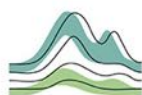


ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ANDES:

Vacíos y prioridades para la gestión del conocimiento



ADAPTACIÓN EN
LAS ALTURAS



BOSQUES ANDINOS ES UN PROGRAMA DE:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Confederación Suiza

Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE

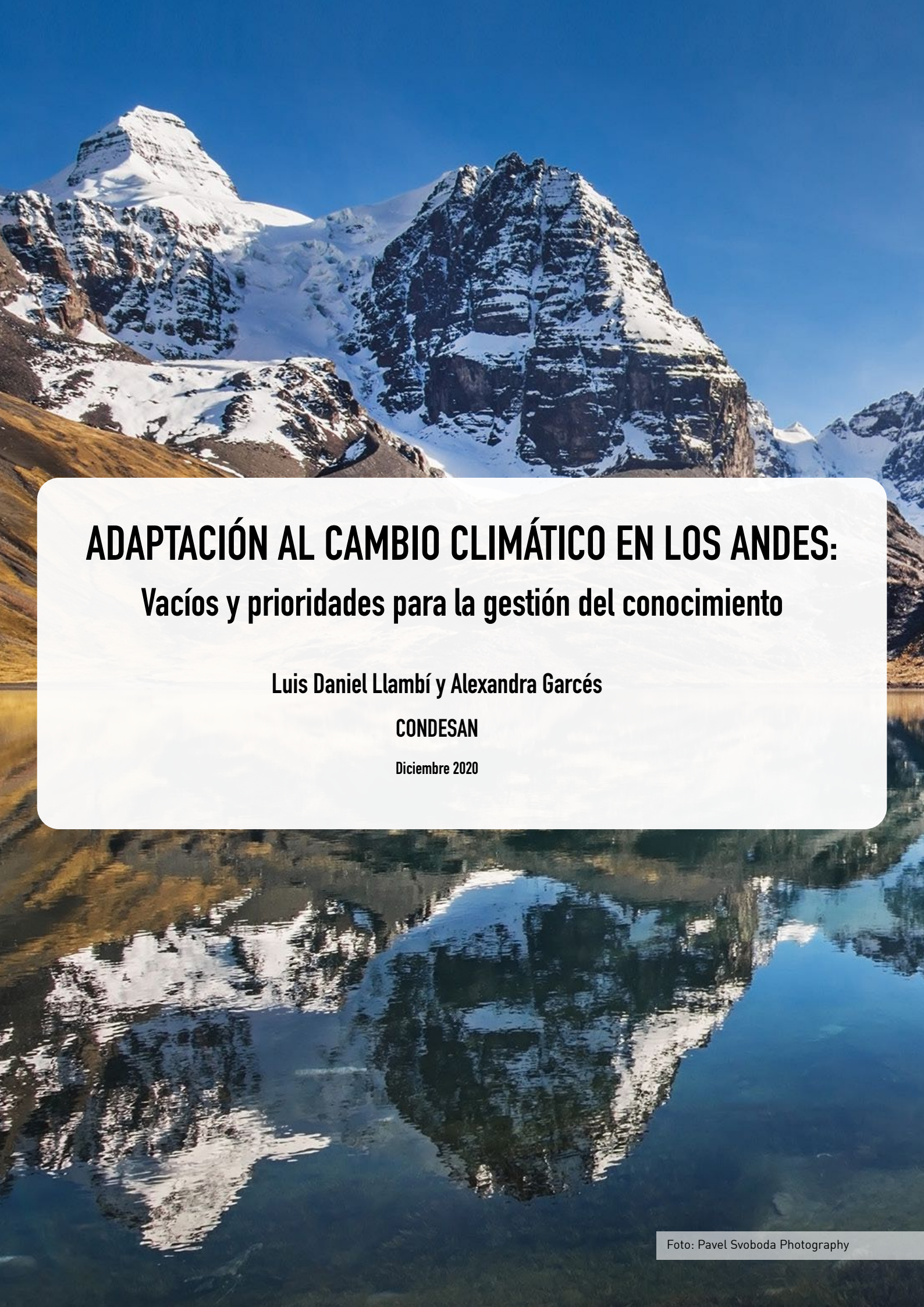
FACILITADO Y ASESORADO POR:



HELVETAS
PERU



CONDESAN
Consejo para el Desarrollo Sostenible
de la Ecorregión Andina



ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ANDES:

Vacíos y prioridades para la gestión del conocimiento

Luis Daniel Llambí y Alexandra Garcés

CONDESAN

Diciembre 2020

**CONSORCIO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE
DE LA ECORREGIÓN ANDINA – CONDESAN**

condesan@condesan.org

www.condesan.org

Facebook: @CONDESANandes

Oficinas Lima, Perú
Las Codornices 253
Surquillo
Tel +516189400

Oficina Quito, Ecuador
Germán Alemán E12-123 y
Carlos Arroyo del Río
Tel +593 2 2248491

© CONDESAN, 2021

Esta publicación ha sido realizada con el apoyo del Adaptación en las Alturas y el Programa Bosques Andinos.

El Programa Adaptación en las Alturas (Adaptación al Cambio Climático en Montañas) es una iniciativa financiada por COSUDE, que se implementa en 4 zonas montañosas del mundo: Himalayas, Cáucaso, África del Este y Andes. Busca aumentar la resiliencia y la capacidad de adaptación al cambio climático de comunidades de montaña y los ecosistemas, mejorando el conocimiento y su transferencia a través de plataformas de diálogo ciencia-política para informar la toma de decisiones en procesos nacionales, regionales y globales. CONDESAN es el socio implementador del Programa en los Andes.

El Programa Bosques Andinos es una iniciativa implementada en los países andinos, que forma parte del Programa Global de Cambio Climático y Medio Ambiente de la Cooperación Suiza COSUDE, y es facilitado por el consorcio Helvetas Perú – CONDESAN.

Citar el documento de la siguiente forma:

Llambí, L.D. & Garcés, A. 2021. Adaptación al cambio climático en los Andes: Vacíos y prioridades para la gestión del conocimiento. CONDESAN. Quito-Ecuador.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente del CONDESAN. Este documento puede ser citado o reproducido sin costo siempre que la fuente sea reconocida.

Fotografía de portada: Edú Naranjo

Diseño gráfico: Isa Espinoza

Tabla de contenido

Resumen Ejecutivo	6	Brechas en el Conocimiento y la Gestión para la Adaptación al Cambio Climático en Los Andes	23
Introducción	8		
Metodología de trabajo	10		
1.1. Definición del marco político y conceptual general	10	5.1. Vacíos en la base de conocimientos: impactos y vulnerabilidad al cambio climático.	23
1.2. Revisión del marco de políticas de adaptación en los Andes	10		
1.3. Revisión del estado del conocimiento en los Andes	10	5.2. Vacíos de conocimientos para el diseño e implementación de estrategias y políticas de adaptación	35
1.4. Revisión de agendas de investigación y análisis de vacíos	11		
1.5. Análisis de proyectos emblemáticos en los Andes	11	Conclusiones: vacíos y oportunidades para la gestión del conocimiento	50
1.6. Consulta a actores claves	11		
Marco Conceptual y de Políticas	12	Bibliografía consultada	52
		Anexos	59
La Adaptación en Las Montañas y en Los Andes: especificidades y políticas	20		

Agradecimientos

El presente documento ha sido generado en el marco del Programa Adaptación en las Alturas (A@A) implementado por CONDESAN y el Programa Bosques Andinos (PBA) facilitado por el consorcio Helvetas Perú – CONDESAN, ambos financiados por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).

Agradecemos el apoyo y los aportes de Manuel Peralvo y María Arguello para el desarrollo de este estudio de síntesis, de Geovanna Lasso y María Teresa Becerra por su revisión crítica de los textos y de Isabel Espinoza y Ana Carolina Benítez por sus contribuciones para la diagramación y difusión.

También queremos agradecer la contribución de Robert Hofstede y María Teresa Becerra, cuyos trabajos de síntesis en la temática y sus sugerencias de literatura resultaron claves. Finalmente, a los puntos focales y técnicos de la Iniciativa Andina de Montañas, tomadores de decisión, expertos y coordinadores de proyectos consultados a través de entrevistas y la encuesta electrónica, que enriquecieron enormemente el documento a partir de sus conocimientos y amplia experiencia.

Resumen Ejecutivo

La adaptación al cambio climático (ACC) se ha convertido en un tema prioritario en la agenda científica y de gestión en torno a la relación entre el desarrollo sostenible y el cambio climático (CC) a nivel global y en los Andes. Sin embargo, esta es una temática muy amplia y no existe un análisis actualizado de las necesidades de conocimiento en torno a la adaptación al CC en los Andes, que permita la identificación de áreas prioritarias de trabajo para enfrentar los retos más urgentes impuestos por el cambio ambiental global. Así, el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina (CONDESAN) en el marco del Programa de Adaptación en las Alturas y el Programa de Bosques Andinos (financiados por la Agencia de Cooperación Suiza para el Desarrollo, COSUDE), se propuso realizar un análisis de los vacíos de conocimiento y las prioridades de trabajo en torno a la adaptación al CC en los Andes, como un insumo para orientar los esfuerzos de gestión del conocimiento en esta temática, y un aporte para orientar los procesos de toma de decisiones, así como los programas de implementación de medidas de adaptación en la región.

El análisis se basó en una revisión exhaustiva de la literatura científica, análisis previos de brechas de conocimiento y agendas de investigación disponibles a nivel global y en los Andes y en un proceso de consulta a más de 40 expertos y tomadores de decisión (con énfasis en actores vinculados a la Iniciativa Andina de Montañas). El documento presenta en primer lugar una revisión del marco político y conceptual en relación con la ACC, incluyendo una revisión de la evolución de esta temática a nivel global y en los Andes. A continuación se presenta una síntesis del estado del conocimiento y los vacíos identificados en torno a: 1) la base de conocimiento del CC, vulnerabilidad e impactos en los socio-ecosistemas Andinos; y 2) los vacíos de conocimiento para el diseño e implementación de estrategias y políticas de adaptación. Dada la amplia gama de temas vinculados, sub-dividimos el análisis en las siguientes áreas de trabajo: políticas públicas y marco institucional; recursos hídricos y glaciares; adaptación basada en ecosistemas; sistemas productivos; aspectos socio-económicos, culturales y de salud; y otros sectores (energía, industria, infraestructura).

