con las motivaciones y beneficios clave identificados en este estudio incluirían: la conservación del bosque nativo, la restauración con especies nativas, la agroforestería, los sistemas silvopastoriles, la conservación, la restauración de los pastizales de la Puna y algunos casos de restauración productiva para proporcionar fuentes alternativas de leña (Figura 8). De manera crucial, la identificación de sitios y métodos de restauración óptimos, debe incorporar un enfoque de paisaje que integre las prioridades de provisión de agua, conservación de la biodiversidad, mejora de los medios de vida e involucrar a las comunidades andinas desde el principio.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Tina Christmann - Conceptualización, Metodología, Investigación, Transcripción, Curación de datos, Análisis formal, Visualización, Redacción - Borrador original, Redacción - revisión y edición, Financiación.

Imma Oliveras Menor - Conceptualización, Metodología, Planificación y apoyo logístico, Redacción - Revisión y Edición, Supervisión – Líder.

Sarah Jane Wilson - Conceptualización, Metodología, Escritura - revisión y edición, supervisión.

Aida Cuni-Sanchez - Conceptualización, Metodología, Redacción - Revisión y Edición.

Yadvinder Malhi - Conceptualización, Redacción - Revisión y Edición, Supervisión.

Mayté López Aranda - Investigación, Transcripción, Curación de datos, Redacción - Revisión y Edición.

Isaías Cjuno Turpo - Investigación, Transcripción, Curación de datos, Redacción - Revisión y Edición.

Augusto Ramirez - Planificación y apoyo logístico, Redacción - revisión y edición.

Marlene Mamani - Planificación y apoyo logístico, Redacción - revisión y edición.

Vidal Rondán - Planificación y apoyo logístico, Redacción - revisión y edición.

Marco Arenas - Planificación y apoyo logístico, Redacción - revisión y edición.

Jorge Recharte - Redacción - Revisión y Edición.

Francisco Medina Castro - Planificación y apoyo logístico - Redacción - Revisión y edición.

Omar Amador Carrión Moreno - Planificación y apoyo logístico - Redacción - Revisión y edición.

Frida Blanca Gonzalez Cabello - Planificación y apoyo logístico - Redacción - Revisión y Edición.

Constantino Aucca Chutas - Planificación y apoyo logístico. – Redacción - revisión y edición

CONFLICTO DE INTERESES

La primera autora (Tina Christmann), los asesores (Imma Oliveras Menor, Yadvinder Malhi, Aida Cuni-Sanchez, Sarah Jane Wilson) e Isaías Cjuno Turpo no tienen conflicto de interés. Los otros autores (Mayté López Aranda, Augusto Ramírez, Marlene Mamani, Vidal Rondán, Marco Arenas, Jorge Recharte, Frida Blanca González Cabello, Constantino Aucca Chutas, Omar Amador Carrión Moreno, Francisco Medina Castro) estuvieron o están involucrados en instituciones que implementan la restauración forestal en los Andes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la ayuda de Walter Huaraca Huasco por ayudar con el alojamiento local y encontrar asistentes de investigación en Cusco y la ayuda de Florent Kaiser por establecer conexiones con asistentes de investigación en Lima. Agradecemos aún más el apoyo organizativo y la asesoría recibida de Mirella Gallardo y Florencia Zapata del Instituto de Montaña y de Roberto Kometter del Programa Bosques Andinos.

Agradecemos el apoyo con movilidad y visitas de campo de Adan Damián, Elías Damián y Jorge Luis Ballena (ECOAN), Luis Zavalla (Kiuñalla), Abrahan Córdoba (ACCA), Hernán Ibarra (CEDES) y Jorge Ramos (SERNANP). Agradecemos a los equipos del SERNANP Abancay, Machu Picchu y Huascarán por ayudarnos con las conexiones y la logística de viaje, las visitas de campo y por recibirnos en sus áreas protegidas. Agradecemos al equipo de SERFOR por su valioso apoyo, retroalimentación y conexiones a lo largo del proyecto. Agradecemos a Mark Hirons por sus consejos y sugerencias sobre las entrevistas y el encuadre del artículo.

La financiación fue proporcionada por una beca Sir Peter Elworthy para investigación ambiental, una beca de viaje de Worcester College y una beca de trabajo de campo doctoral de la Escuela de Geografía y Medio Ambiente.

DECLARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los datos se han subido a Dryad en el siguiente enlace: <https://doi.org/10.5061/dryad.tqjq2bw8m>

REFERENCIAS

- Aguiar, S., Mastrángelo, M. E., Brancalion, P. H. S., & Meli, P. (2021). Transformative governance for linking forest and landscape restoration to human well-being in Latin America. *Ecosystems and People*, 17(1), 523–538. <https://doi.org/10.1080/26395916.2021.1976838>
- Aguirre, N., Palomeque, X., Weber, M., Stimm, B., & Günter, S. (2011). Reforestation and natural succession as tools for restoration on abandoned pastures in the Andes of South Ecuador. In *Silviculture in the Tropics* (pp. 513–524). Springer.
- Aide, T. M., & Grau, H. R. (2004). Globalization, Migration, and Latin American Ecosystems. *Sciencemag*, September, 1915–1917.
- Aragón, S., Salinas, N., Nina-Quispe, A., Qquellon, V. H., Paucar, G. R., Huaman, W., Porroa, P. C., Olarte, J. C., Cruz, R., Muñiz, J. G., Yupayccana, C. S., Espinoza, T. E. B., Tito, R., Cosio, E. G., & Roman-Cuesta, R. M. (2021). Aboveground biomass in secondary montane forests in Peru: Slow carbon recovery in agroforestry legacies. *Global Ecology and Conservation*, 28(February), e01696. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01696>
- Arias, P. A., Garreaud, R., Poveda, G., Espinoza, J. C., Molina-Carpio, J., Masiokas, M., Viale, M., Scaff, L., & van Oevelen, P. J. (2021). Hydroclimate of the Andes Part II: Hydroclimate Variability and Sub-Continental Patterns. *Frontiers in Earth Science*, 8(February), 1–25. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.505467>
- Armenteras, D., Rodríguez, N., Retana, J., & Morales, M. (2011). Understanding deforestation in montane and lowland forests of the Colombian Andes. *Regional Environmental Change*, 11(3), 693–705. <https://doi.org/10.1007/s10113-010-0200-y>
- 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 and Development*, 25(3), 287–289. [https://doi.org/10.1659/0276-4741\(2005\)025\[0287:MOBALU\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1659/0276-4741(2005)025[0287:MOBALU]2.0.CO;2)
- Ayacucho, A. B. A.-. (n.d.). *Crianza de Agua*. <https://abaayacucho.org/crianza-del-agua>
- Baca, J. A. (2018). *Programa Bosques Manejados de la Región Apurímac – Sacha Tarpuy Sistematización de la experiencia*. <http://www.bosquesandinos.org/wp-content/uploads/2018/01/Apurimac-2-Bosques-Andinos-Final.pdf>
- Báez, S., Ambrose EcoPar, K., Hofstede Ecopar, E. R., & Sur, I. (2010). *Ecological and social bases for the restoration of a High Andean cloud forest: preliminary results and lessons from a case study in northern Ecuador*.
- Besseau, P., Graham, S. and Christophersen, T. (2018). RESTORING FORESTS AND LANDSCAPES : THE KEY TO A SUSTAINABLE FORESTS AND LANDSCAPES : Available from. *International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) on Behalf of the Global Partnership on Forest and Landscape Restoration (GPFLR)*. https://afr100.org/sites/default/files/GPFLR_FINAL_27Aug_o.pdf