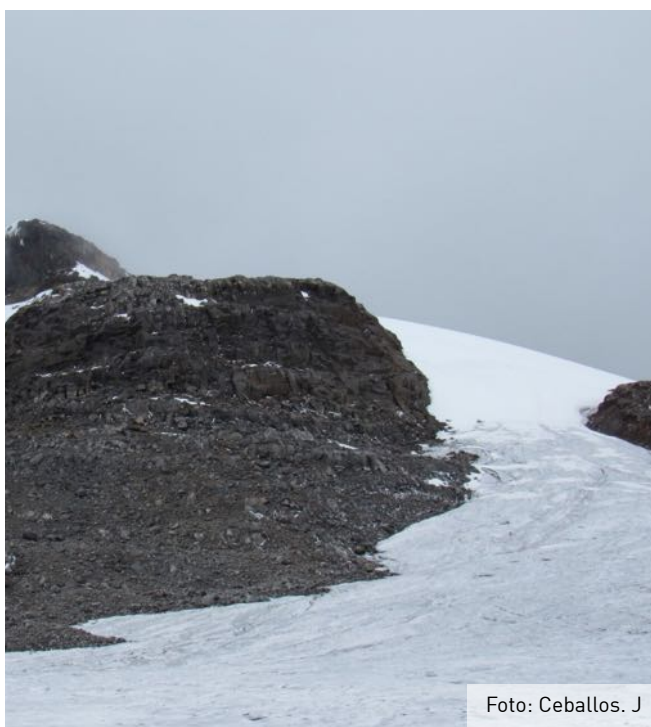


Foto: Ceballos. J

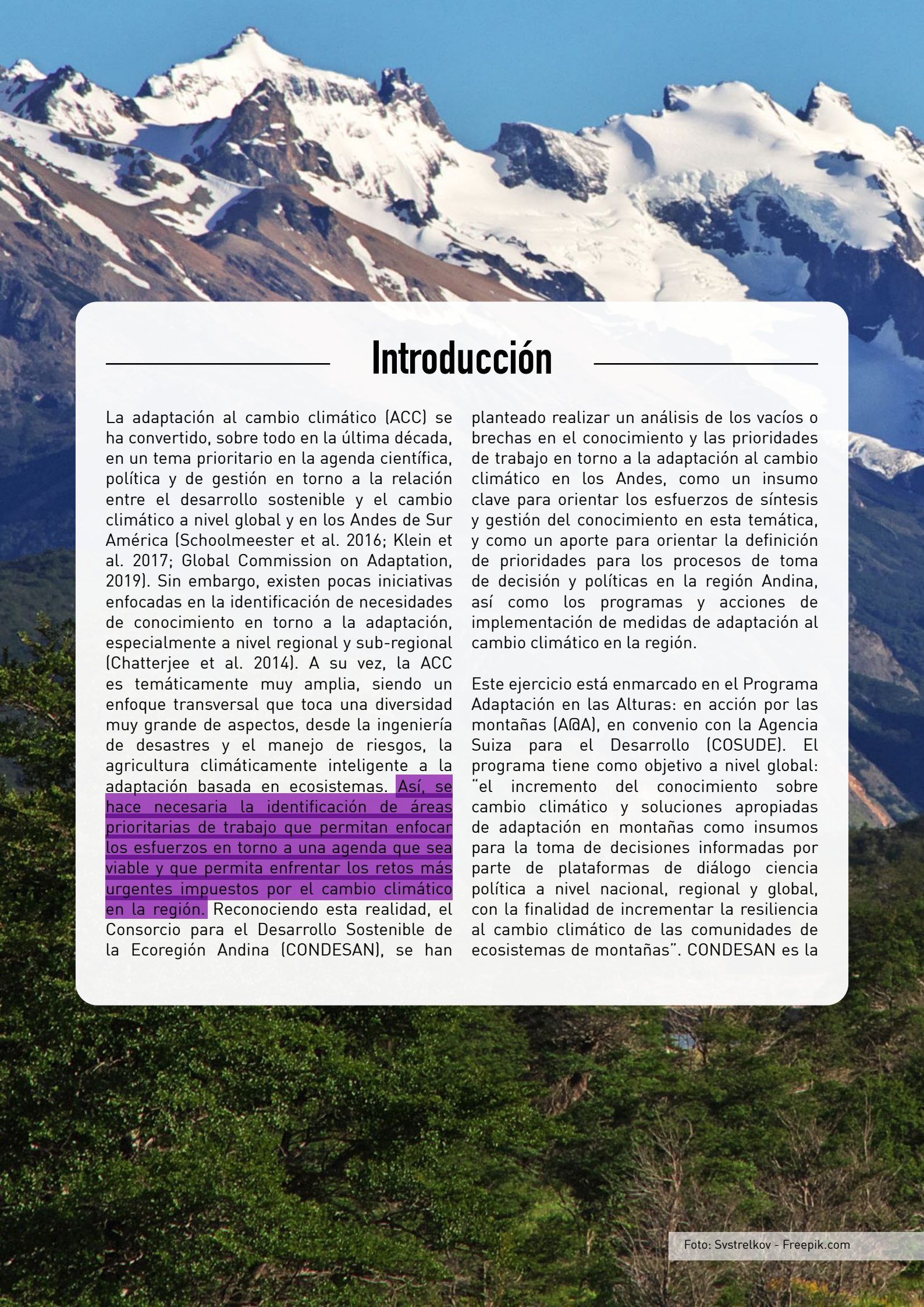


Foto: Ceballos. J



Los resultados del estudio mostraron una gran coincidencia entre el análisis derivado de la revisión de la literatura y las visiones de los expertos y tomadores de decisión consultados. Existe un amplio acuerdo en que a pesar de los avances significativos en la última década, continúan existiendo vacíos importantes en nuestro conocimiento base de los patrones espacio-temporales del clima y los impactos ecológicos y sociales del cambio climático en los Andes. Otro vacío clave enfatizado tiene que ver con la necesidad de herramientas consensuadas y experiencias de monitoreo y evaluación sistemáticas de las estrategias de adaptación al CC implementadas en la región. Desde el punto de vista temático, se identificó la necesidad de promover una visión más integral o multi-sectorial de las estrategias de adaptación, en particular en torno a las sinergias y contradicciones en la gestión de los recursos hídricos, los sistemas productivos Andinos y la adaptación basada en ecosistemas. A su vez, se enfatizó la necesidad de contar con un análisis integrado y una visión

síntesis comparativa de los impactos sobre el funcionamiento y servicios ecosistémicos de diferentes estrategias de uso del suelo, de restauración y de manejo de los ecosistemas en los Andes en escenarios de CC. A su vez, aunque existe un creciente reconocimiento del valor de las prácticas tradicionales locales como estrategias de adaptación al CC, se plantea la necesidad de analizar cómo aportan estos sistemas de conocimiento Andinos a reducir la vulnerabilidad de las comunidades, especialmente las más pobres o aisladas, y cómo los contextos de gobernanza a diferentes escalas influyen la participación social, adopción efectiva y el éxito de procesos de adaptación. Finalmente, se evidenció la necesidad de continuar promoviendo un diálogo más efectivo entre la ciencia y la política en la región, de modo de garantizar que las estrategias de adaptación respondan de manera más explícita a la evidencia científica disponible sobre el impacto del cambio climático en los socio-ecosistemas Andinos y su resiliencia en escenarios de cambio ambiental.



Introducción

La adaptación al cambio climático (ACC) se ha convertido, sobre todo en la última década, en un tema prioritario en la agenda científica, política y de gestión en torno a la relación entre el desarrollo sostenible y el cambio climático a nivel global y en los Andes de Sur América (Schoolmeester et al. 2016; Klein et al. 2017; Global Commission on Adaptation, 2019). Sin embargo, existen pocas iniciativas enfocadas en la identificación de necesidades de conocimiento en torno a la adaptación, especialmente a nivel regional y sub-regional (Chatterjee et al. 2014). A su vez, la ACC es temáticamente muy amplia, siendo un enfoque transversal que toca una diversidad muy grande de aspectos, desde la ingeniería de desastres y el manejo de riesgos, la agricultura climáticamente inteligente a la adaptación basada en ecosistemas. Así, se hace necesaria la identificación de áreas prioritarias de trabajo que permitan enfocar los esfuerzos en torno a una agenda que sea viable y que permita enfrentar los retos más urgentes impuestos por el cambio climático en la región. Reconociendo esta realidad, el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina (CONDESAN), se han

planteado realizar un análisis de los vacíos o brechas en el conocimiento y las prioridades de trabajo en torno a la adaptación al cambio climático en los Andes, como un insumo clave para orientar los esfuerzos de síntesis y gestión del conocimiento en esta temática, y como un aporte para orientar la definición de prioridades para los procesos de toma de decisión y políticas en la región Andina, así como los programas y acciones de implementación de medidas de adaptación al cambio climático en la región.

Este ejercicio está enmarcado en el Programa Adaptación en las Alturas: en acción por las montañas (A@A), en convenio con la Agencia Suiza para el Desarrollo (COSUDE). El programa tiene como objetivo a nivel global: “el incremento del conocimiento sobre cambio climático y soluciones apropiadas de adaptación en montañas como insumos para la toma de decisiones informadas por parte de plataformas de diálogo ciencia política a nivel nacional, regional y global, con la finalidad de incrementar la resiliencia al cambio climático de las comunidades de ecosistemas de montañas”. CONDESAN es la



agencia responsable para la implementación del Resultado 2 de este programa para la región de los Andes, que propone que “la adaptación al cambio climático de montaña se integre en los procesos de planificación y política de los organismos / marcos / plataformas / iniciativas regionales como resultado del fortalecimiento de las plataformas de diálogo entre ciencia y política”. A su vez, este análisis de vacíos de conocimiento y prioridades se realiza en asocio con el Programa de Bosques Andinos (PBA, en su 2da Fase), financiado por COSUDE, y que tiene como objetivo general “contribuir a mejorar las capacidades de adaptación y mitigación frente al cambio climático mediante la consolidación y escalamiento de políticas prácticas, herramientas e incentivos exitosos en los Andes relevantes al manejo sostenible de los bosques andinos”.

El objetivo de este documento es identificar los principales vacíos de conocimiento sobre los diferentes aspectos vinculados a la adaptación al cambio climático en la región, incluyendo el análisis de los impactos del CC en los ecosistemas y sociedades Andinas, así como la gestión del conocimiento para orientar estrategias de implementación de medidas de adaptación al CC. Para cumplir este objetivo nos planteamos integrar una lectura derivada de la revisión de la literatura y agendas de investigación disponibles sobre el tema a nivel global y de los Andes, la experiencia acumulada por el CONDESAN y otras instituciones de la región en torno a la ACC y la visión de actores clave en los Andes incluyendo tomadores de decisión, expertos en el tema y actores involucrados en la implementación de proyectos y soluciones de adaptación.

El documento está estructurado de la siguiente manera. En primer lugar, presentamos la metodología de trabajo utilizada para la identificación de vacíos y temas prioritarios de conocimiento en torno a la ACC en los Andes. En segundo lugar, se presenta una revisión del marco político y conceptual general en relación con la ACC, incluyendo una breve revisión de la evolución de esta temática en el marco de las políticas y estrategias internacionales de cambio climático, así como los principales conceptos involucrados y principios orientadores generales a tener en cuenta. En tercer lugar se presenta una síntesis del estado del conocimiento y los vacíos y temas prioritarios identificados a partir de la revisión de la literatura disponible y la visión de los actores consultados, organizados en torno al:

1. Base de conocimiento del CC, vulnerabilidad e impactos en los socio-ecosistemas Andinos; y
2. Conocimientos para la identificación, el diseño, implementación y monitoreo de estrategias y políticas de adaptación al CC.

Dada la amplia gama de temas vinculados con la implementación de estrategias de ACC, sub-dividimos esta sección en las siguientes áreas temáticas: políticas públicas y marco institucional; recursos hídricos y glaciares; adaptación basada en ecosistemas (biodiversidad y servicios ecosistémicos); sistemas productivos (agricultura y ganadería); aspectos socio-económicos, culturales y de salud; y otros sectores (energía, industria, infraestructura). Finalmente, presentamos las conclusiones y recomendaciones, enfatizando los principales productos de gestión del conocimiento que pudieran desarrollarse a la luz de las brechas de conocimiento y prioridades de trabajo identificadas.

Metodología de trabajo

El enfoque de este ejercicio es la identificación de vacíos de conocimiento entendidos como brechas en nuestra comprensión de los impactos, exposición y vulnerabilidad de los socio-ecosistemas al cambio climático, así como limitaciones o barreras para la implementación y adopción de estrategias efectivas o soluciones de adaptación (ver Klein et al. 2014, Hofstede 2019). En este contexto, partimos de la perspectiva en torno a los vacíos de conocimiento del primer reporte de Brechas para la Adaptación del PNUMA (Chatterjee et al. 2014) que propone tres tipos de vacíos de conocimiento: 1) vacíos en la base actual de conocimiento; 2) falta de integración de las diferentes áreas de conocimiento; y 3) una limitada transferencia y adopción de este conocimiento a los actores claves incluidos los tomadores de decisiones.

A su vez, nos planteamos analizar, de los vacíos en el conocimiento identificados, aquellos que pueden considerarse prioritarios en el contexto de la región, en términos de la urgencia en la atención de las principales vulnerabilidades de los ecosistemas y sociedades andinas. A su vez, consideramos como un criterio adicional para establecer estos temas prioritarios, la agenda temática definida en el espacio de las interrelaciones entre los ecosistemas y su diversidad, las sociedades Andinas, sus sistemas/paisajes productivos y modos de vida, y los servicios ecosistémicos, siendo este el espacio del trabajo más directamente relacionado con el ámbito de acción del Programa de Adaptación al Cambio Climático en Montañas y a la misionalidad y experiencia institucional de CONDESAN y sus socios en la región. Así, en el presente ejercicio integramos múltiples fuentes de información, siguiendo los siguientes pasos:

1.1. Definición del marco político y conceptual general

Se revisaron los marcos conceptuales, antecedentes y evolución de las visiones en torno a la ACC, tomando como punto de partida los enfoques de diferentes agencias y acuerdos internacionales vinculados con esta temática (CMNUCC, IPCC, CDB, PNUD, PNUMA,

UICN y Banco Mundial) así como revisiones conceptuales sobre el tema, especialmente las síntesis de prioridades de investigación en torno a la adaptación derivadas de encuentros y entrevistas a expertos e investigadores de Adaptation Futures (Klein et al. 2017) y el World Adaptation Science Programme (WASP, Hofstede 2019).

1.2. Revisión del marco de políticas de adaptación en los Andes

Se analizaron los temas clave identificados por el Plan de Acción para el Desarrollo Sostenible de las Montañas Andinas (Plan de Tucumán, 2007) y la "Agenda Estratégica sobre Adaptación al Cambio Climático en las Montañas de los Andes" (2018), así como los antecedentes clave de trabajo e integración regional en torno al cambio climático promovidos en espacios como la Comunidad Andina (ver revisiones en Maldonado et al. 2012; Bustamante et al. 2012; Schoolmeester et al. 2016; Barcena et al. 2020).

1.3. Revisión del estado del conocimiento en los Andes

Para contar con una visión general del estado del conocimiento sobre el cambio climático y la adaptación en los Andes se revisaron publicaciones y meta-análisis amplios disponibles sobre la temática, incluyendo los generados por SCOPE y el Instituto Interamericano de Investigación en Cambio Global (Herzog et al. 2011), el CONDESAN en el marco de la iniciativa Panorama Andino sobre Cambio Climático (Cuesta et al. 2012), el IPCC en el marco del 5to Reporte de Estado y Tendencias para Sur y Centro América (Magrin et al. 2014), el PNUMA en el marco de la Mountain Adaptation Outlook Series (Schoolmeester et al. 2016), y la CEPAL en su análisis de los impactos del CC y las estrategias de adaptación en América Latina y el Caribe (Barcena et al. 2020), entre otras. A su vez, se revisaron publicaciones claves recientes para contar con información más actualizada en algunos temas donde se han generado avances importantes en el conocimiento en los últimos diez años (p. ej. clima y dinámica glaciar, monitoreo de la respuesta de la vegetación al cambio climático en el marco de la red GLORIA-Andes y Red de Bosques Andinos, etc.).

1.4. Revisión de agendas de investigación y análisis de vacíos

Se revisaron las propuestas de agendas de investigación sobre el cambio global en las montañas generadas en el marco del programa Global Change in Mountain Regions Research Strategy (GLOCHAMORE, 2006), la serie de Conferencias de Perth convocadas por la Mountain Research Initiative y otras instituciones (Gleeson et al. 2016) y el plan de trabajo de la red global de monitoreo GEO-GNOME (Adler et al. 2018). A su vez, revisamos las agendas de investigación generadas por el Programa Bosques Andinos (Mathez-Stiefel et al. 2017), la Agenda de Investigación de Alta Montaña del Instituto Alexander von Humboldt (Avella 2019) y la Propuesta para el Monitoreo Integrado de los Ecosistemas de Alta Montaña de Colombia (IDEAM et al. 2019; Llambí et al. 2019). Finalmente, el análisis de vacíos de conocimiento para la adaptación en los Andes promovido por la Global Adaptation Network (GAN, Becerra 2015) constituyó un insumo clave, al estar basado en un amplio proceso de consulta con tomadores de decisión y expertos en la región (ver también el análisis de Huggel et al. 2015 y el de Barcena et al. 2020).

1.5. Análisis de proyectos emblemáticos en los Andes

Se realizó un primer análisis de las áreas temáticas prioritarias de trabajo, los principales productos de síntesis de conocimiento generados y las lecciones aprendidas de proyectos en los últimos años relacionados con la temática de la adaptación al cambio climático en los Andes, adelantados por CONDESAN y otras instituciones (e.g. PBA, EcoAndes, AICCA, Proyecto Páramo Andino, Proyecto Comunidades del Páramo, etc.). Algunas revisiones clave en este sentido son las que realizaron Bustamante et al. (2012), Magrin et al. (2014), Huggel et al. (2015), Schoolmeester et al. (2016), Becerra (2017) y Barcena et al. 2020.

1.6. Consulta a actores claves

Finalmente, para explorar la visión sobre las prioridades temáticas y vacíos de conocimiento sobre la ACC de tomadores de decisión, expertos en la temática y actores involucrados en la implementación de acciones de adaptación en la región, realizamos una encuesta electrónica y entrevistas abiertas (ver Anexos). La encuesta electrónica fue difundida a un grupo de 100 personas y se tuvieron un total de 44 respuestas,

de las cuales 25 correspondían a investigadores, 11 implementadores de Proyectos de Adaptación y 8 tomadores de decisión en la temática de cambio climático en los Andes (ver Anexo 1).

La encuesta estuvo dividida en cuatro secciones, la primera y segunda orientadas en conocer datos específicos de los entrevistados y sus temas de trabajo, la tercera sección enfocada en la identificación de vacíos de conocimiento y los temas prioritarios de intervención en los Andes, y la cuarta sección destinada a la recopilación de información de proyectos de adaptación al cambio climático relevantes. En el presente documento nos enfocamos en las respuestas obtenidas de la sección tres, vinculada con la identificación de los vacíos de conocimiento de sobre los impactos del cambio climático y las acciones de respuesta enfocadas en la adaptación al cambio climático.

A continuación presentamos las preguntas analizadas y la secuencia que hemos seguido para la presentación de los resultados.

1. Preguntas sobre las brechas de conocimiento sobre los impactos del cambio climático en diferentes temáticas:

“En su criterio, ¿cuáles son las principales brechas o vacíos de conocimiento en cada una de las siguientes temáticas en torno al cambio climático?”

- a. Investigación/evidencia científica sobre impactos del cambio climático en los Andes
- b. Vulnerabilidad de los socio-ecosistemas en los Andes
- c. Adaptación de sistemas productivos y pecuarios Andinos
- d. Adaptación basada en ecosistemas

2. Preguntas sobre los vacíos de conocimiento para la acción en torno a la adaptación al cambio climático:

- a. Principales brechas de conocimiento base para la implementación de proyectos de adaptación
- b. Temas prioritarios de trabajo en la implementación de soluciones de adaptación
- c. Prioridades de inversión de recursos humanos y financieros en adaptación
- d. Herramientas o metodologías en cuanto a su prioridad para la implementación de proyectos de adaptación al cambio climático en los Andes

Marco Conceptual y de Políticas

Evolución del marco político relacionado con la adaptación al cambio climático

Desde su firma en 1992 y ratificación en 1994, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) reconoce la necesidad de generar estrategias no solo de mitigación del cambio climático, sino también de respuesta frente a sus efectos a través de la implementación de medidas de adaptación. Sin embargo, en el marco político de la CMNUCC y otros organismos internacionales se puede observar un proceso de evolución que enfatiza en la importancia de analizar los impactos del cambio climático, analizar los riesgos y vulnerabilidades resultantes, y promover y evaluar soluciones prácticas de adaptación (Bustamante et al. 2012; Magrin et al. 2014; Chong 2014; Huggel et al. 2015; Klein et al. 2017). Podemos observar esta evolución en los énfasis y enfoques en el trabajo de la CMNUCC y las Conferencias de las Partes (COPs, ver Maldonado et al. 2012; y www.unfccc.int) A continuación se listan las principales decisiones que reflejan el proceso evolutivo del marco político relacionado con la adaptación al CC:

- Observación de impactos, evaluación de riesgos y vulnerabilidades, mitigación y reducción de emisiones (COP2 Ginebra 1996, Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático; COP3, Protocolo de Kioto, acuerdos sobre mitigación de emisiones y Mecanismos de Desarrollo Limpio).
- Planificación de estrategias de adaptación e implementación de pilotos. Vínculo entre la adaptación y el contexto de desarrollo de los países (COP7, Marrakesh 2001).
- Síntesis del conocimiento y primeras

lecciones aprendidas en adaptación (COP11 2005, Programa de Trabajo de Nairobi).

- Énfasis en la implementación y escalamiento de medidas de adaptación y mitigación. Incentivos y políticas para reducción de emisiones derivadas de la deforestación y degradación de bosques en países en desarrollo, y programas REDD y REDD+ (COP13 2007, Plan de Acción de Bali).
- Fortalecimiento del marco institucional para la adaptación (COP16, Marco de Adaptación de Cancún y Acuerdo de París del 2015, impulso a los Planes Nacionales de Adaptación, PNAs).