- Birch, A. L., Stallard, R. F., Bush, S. A., & Barnard, H. R. (2021). The influence of land cover and storm magnitude on hydrologic flowpath activation and runoff generation in steep tropical catchments of central Panama. *Journal of Hydrology*, 596. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126138>
- Bonnesoeur, V., Locatelli, B., Guariguata, M. R., Ochoa-Tocachi, B. F., Vanacker, V., Mao, Z., Stokes, A., & Mathez-Stiefel, S. L. (2019). Impacts of forests and forestation on hydrological services in the Andes: A systematic review. In *Forest Ecology and Management* (Vol. 433, pp. 569–584). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.033>
- Bruijnzeel, L. A., Mulligan, M., & Scatena, F. N. (2011). Hydrometeorology of tropical montane cloud forests: Emerging patterns. In *Hydrological Processes* (Vol. 25, Issue 3). <https://doi.org/10.1002/hyp.7974>
- Bruijnzeel, L. A., Scatena, F. N., & Hamilton, L. S. (2011). Tropical montane cloud forests: Science for conservation and management. In *Tropical Montane Cloud Forests: Science for Conservation and Management*. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511778384>
- Cerrón Macha, J., del Castillo Ruiz, J. D., Thomas, E., Mathez-Stiefel, S.-L., Franco Chuaire, M., Mamani Cahuana, A., & Gonzalez Cabello, F. B. I. (2018). *Experiencias de Restauración en el Perú - Lecciones Aprendidas*.
- Christmann, T., & Oliveras Menor, I. (2021). A synthesis and future research directions for tropical mountain ecosystem restoration. *Scientific Reports*, 11(1), 1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03205-y>
- Coppus, R., Romijn, J. E., Méndez-Toribio, M., Murcia, C., Thomas, E., Guariguata, M. R., Herold, M., & Verchot, L. (2019). What is out there? A typology of land restoration projects in latin america and the caribbean. *Environmental Research Communications*, 1(4). <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab2102>
- Durand, B. F., & Sevillano, S. (2017). *Experiences of community rehabilitation with queñual (Polylepis sp.) in the Department of Ancash, Peru. August*.
- Elias, M., Kandel, M., Mansourian, S., Meinzen-Dick, R., Crossland, M., Joshi, D., Kariuki, J., Lee, L. C., McElwee, P., Sen, A., Sigman, E., Singh, R., Adamczyk, E. M., Addoah, T., Agaba, G., Alare, R. S., Anderson, W., Arulingam, I., Bellis, S. Kung V., ... Winowiecki, L. (2021). Ten people-centered rules for socially sustainable ecosystem restoration. *Restoration Ecology*, 30(4), 1–8. <https://doi.org/10.1111/rec.13574>
- Erbaugh, J. T., & Oldekop, J. A. (2018). Forest landscape restoration for livelihoods and well-being. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 32, 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.05.007>
- Evans, K., Meli, P., Zamora-Cristales, R., Schweizer, D., Méndez-Toribio, M., Gómez-Ruiz, P. A., & Guariguata, M. R. (2023). Drivers of success in collaborative monitoring in forest landscape restoration: an indicative assessment from Latin America. *Restoration Ecology*, 31(4).
- Fjeldså, J., Kessler, M., Engblom, G., & Driesch, P. (1996). *Conserving the biological diversity of Polylepis woodlands of the highland of Peru and Bolivia : a contribution to sustainable natural resource management in the Andes*.

- Fonseca Martel, C., & Mayer, E. (1978). Sistemas agrarios y ecología en la cuenca del río Cañete. *Debates En Antropología*, 2, 25–51.
- Giráldez, L., Silva, Y., Zubieta, R., & Sulca, J. (2020). Change of the rainfall seasonality over central peruvian andes: Onset, end, duration and its relationship with large-scale atmospheric circulation. *Climate*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/cli8020023>
- Guariguata, M. R. (2005). Restoring tropical montane forests. In *Forest Restoration in Landscapes: Beyond Planting Trees*. https://doi.org/10.1007/0-387-29112-1_43
- Guariguata, M. R., Arce, J., Ammour, T., & Capella, J. L. (2017). *Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus social y perspectivas a futuro*. https://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-169.pdf
- Hartman, B. D., & Cleveland, D. A. (2018). The socioeconomic factors that facilitate or constrain restoration management: Watershed rehabilitation and wet meadow (bofedal) restoration in the Bolivian Andes. *Journal of Environmental Management*, 209, 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.025>
- Holl, K. D., Loik, M. E., Lin, E. H. V., & Samuels, I. A. (2000). Tropical montane forest restoration in Costa Rica: Overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology*, 8(4), 339–349. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.2000.80049.x>
- IPBES. (n.d.). *Contrasting approaches to values and valuation | IPBES secretariat*. Retrieved January 6, 2023, from <https://ipbes.net/contrasting-approaches-values-valuation>
- Joseph, L., Cano, R. M. Y., Arizapana-Almonacid, M., Pyles, M. V., de Siqueira, F. F., & van den Berg, E. D. (2021). Socioeconomic conditions and landowners' perception affect the intention to restore polylepis forests in the central andes of peru. *Forests*, 12(2), 1–15. <https://doi.org/10.3390/f12020118>
- Le, H. D., Smith, C., & Herbohn, J. (2014). What drives the success of reforestation projects in tropical developing countries? The case of the Philippines. *Global Environmental Change*, 24(1), 334–348. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.09.010>
- Lebel, L., Anderies, J. M., Campbell, B., Folke, C., Hatfield-Dodds, S., Hughes, T. P., Wilson, J., Lebel, L., Anderies, J. M., Campbell, B., Folke, C., Hatfield-Dodds, S., Hughes, T. P., & Wilson, J. (2006). Governance and the Capacity to Manage Resilience in Regional Social-Ecological Systems. *Ecology & Society*.
- Lippok, D., Beck, S. G., Renison, D., Gallegos, S. C., Saavedra, F. V., Hensen, I., & Schleuning, M. (2013). Forest recovery of areas deforested by fire increases with elevation in the tropical Andes. *Forest Ecology and Management*, 295, 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.01.011>
- Löfqvist, S., Kleinschroth, F., Bey, A., de Bremond, A., DeFries, R., Dong, J., Fleischman, F., Lele, S., Martin, D. A., Messerli, P., Meyfroidt, P., Pfeifer, M., Rakotonarivo, S. O., Ramankutty, N., Ramprasad, V., Rana, P., Rhemtulla, J. M., Ryan, C. M., Vieira, I. C. G., ... Garrett, R. D. (2022). How Social Considerations Improve the Equity and Effectiveness of Ecosystem Restoration. *BioScience*. <https://doi.org/10.1093/biosci/biac099>
- Malizia, A., Blundo, C., Carilla, J., Acosta, O. O., Cuesta, F., Duque, A., Aguirre, N., Aguirre, Z., Ataroff, M., Baez, S., Calderón-Loor, M., Cayola, L., Cayuela, L., Ceballos, S., Cedillo, H., Ríos, W. F.,