Este mismo proceso se refleja en la evolución de la investigación y la generación de conocimiento en torno al cambio climático y la adaptación, que Klein et al. (2017) dividen en cuatro etapas:

- **Etapla descriptiva:** centrada en la medición y caracterización de impactos del CC (Primer y Segundo Reporte del IPCC y Comunicaciones Nacionales).
- **Etapla normativa:** enfocada en la necesidad de articular estrategias de adaptación, incluyendo la formulación de PNAs. A partir del 3er Reporte del IPCC se comienzan a enfatizar más la adaptación como un eje central de trabajo. Se definen conceptos clave en el contexto de la adaptación al CC como vulnerabilidad, capacidad adaptativa y resiliencia (p. ej. Smith et al. 1999).

- **Etapas de gobernanza:** caracterizada por abordar la adaptación al mismo nivel de prioridad que la mitigación. Énfasis temas hídricos, de producción agrícola y en el análisis de la gobernanza, financiamiento y evaluación de la transparencia de la adaptación (p. ej. Adaptation Watch 2015). Trabajo en la estimación de los costos de la adaptación promovido por instituciones como el Banco Mundial (p. ej. Banco Mundial 2010).

- **Etapas de Implementación:** determinada por la inclusión de medidas de adaptación en los Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CNDs). El 5to Reporte del IPCC (2014) define un marco conceptual más completo para el análisis y la implementación de la adaptación, su incorporación a la planificación nacional y la transformación hacia el desarrollo sostenible. La información sobre la eficacia en la implementación de soluciones de adaptación es todavía limitada, pero se hace cada vez más énfasis en contar con enfoques y datos para su evaluación a nivel local, regional y global.

Conceptos

Uno de los avances clave durante este proceso evolutivo ha sido la definición de un marco conceptual¹ que define los “riesgos” asociados al impacto del cambio climático, entendidos como el resultado de la combinación de “amenazas climáticas”, las cuales corresponden a eventos y tendencias perjudiciales o peligrosas como son los aumentos sostenidos de las temperaturas

¹ El marco conceptual más ampliamente utilizado a nivel global es el del IPCC (2014),

extremas, sequías, inundaciones, etc. Este marco conceptual hace énfasis en la relación entre los riesgos a los que están expuestos tanto los ecosistemas, como las sociedades humanas, y las respuestas de adaptación frente a estos, y reconoce las amenazas climáticas como el resultado de la variabilidad natural espacio-temporal de los sistemas climáticos y de las alteraciones antropogénicas que potencian los impactos del clima.

Por su parte, los impactos resultantes de las amenazas climáticas y el nivel de riesgo son determinados por el grado de exposición y la vulnerabilidad de los sistemas ambientales y sociales. Sin embargo, es interesante que ante la dificultad de documentar estos impactos y de atribuirlos al CC, en muchos casos (p. Ej. En Perú, Ecuador o Colombia), se interpreta el riesgo climático como una combinación de las amenazas climáticas, la exposición y la vulnerabilidad, sin considerar directamente los impactos resultantes.

En este marco, las medidas de adaptación deben estar orientadas a reducir la exposición y la vulnerabilidad de los sistemas ambientales y sociales, con los objetivos de (1) disminuir el riesgo de impactos negativos, (2) mejorar la capacidad adaptativa de los sistemas socio-ambientales, y (3) generar co-beneficios de adaptación y mitigación (IPCC 2014, Barcena et al. 2020, ver Figura 1). Por ejemplo, la restauración de humedales de alta montaña puede reducir la vulnerabilidad de los sistemas de ganadería de altura a las sequías y al mismo tiempo reducir o prevenir emisiones de gases de efecto invernadero producto de la degradación de los suelos orgánicos de los humedales.

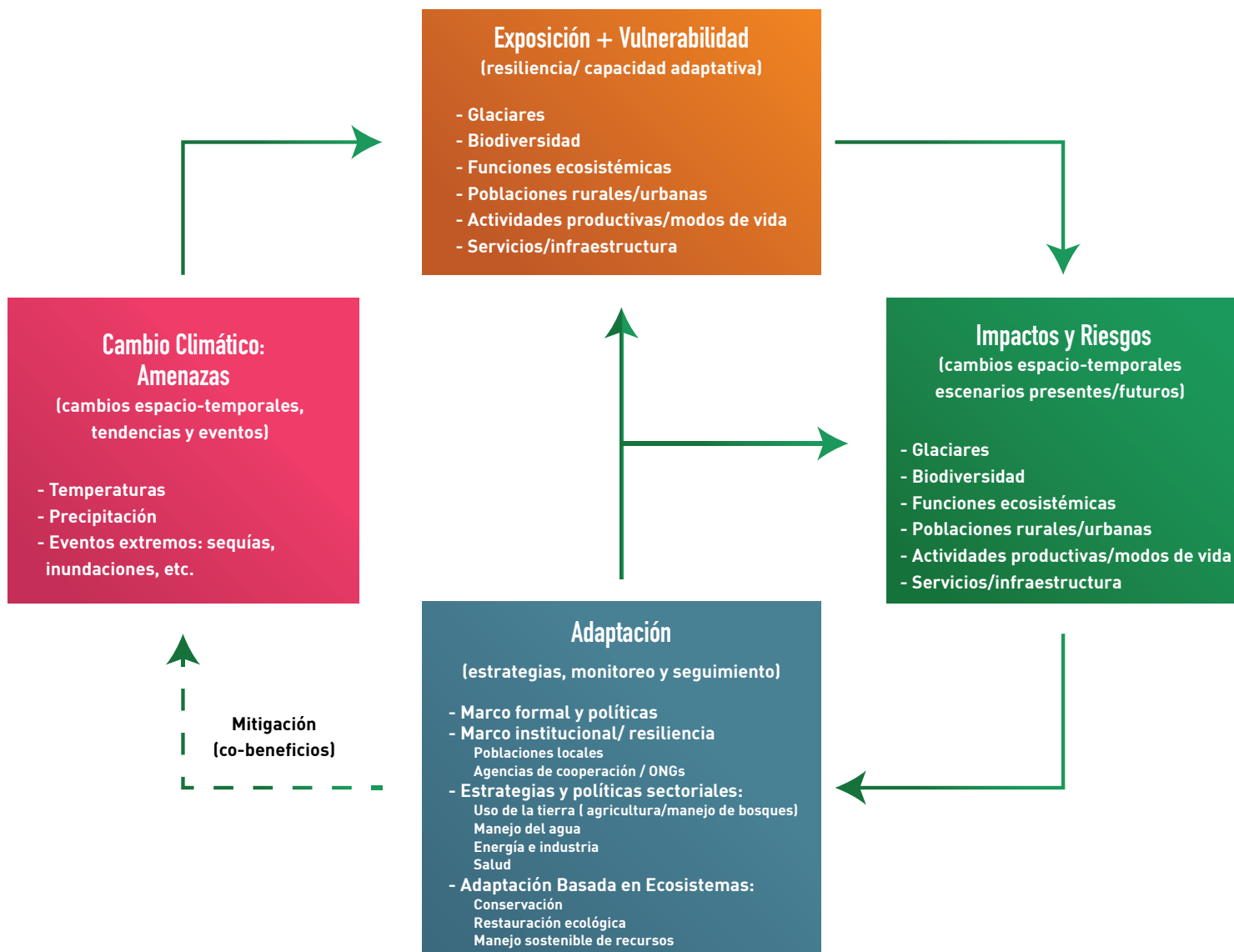


Figura 1. Principales conceptos asociados a la adaptación al cambio climático. Relaciones teóricas entre las amenazas generadas por el cambio climático, la vulnerabilidad / exposición de los sistemas socio-ambientales, los impactos / riesgos resultantes y las diferentes medidas de adaptación.

En la tabla 1 presentamos algunos de los conceptos clave vinculados con la adaptación al cambio climático, fundamentales para evaluar el estado actual del conocimiento en esta temática.

Tabla 1. Algunos conceptos clave y sus definiciones en el contexto de la literatura sobre la adaptación al cambio climático (adaptado del IPCC 2014; Barcena et al. 2020).

Adaptación	El proceso de ajuste al clima actual o esperado y sus efectos a través de la reducción de la exposición y la vulnerabilidad de los sistemas ambientales y sociales. En los sistemas humanos la adaptación busca moderar o evitar los impactos y aprovechar las oportunidades. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede mejorar su resistencia o resiliencia al cambio climático y sus impactos.
Amenaza	Eventos o tendencias físicas relacionadas con el clima que pueden causar daños, muertes u otros efectos sobre la salud así como daños y pérdidas de propiedades, infraestructura, modos de vida, provisión de servicios ecosistémicos o recursos naturales.
Exposición	Presencia de personas, sistemas productivos, capital social/cultural, infraestructura, especies o ecosistemas y sus servicios en lugares o contextos en que pueden ser afectados por el cambio climático.
Vulnerabilidad	Propensión o pre-disposición de un sistema ambiental o social a ser afectado adversamente por el cambio climático. La vulnerabilidad involucra una serie de conceptos incluyendo la sensibilidad y susceptibilidad a sufrir daños y la falta de resistencia, resiliencia y capacidad adaptativa.
Impacto	Efectos de eventos extremos y tendencias de cambio climático sobre los sistemas naturales o humanos. Los impactos son el resultado de la interacción de las amenazas producidas por eventos o tendencias climáticas adversas en un período de tiempo dado y la vulnerabilidad y exposición del sistema a frente a estas amenazas.
Riesgo	Los riesgos son la combinación de la probabilidad de ocurrencia de las amenazas y de sus impactos potenciales. El riesgo suele representarse como la probabilidad de ocurrencia de las amenazas (eventos o tendencias) multiplicado por el impacto negativo de estas. En el contexto del monitoreo de la adaptación también puede definirse como el producto de las amenazas climáticas, la exposición y la vulnerabilidad.
Resiliencia	Capacidad de un sistema social, económico o ambiental de enfrentar perturbaciones, eventos o tendencias climáticas adversas, respondiendo o reorganizándose de forma de mantener su identidad, estructura y funcionamiento y la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.
Transformación	Un cambio en los atributos fundamentales de los sistemas ambientales y sociales. En el contexto de la adaptación al CC, la transformación refleja el fortalecimiento y alineación de los paradigmas, metas y valores de la sociedad hacia la promoción de la adaptación para promover un desarrollo sostenible, enfatizando la reducción de la pobreza y la vulnerabilidad.

Diseño de estrategias de adaptación

La definición de medidas y estrategias de adaptación, se fundamenta en un enfoque de manejo adaptativo, entendido como un proceso cíclico de aprendizaje que en general involucra (ver Figura 2):

- **Definición de metas:** objetivos comunes, evaluación de vulnerabilidades y riesgos)
- **Definición de opciones:** soluciones alternativas y ajustes en el marco normativo institucional y organizativo.
- **Implementación de la estrategia de adaptación:** incluyendo el monitoreo y evaluación, el aprendizaje y la revisión de los objetivos.

Para la aplicación de un enfoque de manejo adaptativo en el contexto del CC, existen dos grandes aproximaciones: a) “de arriba hacia abajo” (top-down) basado en la generación de escenarios amplios de CC y vulnerabilidad como base de la planificación; y b) el “de abajo hacia arriba” (bottom-up) basado en análisis, generalmente participativos, de vulnerabilidad y capacidad adaptativa a nivel local. Sin embargo, varios autores han enfatizado la necesidad de una mayor integración de ambos enfoques (Bhave et al., 2014; Huggel et al. 2015).

En este contexto, una alternativa interesante es

el “co-manejo adaptativo”, en el que se promueve la integración de actores locales, tomadores de decisión e investigadores para la implementación y monitoreo de medidas y estrategias de adaptación al CC a través del ciclo del manejo adaptativo, pero con un enfoque de gestión y construcción colectiva del conocimiento (Olsson et al. 2004; Ariza et al. 2017).

La gestión efectiva de la información es la base del ciclo de aprendizaje que requiere la adaptación, de manera que el proceso en sí mismo contribuya a llenar vacíos de conocimiento fundamentales. Por ejemplo, se señala repetidamente en los proyectos de ACC la necesidad de partir de acuerdos sobre los objetivos de la adaptación que armonicen las visiones/percepciones de riesgo de los actores locales, los técnicos/investigadores y tomadores de decisión (Huggel et al. 2015; Ariza et al. 2017). Desde este punto de vista, la definición misma de efectividad o el éxito de la adaptación, en términos de su impacto sobre la capacidad adaptativa y resiliencia de los sistemas socio-ambientales es un aspecto que plantea retos metodológicos importantes no resueltos (Seddon et al. 2016; Dilling et al. 2019): ¿Adaptación de quién? ¿A qué factores de riesgo? ¿Quién define el éxito? ¿En qué marco temporal?



Figura 2. El ciclo de la adaptación al cambio climático bajo en enfoque de manejo adaptativo (modificado de Bustamante et al. 2012; IPCC 2014).



Foto: marktucan - iStockphoto.com

En cuanto a la definición de metas, el Acuerdo de París de 2015 estableció explícitamente la meta de “aumentar la capacidad adaptativa, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático, a modo de contribuir al desarrollo sostenible y asegurar una respuesta adaptativa adecuada en el contexto de las metas de mitigación del calentamiento”.

En esta misma línea, el PNUMA ha venido produciendo una serie de reportes sobre la Brecha de Adaptación (“Adaptation Gap Reports”) en los que se enfatiza la necesidad de establecer indicadores y métricas integradas, así como procedimientos, y metodologías que permitan evaluar el logro de las metas de adaptación en proyectos locales, regionales, y nacionales, que permitan reportar avances globales (PNUMA 2014, 2017; Hofstede 2019). En este contexto, esta aproximación del PNUMA plantea el desarrollo de evaluaciones quinquenales, a partir del 2023, para reportar los avances de adaptación a través de los llamados “global stocktake”, componente del Acuerdo de París enfocado en el monitoreo de su implementación y la evaluación del progreso colectivo hacia los logros acordados. A su vez, más de cuarenta países a nivel mundial están comenzando a definir metas concretas de adaptación e implementar o diseñar programas nacionales de monitoreo y evaluación de los avances y logros de los Planes Nacionales de Adaptación (e.g. Colombia, Chile, PNUMA 2017; Bárcena et al. 2020).

El diseño de estrategias de adaptación se conceptualiza en el creciente reconocimiento de los estrechos vínculos entre la vulnerabilidad, la capacidad adaptativa frente al CC, el desarrollo económico, la pobreza y la exclusión (p. ej. consideraciones de género, poblaciones indígenas), temas que reciben particular atención en el Acuerdo de París (2015) y que han sido particularmente enfatizados por el PNUD y el Banco Mundial a nivel global (p. ej. PNUD 2015, Banco Mundial 2017) y por la CEPAL, en el caso de América Latina (Bárcena et al. 2020). De hecho, el IPCC (2014) enfatiza la necesidad de ir desde las estrategias de reducción de la vulnerabilidad y exposición hacia objetivos más ambiciosos de transformación de las sociedades y la identificación de “trayectorias resilientes al clima” para un desarrollo sostenible.

En el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, se reconoce la necesidad de enfocar los esfuerzos de adaptación en los grupos sociales más vulnerables a través de acciones orientadas a fortalecer la resiliencia, reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad adaptativa de los grupos sociales más pobres frente al CC y los eventos extremos (metas 1.5 y 13.1, Wymann et al. 2018).

Esto ha estado asociado a un marcado énfasis en el desarrollo y conceptualización del enfoque de la “adaptación basada en comunidades”, que parte de la creciente evidencia acumulada de la



mayor efectividad de las estrategias de adaptación en las que se involucra explícitamente y desde las etapas iniciales a las poblaciones locales, los conocimientos tradicionales y las capacidades adaptativas de grupos sociales como las mujeres o de las comunidades indígenas (Reid 2016; Ariza et al. 2017; Hofstede 2019). Por ejemplo, el estudio comparativo de Striessnig et al. (2013), demuestra que de un rango de estrategias de adaptación, la capacitación a las mujeres en la comunidad fue la más efectiva en términos de reducción de la vulnerabilidad frente a desastres.

Por otro lado, el papel clave que cumplen los ecosistemas y la naturaleza en la capacidad adaptativa de las sociedades ha sido conceptualizado en las “soluciones basadas en la naturaleza” (SBN), entendidas acciones inspiradas en la naturaleza que ayudan a abordar desafíos sociales de forma efectiva y adaptada (Cohen-Shacham et al. 2016; Seddon et al. 2020). Las SBN constituyen un concepto paraguas que abarca varios enfoques relacionados con el manejo de ecosistemas en el contexto del CC, incluyendo la adaptación basada en ecosistemas (AbE), la mitigación basada en ecosistemas, la reducción del riesgo de desastres ecológicos y la infraestructura verde (Cohen-Shacham et al., 2016; Seddon et al., 2020). La aplicación de las SBN incluye tres categorías de acciones las cuales incluyen la protección, gestión sostenible y restauración de ecosistemas naturales o modificados (Cohen-Shacham et al. 2016), los cuales se fundamentan en características, procesos y servicios que proveen sistemas naturales y que contribuyen a la reducción del riesgo de desastres e incrementar el bienestar humano y de la biodiversidad (European Commission, 2015).

En este marco, la AbE tiene como punto de partida el concepto de los servicios ecosistémicos, que describe la relación entre los sistemas naturales y el bienestar humano (Chong 2014). Este enfoque recibió un enorme impulso en cuanto a su documentación empírica y apoyo en la agenda política con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM, 2005), en la cual se categorizaron los servicios en tres grandes grupos: (i) oferta de recursos (agua, madera, fibras, alimentos), (ii) servicios de regulación (climática, control de inundaciones, etc.), servicios de soporte (suelos, fotosíntesis, ciclos de nutrientes, polinización, etc), y (iii) servicios culturales (recreación, valores espirituales, etc.).

La CDB (2009) define el enfoque de adaptación basada en ecosistemas como: “el uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos...para apoyar a las sociedades a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático...y que puede incluir el manejo sostenible, la conservación y la restauración de los ecosistemas como parte de una estrategia integrada de adaptación, que toma en cuenta los múltiples co-beneficios sociales, económicos y culturales para las comunidades locales”.

La AbE se ha constituido en un eje fundamental para integrar el cumplimiento de los ODS con los objetivos de la Convención de Diversidad Biológica y los de la Convención de Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación. El enfoque de AbE es considerado como prioritario en los países de América Latina dada la importancia de la integridad de los ecosistemas para poblaciones rurales e indígenas que dependen de ella (Bárcena et al 2020). La AbE ha sido un enfoque

particularmente aplicado ampliamente por la cooperación internacional a través de agencias e iniciativas como PNUMA, el PNUD, el IPBES y la UICN (ver p. ej. Hole et al. 2011; PNUD 2015; Seddon et al. 2016; IPBES 2019), las cuales han

avanzado en la implementación de la AbE en múltiples proyectos que benefician a comunidades rurales pobres de países en vías de desarrollo (Figura 3, Chong 2014).

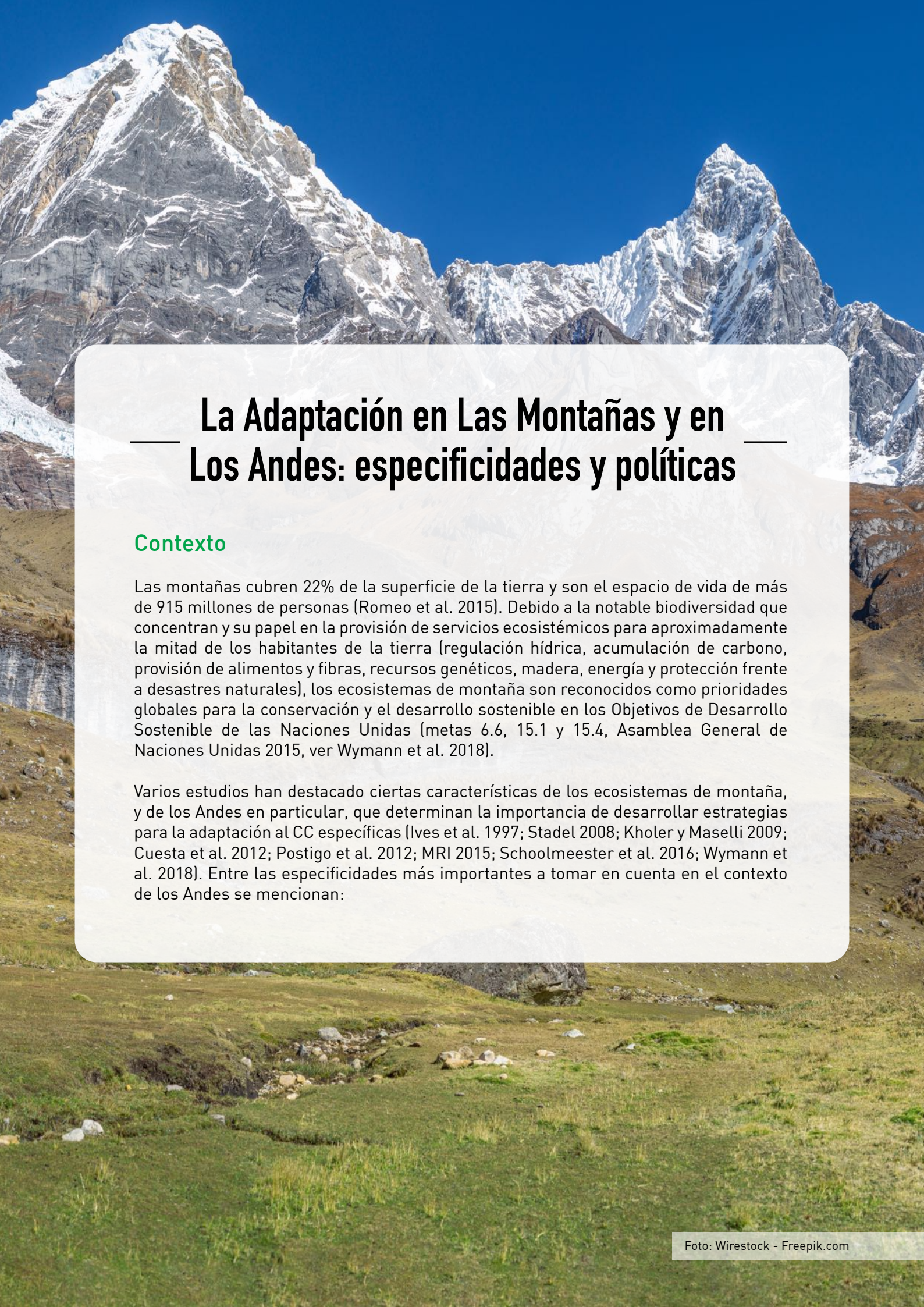


Figura 3. Vínculos entre la adaptación basada en ecosistemas (AbE) y otros enfoques de trabajo que contribuyen al desarrollo sostenible y la conservación y manejo de los recursos naturales (R.N.) (Adaptado de Midgeley et al 2012; Hofstede 2019).