- Feeley, K. J., Fuentes, A. F., Gámez Álvarez, L. E., ... Young, K. R. (2020). Elevation and latitude drives structure and tree species composition in Andean forests: Results from a large-scale plot network. *PLoS ONE*, 15(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231553>
- Mansourian, S. (2024). *Disciplines, Sectors, Motivations and Power Relations in Forest Landscape Restoration*. 39(June 2021), 16–26.
- Manta, M. I., & et. al. (2018). Evaluation of wildfire danger in the Peruvian Andes: first step for its reduction and adaptation. In *Advances in forest fire research 2018* (pp. 44–56). Imprensa da Universidade de Coimbra. https://doi.org/10.14195/978-989-26-16-506_4
- Mathez-Stiefel, S. L., Peralvo, M., Báez, S., Rist, S., Buytaert, W., Cuesta, F., Fadrique, B., Feeley, K. J., Groth, A. A. P., Homeier, J., Llambí, L. D., Locatelli, B., Sandoval, M. F. L., Malizia, A., & Young, K. R. (2017). Research Priorities for the Conservation and Sustainable Governance of Andean Forest Landscapes. *Mountain Research and Development*, 37(3), 323–339. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-16-00093.1>
- MIDAGRI. (n.d.). *El proceso de reforma agraria*. <https://www.midagri.gob.pe/portal/objetivos/70-marco-legal/titulacion-agraria-en-el-peru/413-el-proceso-de-reforma-agraria>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. In *World Health*. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.003>
- Mindreau, M., & Zúñiga, C. (2010). *Manual de Forestería Comunitaria de Alta Montaña*. 55.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal*.
- Montalvo, J., Minga, D., Verdugo, A., López, J., Guazhambo, D., Pacheco, D., Siddons, D., Crespo, A., & Zárate, E. (2018). Características morfológico-funcionales, diversidad arbórea, tasa de crecimiento y de secuestro de carbono en especies y ecosistemas de Polylepis del sur de Ecuador. *Ecología Austral*, 28.
- Moreno-Casasola, P. (2022). The Challenge of Participatory Restoration in Rural Areas. *Botanical Sciences*, 100, S218–S244. <https://doi.org/10.17129/botsci.3149>
- Motschmann, A., Huggel, C., Muñoz, R., & Thür, A. (2020). Towards integrated assessments of water risks in deglaciating mountain areas: water scarcity and GLOF risk in the Peruvian Andes. *Geoenvironmental Disasters*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40677-020-00159-7>
- Murcia, C., Guariguata, M. R., Peralvo, M., & Gálmez, V. (2017). La restauración de bosques andinos tropicales: Avances, desafíos y perspectivas del futuro. In *La restauración de bosques andinos tropicales: Avances, desafíos y perspectivas del futuro*. Documentos Ocasionales 170. Bogor, Indonesia: CIFOR. <https://doi.org/10.17528/cifor/006524>
- Nerfa, L., Wilson, S. J., Reid, J. L., & Rhemtulla, J. M. (2021). Practitioner views on the determinants of tropical forest restoration longevity. *Restoration Ecology*, 29(3). <https://doi.org/10.1111/rec.13345>
- Ogden, F. L., Crouch, T. D., Stallard, R. F., & Hall, J. S. (2013). Effect of land cover and use on dry season river runoff, runoff efficiency, and peak storm runoff in the seasonal tropics of Central Panama. *Water Resources Research*, 49(12), 8443–8462. <https://doi.org/10.1002/2013WR013956>