Durante los últimos años ha habido un avance considerable de la investigación y la aplicación de la AbE, especialmente en los ecosistemas costeros y de montañas, incluyendo los Andes (Hole et al. 2011; PNUD 2015; Almeida 2015; Becerra 2017; Cerrón et al. 2017). Existen varias síntesis de las lecciones aprendidas, mejores prácticas para el escalamiento y la replica, así como de los co-beneficios para la mitigación, como las realizadas en el contexto de proyectos REDD+ de manejo forestal o restauración de ecosistemas (Magrin et al. 2014; Seddon et al. 2016; Hofstede 2019). Estas síntesis resaltan como una de las principales limitaciones del enfoque de AbE se relacionan con el marco temporal extendido en que muchas estrategias de AbE modifican efectivamente el funcionamiento y los servicios ecosistémicos, la complejidad involucrada en el monitoreo de la

efectividad y los impactos de las medidas, así como en la documentación de su efectividad en términos de costos vs. beneficios (Seldon et al. 2016).

Específicamente en el contexto de montañas, el Programa Global de Montañas para la Adaptación Basada en Ecosistemas (PNUD 2015), propone una serie de criterios para distinguir las medidas de AbE de enfoques más tradicionales de manejo de recursos naturales o proyectos de desarrollo rural que incluyen: a) las medidas reduzcan efectivamente la vulnerabilidad de la población local frente al cambio climático; b) las medidas que aumentan la resiliencia de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos; y c) las medidas que aprovechan la diversidad y los servicios ecosistémicos de forma sostenible.



La Adaptación en Las Montañas y en Los Andes: especificidades y políticas

Contexto

Las montañas cubren 22% de la superficie de la tierra y son el espacio de vida de más de 915 millones de personas (Romeo et al. 2015). Debido a la notable biodiversidad que concentran y su papel en la provisión de servicios ecosistémicos para aproximadamente la mitad de los habitantes de la tierra (regulación hídrica, acumulación de carbono, provisión de alimentos y fibras, recursos genéticos, madera, energía y protección frente a desastres naturales), los ecosistemas de montaña son reconocidos como prioridades globales para la conservación y el desarrollo sostenible en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (metas 6.6, 15.1 y 15.4, Asamblea General de Naciones Unidas 2015, ver Wymann et al. 2018).

Varios estudios han destacado ciertas características de los ecosistemas de montaña, y de los Andes en particular, que determinan la importancia de desarrollar estrategias para la adaptación al CC específicas (Ives et al. 1997; Stadel 2008; Kholer y Maselli 2009; Cuesta et al. 2012; Postigo et al. 2012; MRI 2015; Schoolmeester et al. 2016; Wymann et al. 2018). Entre las especificidades más importantes a tomar en cuenta en el contexto de los Andes se mencionan:



Foto: Daniel Maldonado

- La complejidad de la topografía y las marcadas variaciones en los regímenes climáticos en distancias cortas, que crean una alta incertidumbre en la generación de escenarios climáticos presentes y futuros, especialmente en el caso de las precipitaciones.
- Las tasas de aumento de la temperatura varían a lo largo de los gradientes de elevación. A mayor altitud se observan un mayor aumento de los valores de temperatura (hasta c. 0.2 ° C por década en zonas sobre los 3000 m snm).
- Existen conspicuas zonas de transición o ecotonos entre ecosistemas, lo que promueve la diversidad y ofrece una oportunidad monitorear las dinámicas de cambio, dada la alta sensibilidad de las especies a las variaciones del clima (p. ej. límite altitudinal de los bosques o de los glaciares, ecotonos entre humedales y pastizales de montaña).
- La alta montaña afronta procesos de derretimiento de los glaciares y el permafrost, que generan riesgos importantes (p. ej. colapso de diques en lagunas de alta montaña) y modifica la regulación hídrica y la dinámica de los sistemas de humedales de montaña (siguiendo la llamada curva del pico en los caudales).
- Las zonas montañosas muestran una alta vulnerabilidad de los suelos a la erosión y la pérdida de materia orgánica como resultado del aumento de la temperatura y una alta exposición a riesgos vinculados a sequías, inundaciones y movimientos de masa (deslizamientos).
- Las montañas proveen de agua dulce a la mitad de la población mundial para beber, uso doméstico, irrigación, industria y generación hidroeléctrica.
- La demanda de agua en las zonas de montaña para usos agropecuarios, domésticos o energéticos está aumentando, lo que genera conflictos crecientes, que se agudizarán aún más en las regiones donde se prevé una reducción de las precipitaciones.
- Las montañas tienen un papel en la conectividad “de larga distancia” entre regiones (tele-conexiones), lo que determina la necesidad de integrar enfoques de investigación y manejo a múltiples escalas espaciales.
- Las montañas, particularmente en los Andes, son puntos calientes para la biodiversidad, y muestran una alta proporción de especies endémicas y especialistas, con una alta vulnerabilidad al cambio climático y al desplazamiento vertical de los pisos térmicos.
- Los habitantes de las montañas presentan una alta diversidad cultural, agrobiodiversidad y diversidad genética de cultivos, incluyendo las zonas de origen de cultivos importantes como la papa.
- La agricultura, el pastoreo y las actividades forestales son la principal fuente de ingresos para una importante proporción de la población rural. Sin embargo, se observa un proceso marcado de diversificación de las economías y fuentes de ingreso de las poblaciones rurales, con la incorporación de muchas actividades no-tradicionales (turismo, servicios, etc.).
- El CC interactúa de forma compleja con múltiples motores no-climáticos de transformación, incluyendo la deforestación, la degradación de humedales y pasturas de alta montaña, la minería y construcción de infraestructura, etc.
- En los Andes, existen grandes concentraciones urbanas que dependen directamente de los servicios provistos por los ecosistemas de montaña y que muestran vínculos complejos de migración, demanda de recursos, etc. con las zonas rurales (p. ej. Bogotá, Quito, Santiago de Chile).
- Muchas zonas de montaña concentran poblaciones particularmente pobres y vulnerables al CC, que pueden vivir en zonas inaccesibles y poco vinculadas a los centros de toma de decisiones. Sin embargo, las sociedades de montaña, y en particular, las poblaciones Andinas, han evolucionado en contextos climáticos altamente dinámicos a diferentes escalas temporales, y por lo tanto, han desarrollado una serie de estrategias tradicionales de manejo adaptativo y organización social (p. ej. uso de diferentes pisos ecológicos, estrategias de manejo del agua y la erosión, etc.).

Marco político

En cuanto al marco de políticas de cambio climático en la región Andina, desde la ratificación de la CMNUCC en 1994 y posteriormente del protocolo de Kioto (1999-2002), los estados en la región (no-Anexo 1), han venido fortaleciendo los puntos focales técnicos y políticos (incluyendo el establecimiento de oficinas de CC) y desarrollando los esfuerzos necesarios para cumplir con sus compromisos de reporte y desarrollo normativo (comunicaciones nacionales, políticas y Estrategias o Programas Nacionales de CC). A su vez, los países de la región han venido incorporando progresivamente el tema del CC en sus planes nacionales de desarrollo y promoviendo la implementación de esquemas de desarrollo de bajas emisiones. En particular, dada la vulnerabilidad a los potenciales impactos del CC, la adaptación ha venido ganando peso e importancia y todos los países tienen instrumentos sobre la materia, incluyendo Planes o Mecanismos Nacionales de Adaptación y la presentación de medidas de adaptación como parte de sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas a la CMNUCC (Maldonado et al. 2012; Schoolmeester et al. 2016).

En cuanto a los mecanismos de cooperación regional que incorporan a los países Andinos, vale la pena resaltar el énfasis que en su momento dio la Comunidad Andina (CAN) a los temas ambientales y de cambio climático. En particular, la Agenda Ambiental Andina orientó sus acciones en torno a los ejes del cambio climático, biodiversidad y gestión de recursos hídricos, y apoyó múltiples ejercicios de síntesis de información sobre cambio climático en la región. A su vez, la CAN apoyó la implementación de proyectos pioneros en el área de la adaptación al CC como el Proyecto de Adaptación a los Impactos del Retroceso Glaciar (PRAA), el programa ANDESCLIMA (con énfasis en enfoques de AbE desde el sector privado) y la consolidación de redes de monitoreo regionales como GLORIA-Andes (Maldonado et al. 2012; Cuesta et al. 2017).

La Iniciativa Andina de Montañas (IAM) ha sido otro espacio clave para la formulación de políticas de adaptación específicamente enfocadas en los socio-ecosistemas de montaña. Durante la primera reunión de la IAM en 2007 en Tucumán, se incorporó explícitamente el tema del cambio climático en el “Plan de Acción para el Desarrollo Sostenible en las Montañas Andinas” (en el Eje 4). A su vez, el Plan de Tucumán señala la necesidad de contar con estrategias conjuntas y promover

la cooperación en la región para el monitoreo de los impactos y la adaptación al CC. En respuesta a esta necesidad, los países miembros de la IAM con la colaboración de ONU Medio Ambiente, CONDESAN y GRID-Arendal publican en 2018 “La Agenda Estratégica sobre la Adaptación al Cambio Climático en las Montañas de Los Andes”, presentado una propuesta muy amplia de objetivos y medidas de adaptación para orientar el trabajo conjunto de los países de la región. Estos incluyen objetivos vinculados con las siguientes áreas temáticas:

- Vulnerabilidad de los grupos sociales más afectados
- Agricultura, pastoreo y alimentación sostenibles
- Gestión y manejo de los recursos hídricos
- Ecosistemas y biodiversidad andina
- Salud y sistemas de saneamiento ambiental
- Gestión de riesgos de desastres naturales
- Reducción de impactos de actividades industriales y de generación de energía
- Fortalecimiento de la investigación y monitoreo climático, ambiental y social
- Educación ambientales y fortalecimiento de capacidades
- Gobernanza, mecanismos de cooperación y financiamiento

Otros espacios de cooperación regional como la UNASUR, la CELAC y la Alianza del Pacífico han sido menos activos en el tema de la adaptación al cambio climático en general y en el tema de montañas en particular, aun cuando han generado declaraciones o tratados en que se trata explícitamente el CC (Schoolmeester et al. 2016). Por ejemplo, el Tratado Constitutivo de la UNASUR (2008), plantea como uno de los objetivos del bloque la cooperación en la prevención de catástrofes y en la lucha contra las causas y los efectos del CC, mientras que la CELAC genera en el 2014 la Sexta Declaración Especial sobre Cambio Climático. Por su parte, la OEA ha venido apoyando programas importantes de adaptación para la gestión de riesgos a través de su Dirección de Manejo de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático (RIESGO-MACC). A nivel de Sur y Centro América, otra iniciativa interesante es el Programa Iberoamericano de Adaptación al Cambio Climático (PIACC), desarrollado por la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC, ver Keller et al. 2011).

Brechas en el Conocimiento y la Gestión para la Adaptación al Cambio Climático en Los Andes

5.1. Vacíos en la base de conocimientos: impactos y vulnerabilidad al cambio climático

5.1.1. Conocimiento sobre los efectos del CC identificados en la literatura

Para el diseño de políticas y estrategias de adaptación al CC, es clave contar con conocimientos sólidos de base sobre los patrones espacio-temporales presentes y futuros del cambio climático, sus impactos y la vulnerabilidad de los sistemas socio-ecológicos Andinos. La investigación sobre CC en los Andes ha recibido un énfasis creciente durante los últimos veinte años, a partir de algunas de las publicaciones pioneras en temas como el declive de las poblaciones de anfibios a lo largo de los Andes (p. ej. Young et al. 2001). Baez et al. (2016), en su revisión de la investigación sobre el efecto del CC sobre la biodiversidad Andina reportan un aumento sostenido del número de publicaciones relacionadas con CC, aunque señalan que en términos relativos, el CC corresponde todavía solo al 1% de las publicaciones sobre la ecología de la región. De modo que, aunque nuestra base de conocimientos es hoy más sólida (ver síntesis en la Tabla 2), la complejidad de los sistemas ambientales y sociales andinos plantea retos enormes, por lo que continúan existiendo vacíos muy importantes, incluso en los temas más básicos de caracterización del clima a lo largo de los Andes (Tabla 3). Esta sigue siendo una tarea pendiente, por lo que es muy importante que al concentrar esfuerzos en las estrategias de adaptación, no se abandonen los esfuerzos de monitoreo e investigación básica en temas esenciales para la generación de escenarios y análisis

de la vulnerabilidad, como el fortalecimiento de la red de estaciones hidro-meteorológicas y la investigación integrada de los impactos ambientales, económicos y sociales del CC en los Andes.

La información climática disponible da evidencia del aumento de la temperatura durante el siglo XX, con tasas de incremento mayores en los últimos treinta años en las zonas de mayor elevación (de hasta 0.3°C por década). Sin embargo, la falta de información meteorológica de largo plazo en altas elevaciones plantea una fuente de incertidumbre sobre el efecto de la elevación en las tasas de calentamiento (Vuille et al. 2015).

Los patrones de cambio en la precipitación son mucho más heterogéneos, así como la incertidumbre asociada a las proyecciones futuras, lo que constituye una limitación fundamental para los análisis de vulnerabilidad de los sistemas ambientales y sociales, así como para la generación de escenarios prospectivos en la región (Magrin et al. 2014; Vuille et al. 2015, 2018; Fuentes-Castillo et al. 2020). A esto se suma la complejidad de los escenarios de cambio en el uso de la tierra, aunque en términos muy gruesos podemos decir que la intensidad y extensión de los procesos de transformación antrópica son menos intensos en los Andes Centrales y en las zonas más elevadas (Josse et al. 2011).

En base a una revisión de la literatura y estudios técnicos disponibles, en la Tabla 2 presentamos una síntesis de los principales cambios en el uso de la tierra y el clima documentados a lo largo de los Andes y sus efectos sobre los glaciares, hidrología, biodiversidad y ecosistemas, los sistemas productivos y la salud, enfatizando aquellos para los que se cuenta con evidencia más sólida.

Tabla 2. Síntesis de algunos cambios importantes documentados o proyectados, producto del cambio climático en los Andes.

Tema	Cambios / efectos documentados o proyectados	Algunas referencias clave
Clima	Aumento promedio observado de la temperatura de c. 0.10-0.13° C por década durante el siglo XX, con tasas de aumento mayores (0.2-0.3 °C por década) en los últimos 30 años, pero en las zonas a mayor elevación (sobre los 2000 m). Tendencias de aumentos más evidentes en temperaturas mínimas. Aumento proyectado de + 4-5°C sobre los 4000 m de elevación para el siglo XXI (RCP 8.5). Patrones complejos de variación en la precipitación: zonas en que se observan y proyectan aumentos (p. ej. vertientes oeste de los Andes del Norte) y otras donde se proyectan reducciones (p. ej. Andes sub-tropicales secos y Patagonia, altiplano en los Andes Centrales, Venezuela). Alta incertidumbre. Aumento de frecuencia de eventos climáticos extremos (sequías, inundaciones, aumento de deslizamientos y erosión asociados, a alta incertidumbre a nivel regional/local). Cambios en la humedad del aire y la frecuencia, cobertura y elevación de la cobertura de nubes y neblina.	Ruiz et al. 2008 Urrutia y Vuille 2009 Magrin et al. 2014 Barros et al. 2014 Vuille et al. 2015; Fuentes-Castillo et al. 2020.
Uso de la tierra	Grado de transformación antrópica muy variable a lo largo de los Andes, generalmente mayor en los Andes del Norte (>50% sobre los 500 m de elevación) que en los Andes Centrales (<15%). Intensidad de los procesos de transformación antrópica tiende a disminuir con la elevación. Algunos países Andinos han perdido 50-60% de sus bosques nublados (550.500 km²) producto de la deforestación. Alta variabilidad en la historia del uso de la tierra en la región, desde regiones con procesos milenarios de transformación, hasta zonas que aún permanecen poco transformadas.	Josse et al. 2011 Mathez-Stiefel et al. 2017 Malizia et al. 2020.
Glaciares	Tendencia general de retroceso de los glaciares a lo largo de todos los Andes, con tasas más altas que el promedio global en los Andes tropicales y un aumento de la velocidad de retroceso luego de 1970 (doble del período anterior). Desaparición proyectada de los glaciares tropicales con elevaciones menores a los 5400 m para 2050, y reducciones de más del 90% para el 2100 (RCP 8.5) en algunas regiones de los Andes Centrales (p. ej. Cordillera de Vilcanota, Perú). Retroceso marcado de la mayoría de los glaciares de los Andes del Sur, incluyendo 48 de los 50 glaciares del “campo de hielo continental del Sur”.	Rabatell et al. 2013 Barros et al. 2014 Vuille et al. 2017 Cuesta et al. 2019; Masiokas et al. 2020. Ramírez et al. 2020.
Hidrología	Retroceso glaciar asociado a aumento inicial y disminución posterior en los caudales en cuencas de alta montaña (más importante en áreas más secas de los Andes centrales y desérticos). Formación de nuevas lagunas glaciares, expansión de las existentes y aumento de riesgos asociados a inundaciones por colapsos en estos cuerpos de agua de alta montaña. Modelos indican pocos cambios netos en la oferta hídrica a nivel continental (producto de efectos contrapuestos de la precipitación y la evapotranspiración). Alta incertidumbre asociada.	Buytaert et al. 2010 De Bievre et al. 2012 Mark et al. 2017 Drenkhan et al. 2018, 2019; Masiokas et al. 2020; Correa et al. 2020.

Biodiversidad y ecosistemas	Modelos de distribución de biomas en escenarios de CC sugieren desplazamiento vertical ascendente del límite inferior y contracción de la extensión de muchos de ellos, más pronunciado en biomas como los páramos, punas húmedas y bosques siempreverdes. Cambios asociados en la distribución de especies estudiadas (aves y plantas) sugieren la posibilidad de extinción de una proporción importante en los escenarios más pesimistas (35-60% de las especies analizadas). Degradación de humedales (incluyendo pérdidas de C edáfico) y disminución de la diversidad de fauna acuática bentónica en cuencas afectadas por el retroceso glaciar. Reducción de tamaños poblacionales de muchas especies de árboles de los bosques Andinos tropicales y aumento de la importancia relativa de especies de elevaciones menores (termofilización). Tasas más altas de desplazamiento altitudinal del límite altitudinal de los bosques Andinos en zonas protegidas que en zonas intervenidas Extinción y/o declive marcado de las abundancias de varias especies de anfibios Andinos como resultado de la interacción del CC y enfermedades Desplazamiento vertical hacia zonas más altas y contracción del hábitat de especies de plantas, anfibios e insectos altoandinos (p. ej. escarabajos carábidos). Nichos térmicos estrechos (mayor vulnerabilidad) y altos niveles de endemismo en plantas altoandinas con el aumento de la elevación y en zonas de latitudes ecuatoriales (páramos). Aumento de la colonización de plantas exóticas invasoras en ecosistemas altoandinos.	Feeley y Silman 2010 Cuesta et al. 2012; Lutz et al. 2013; Benavides et al. 2013; Tovar et al. 2013; Morueta-Holme et al. 2015 Baez et al. 2016 Moret et al., 2016 Dangles et al. 2017 Seimon et al. 2017 Fadrique et al. 2018 Llambí et al. 2019 Cuesta et al. 2020
Sistemas productivos	Modelos de distribución de cultivos en escenarios de CC indican que aquellos distribuidos hacia el extremo superior del rango de elevación en los Andes serían los más afectados en cuanto a pérdida de áreas de aptitud climática (e.g. papa, arracacha, ulluco), mientras que otros cultivos de zonas más bajas pudieran expandir su distribución y cota altitudinal (e.g. café). Experimentos de trasplante de maíz y papas a zonas de mayor elevación indican disminuciones importantes de rendimientos (de hasta 80%) y calidad de la cosecha, relacionadas con incidencia de nuevas plagas y limitaciones edáficas. Muchos sistemas productivos andinos muestran alta vulnerabilidad al CC al ocupar zonas marginales de producción, limitaciones de acceso a infraestructura, financiamiento y servicios y niveles elevados de pobreza. Cambios en patrones de precipitación y disminución de las lluvias están afectando particularmente a los productores agrícolas y pecuarios en la región del altiplano.	Pérez et al. 2010 Postigo et al. 2012 Boillat y Berkes 2013 Schoolmester et al. 2016 Tito et al. 2017; Barcena et al. 2020.
Salud	El aumento de la temperatura y cambios asociados a eventos El Niño asociados a la expansión altitudinal en la prevalencia de enfermedades como la malaria y el dengue o aumentos en la incidencia de diarreas.	Siraj et al. 2014 Schoolmester et al. 2016; Barcena et al. 2020.