- Oliver, V., Oliveras, I., Kala, J., Lever, R., & Teh, Y. A. (2017). The effects of burning and grazing on soil carbon dynamics in managed Peruvian tropical montane grasslands. *Biogeosciences Discussions*, 14, 5633–5646. <https://doi.org/10.5194/bg-2017-113>
- Oliveras, I., Anderson, L. O., & Malhi, Y. (2014). Application of remote sensing to understanding fire regimes and biomass burning emissions of the tropical Andes. *Global Biogeochemical Cycles*, 28, 480–496. <https://doi.org/10.1002/2013GB004664>.Received
- Oliveras, I., Girardin, C., Doughty, C. E., Cahuana, N., Arenas, C. E., Oliver, V., Huaraca Huasco, W., & Malhi, Y. (2014). Andean grasslands are as productive as tropical cloud forests. *Environmental Research Letters*, 9(11). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/11/115011>
- Oliveras, I., Malhi, Y., Salinas, N., Huaman, V., Urquiaga-Flores, E., Kala-Mamani, J., Quintano-Loaiza, J. A., Cuba-Torres, I., Lizarraga-Morales, N., & Román-Cuesta, R. M. (2014). Changes in forest structure and composition after fire in tropical montane cloud forests near the Andean treeline. *Plant Ecology and Diversity*, 7(1–2), 329–340. <https://doi.org/10.1080/17550874.2013.816800>
- Ota, L., Chazdon, R. L., Herbohn, J., Gregorio, N., Mukul, S. A., & Wilson, S. J. (2020). Achieving quality forest and landscape restoration in the tropics. *Forests*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/f11080820>
- Pinos, J. (2020). Challenges and conservation implications of Polylepis woodlands in the Andean region: Defining actions for sustainable management. *Hacquetia*, 19(2), 143–153. <https://doi.org/10.2478/hacq-2020-0001>
- Programa Bosques Andinos. (2021). *Nuestros bosques andinos. Construyendo bienestar y sostenibilidad en comunidad*.
- Quispe-Melgar, H. R., Sevillano-Ríos, C. S., Navarro Romo, W. C., Ames-Martínez, F. N., Camel, V., Fjeldså, J., & Kessler, M. (2020). The Central Andes of Peru: a key area for the conservation of Polylepis forest biodiversity. *Journal of Ornithology*, 161(1), 217–228. <https://doi.org/10.1007/s10336-019-01703-5>
- Reyes-García, V., Fernández-Llamazares, Á., McElwee, P., Molnár, Z., Öllerer, K., Wilson, S. J., & Brondizio, E. S. (2019). The contributions of Indigenous Peoples and local communities to ecological restoration. In *Restoration Ecology* (Vol. 27, Issue 1, pp. 3–8). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/rec.12894>
- Robinson, J. M., Gellie, N., MacCarthy, D., Mills, J. G., O'Donnell, K., & Redvers, N. (2021). Traditional ecological knowledge in restoration ecology: a call to listen deeply, to engage with, and respect Indigenous voices. *Restoration Ecology*, 29(4). <https://doi.org/10.1111/rec.13381>
- Robinson, J. M., Harrison, P. A., Mavoa, S., & Breed, M. F. (2022). Existing and emerging uses of drones in restoration ecology. *Methods in Ecology and Evolution*, 13(9), 1899–1911. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13912>
- Rolando, J. L., Turin, C., Ramírez, D. A., Mares, V., Monerris, J., & Quiroz, R. (2017). Key ecosystem services and ecological intensification of agriculture in the tropical high-Andean Puna as affected by land-use and climate changes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 236, 221–233. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.010>

- Román-Cuesta, R. M., Salinas, N., Asbjornsen, H., Oliveras, I., Huaman, V., Gutiérrez, Y., Puellas, L., Kala, J., Yabar, D., Rojas, M., Astete, R., Jordán, D. Y., Silman, M., Mosandl, R., Weber, M., Stimm, B., Günter, S., Knoke, T., & Malhi, Y. (2011). Implications of fires on carbon budgets in Andean cloud montane forest: The importance of peat soils and tree resprouting. *Forest Ecology and Management*, 261(11), 1987–1997. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.02.025>
- Rosa, J. C. S., Morrison-Saunders, A., Hughes, M., & Sánchez, L. E. (2020). Planning mine restoration through ecosystem services to enhance community engagement and deliver social benefits. *Restoration Ecology*, 28(4), 937–946. <https://doi.org/10.1111/rec.13162>
- Stanturf, J. A., Palik, B. J., Williams, M. I., Dumroese, R. K., & Madsen, P. (2014). Forest Restoration Paradigms. *Journal of Sustainable Forestry*, 33(SUP1). <https://doi.org/10.1080/10549811.2014.884004>
- Strassburg, B. B. N., Iribarrem, A., & Beyer, H. L. (2020). *Global priority areas for ecosystem restoration*. August 2019. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2784-9>
- Valencia, B. G., Bush, M. B., Coe, A. L., Orren, E., & Gosling, W. D. (2018). Polylepis woodland dynamics during the last 20,000 years. *Journal of Biogeography*, 45(5), 1019–1030. <https://doi.org/10.1111/jbi.13209>
- Vásquez, E., Ladd, B., & Borchard, N. (2014). Carbon storage in a high-altitude Polylepis woodland in the Peruvian Andes. *Alpine Botany*, 124(1), 71–75. <https://doi.org/10.1007/s00035-014-0126-y>
- Wesche, K., Cierjacks, A., Assefa, Y., Wagner, S., Fetene, M., & Hensen, I. (2008). Recruitment of trees at tropical alpine treelines: Erica in Africa versus Polylepis in South America. *Plant Ecology and Diversity*, 1(1), 35–46. <https://doi.org/10.1080/17550870802262166>
- Wiegant, D., & Guariguata, M. R. (2023). Cross-scale interdependencies require attention in forest restoration. *Restoration Ecology*, 31(8), 1–5. <https://doi.org/10.1111/rec.13980>
- Wilson, S. J., & Cagalan, D. (2016). Governing restoration: Strategies, adaptations and innovations for tomorrow's forest landscapes. *World Development Perspectives*, 4(2016), 11–15. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2016.11.015>
- Wilson, S. J., & Coomes, O. T. (2019). 'Crisis restoration' in post-frontier tropical environments: Replanting cloud forests in the Ecuadorian Andes. *Journal of Rural Studies*, 67, 152–165. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.02.023>
- Wilson, S. J., Coomes, O. T., & Dallaire, C. O. (2019). The 'ecosystem service scarcity path' to forest recovery: a local forest transition in the Ecuadorian Andes. *Regional Environmental Change*, 19(8), 2437–2451. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01544-1>
- Zimmer, A., Beach, T., Klein, J. A., & Recharte Bullard, J. (2022). The need for stewardship of lands exposed by deglaciation from climate change. In *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* (Vol. 13, Issue 2). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/wcc.753>

REFERENCIAS SUPLEMENTALES

Baiker, J. (2011). Guía ecoturística: Mancomunidad Saywite-Choquequirao-Ampay (Apurímac, Perú). Con especial referencia a la identificación de fauna, flora, hongos y líquenes en el departamento de Apurímac y sitios adyacentes en el departamento de Cusco. Serie de Investigación y Sistematización N.º 15. Programa Regional ECOBONA - INTERCOOPERATION. Lima.

PDF: https://www.dropbox.com/scl/fi/c6poglnmjn55bdlv649td/Baiker_2011.pdf?rlkey=e5nvwaixvpdlyszvkd79f33bb&e=2&dl=0