Foto: Wirestock - Freepik.com

Los estudios existentes demuestran que una de las manifestaciones más evidentes del CC es el rápido proceso de retroceso de los glaciares a lo largo de todos los Andes, que ha alcanzado tasas sin precedentes luego de los años 1970s, lo que se ha traducido en la completa desaparición de muchos de ellos (con tasas de retroceso más rápidas en los glaciares más cercanos al ecuador y a elevaciones menores, ver Rabatell et al. 2013, Vuille et al. 2017; Masiokas et al. 2020; Ramírez et al. 2020). En el caso las regiones más secas de los Andes centrales y desérticos, estos cambios están teniendo efectos importantes sobre la dinámica de los caudales y la disponibilidad de agua para las comunidades locales (p. ej. Barros et al. 2014; Mark et al. 2017; Masiokas et al. 2020). A su vez, varios estudios recientes han enfatizado el efecto del cambio global y el retroceso glaciar sobre los paisajes y ecosistemas altoandinos, incluyendo la colonización y aparición de nuevas comunidades bióticas en los frentes de retroceso glaciar, la degradación de la estructura, suelos y capacidad de regulación hídrica de humedales altoandinos, la formación y expansión de lagunas, y la reducción de la riqueza y cambios en la dinámica trófica de la fauna bentónica especialista en ríos alimentados por glaciares (ver Tabla 2 y revisión en Cuesta et al. 2019).

Por otro lado, estudios basados en modelos de simulación de la distribución espacial de biomas y especies en los Andes tropicales en escenarios de calentamiento (p. ej. aves, plantas vasculares), sugieren desplazamientos importantes hacia zonas más altas y una contracción de su extensión (que pudiera incluso llevar a la extinción de muchas especies especialistas de las zonas más altas, Cuesta et al. 2012; Tovar et al. 2013). Sin embargo, existe una alta incertidumbre asociada a estos modelos, debido a la falta de datos empíricos de seguimiento de largo plazo de la abundancia

y distribución de las especies en los Andes y de conocimiento sobre su autoecología (tolerancia fisiológica), estrategias de dispersión y migración, fenología e interacciones inter-específicas (Tabla 3).

En este sentido, la investigación en los últimos 10 años y la consolidación de redes de monitoreo de largo plazo a lo largo de los Andes como la Red de Bosques Andinos y la Red GLORIA-Andes, han permitido comenzar a llenar estos vacíos, aportando información clave sobre: a) los cambios latitudinales y altitudinales en la estructura de las comunidades (p. ej. Cuesta et al. 2017; Malazia et al. 2020); b) las estrategias de dispersión, fenología y nichos térmicos de las especies y comunidades de plantas de los páramos y punas (Cuesta et al. 2019a, Tovar et al. 2020); c) la dinámica de cambio y desplazamiento altitudinal de las especies leñosas de los bosques altoandinos (p. ej. Fadrique et al. 2018); y d) el papel de las interacciones planta-planta (competencia/facilitación) y planta-animal en el ensamblaje de las comunidades de alta montaña a lo largo de los Andes (p. ej. Cavieres y Badano 2009; Anthelme et al. 2014; Hupp et al. 2017; Pelayo et al. 2019). A su vez, investigaciones en la última década a lo largo de los Andes (incluyendo estudios en el marco de la red Mountain Invasions Research Network, MIREN), llaman la atención sobre la creciente importancia de plantas exóticas invasoras en los frágiles ecosistemas altoandinos y sus efectos negativos sobre la flora nativa, una amenaza que pudiera agudizarse en escenarios de CC (Cavieres et al. 2008; Leon y Vargas-Ríos 2011; Sandoya et al. 2017; Malizia et al. 2017; Llambí et al. 2018, 2020).

Otro aspecto en el que las redes de monitoreo de largo plazo han jugado un papel importante es el estudio de la respuesta de los servicios ecosistémicos al uso de la tierra y el CC, particularmente la respuesta hidrológica, que ha



Foto: ChrisW - Shutterstock.com

sido el tema de trabajo de la red de Investigación Iniciativa de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos (IMHEA, Celleri et al. 2011; Correa et al. 2020). Existen numerosos estudios en los Andes que analizan el impacto de diferentes sistemas de uso del suelo (agricultura, pastoreo, forestación) sobre servicios ecosistémicos clave como la acumulación de biomasa/carbono en la vegetación y suelos y la dinámica hídrica y de los nutrientes (ver p. ej. Buytaert et al. 2006; Pérez et al. 2010; Hofstede et al. 2014; Peña et al. 2018; Cerrón et al. 2019; Llambí y Rada 2019; Duchicela et al. 2019; Correa et al. 2020). Sin embargo, el monitoreo, la investigación y la síntesis de conocimientos sobre el impacto del cambio climático en estos procesos a nivel ecosistémico y su interacción con diferentes sistemas de manejo es aún muy limitado, siendo esta una de las barreras más importantes para el diseño de estrategias de AbE (Anderson et al. 2011; Schoolmester et al. 2016; Hofstede 2019; Tablas 3 y 6). En particular, en el contexto de los sistemas de monitoreo de largo plazo en la región, existe una gran necesidad del estudio integrado de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (ver propuesta para los Andes de Colombia en Llambí et al. 2019).

A su vez, el conocimiento sobre los impactos y vulnerabilidad frente al CC de los sistemas productivos y las sociedades Andinas continúa siendo un desafío importante. Estudios sobre el CC y los sistemas producción en los Andes enfatizan, por un lado, las condiciones de alta vulnerabilidad de muchos pequeños productores

y comunidades, al ocupar zonas marginales de producción (suelos pobres o sobre pendientes pronunciadas, límites superiores de elevación para muchos cultivos, etc.) y debido a limitaciones de acceso a infraestructura, financiamiento y servicios y niveles elevados de pobreza. Sin embargo, estos estudios destacan, por otro lado, una alta capacidad de respuesta adaptativa de los pobladores andinos y las comunidades indígenas, producto de siglos de desarrollo de estrategias tradicionales de adaptación frente a la marcada variabilidad espacial y temporal del clima de los Andes (p. ej. Dillehay y Kolata 2004; Halloy et al. 2005; Young y Lipton 2006; Stadel 2008; Pérez et al. 2010; Postigo et al. 2012).

Como indicamos arriba, los fenómenos de variabilidad climática (p. ej. aumento en la frecuencia y severidad de las sequías) y el sobrepastoreo está generando en algunas regiones procesos de degradación de humedales altoandinos y pasturas de las que dependen muchas comunidades con modos de vida íntimamente ligados a la cría de ganado y de camélidos andinos (Buttolph y Coppock 2004; Molinillo y Monasterio 2006; Salvador et al. 2014; Loza-Herrera et al. 2015; López-i-Gelats et al., 2015; Dangles et al. 2017; Morales et al. 2018; Hofstede y Llambí 2019). Por otro lado, estudios empíricos y modelos de simulación de la distribución espacial de cultivos en los Andes tropicales en escenarios de CC sugieren un desplazamiento hacia arriba del límite de los cultivos de las zonas más frías (p. ej. arracacha, papa, ulluco, etc.), y la contracción de

su área total de aptitud climática, pero con una respuesta muy heterogénea entre los diferentes países (Halloy et al. 2008; Postigo et al. 2012). A su vez, el estudio de Postigo et al. (2012) muestra diferencias marcadas entre países en las zonas para las que se proyectan mayores pérdidas y ganancia en la distribución proyectada de los cultivos y las zonas donde se concentra una mayor proporción de población en condiciones de pobreza (con consecuencias más negativas para muchos cultivos en países como Venezuela o Bolivia respecto a Ecuador o Perú). Varios estudios indican además que el cambio climático y el desplazamiento altitudinal de los cultivos puede generar efectos negativos sobre los rendimientos y la calidad de cultivos como el maíz o la papa, debido a un aumento en la incidencia de plagas (incluyendo insectos herbívoros), enfermedades (como hongos y bacterias patógenas) y a limitaciones en la aptitud y fertilidad de los suelos (Dangles et al. 2008; Péres et al. 2010; Crespo et al. 2015; Tito et al. 2017). Finalmente, en cuanto a la vulnerabilidad de los sistemas de producción Andinos, Schoolmester et al. (2016) realizan un

análisis interesante para los Andes Tropicales en que combinan la probabilidad de cambio en variables climáticas, la vulnerabilidad frente a desastres y la seguridad alimentaria, ilustrando la gran variabilidad del grado de vulnerabilidad de las sociedades rurales a lo largo de la región.

Los estudios disponibles sugieren, por tanto, que el cambio climático modificará de forma muy significativa el balance ecológico, social y económico de los sistemas de producción Andinos. Sin embargo, el desarrollo de una perspectiva más integrada de la interacción entre estos diferentes procesos (desde el punto de vista biofísico y bioclimático, ecológico, agronómico y socio-económico) sigue siendo una brecha importante de conocimiento para la adaptación (Tabla 7; Tito et al. 2017; Hofstede 2019; Hofstede y Llambí 2019).

En la Tabla 3 presentamos una síntesis de las principales brechas de conocimiento identificadas en la literatura en torno a la base de conocimientos de los impactos y vulnerabilidad frente al CC.

Tabla 3. Vacíos en la base de conocimiento sobre los impactos del CC y la vulnerabilidad de los socio-ecosistemas Andinos.

Vacíos en la base de conocimientos	
Brecha de conocimiento	Referencias
Conocimiento base sobre la variabilidad espacio-temporal de la temperatura y la precipitación y los procesos hidrológicos (especialmente en alta montaña), incluyendo aspectos clave como el efecto de la elevación sobre la tasa de aumento de la temperatura.	Glochamore 2005; Anderson et al. 2011; Hole et al. 2011; De Bievre et al. 2012; Magrin et al. 2014; Hofstede et al. 2014; Salzmann et al. 2014; Becerra 2015, 2017; Schoolmester et al. 2016; Vuille et al. 2018; Adler et al. 2018; Fuentes-Castillo et al. 2020
Metodologías estandarizadas y datos para análisis de vulnerabilidad y la resiliencia de los sistemas socio-ambientales Andinos, y la generación de escenarios futuros (incluyendo el análisis de eventos extremos) especialmente a escala regional-local.	Hole et al. 2011; Bustamante et al. 2012; Becerra 2015; Vuille et al. 2013, 2018; Gleeson et al. 2016; Becerra 2017; Wymann et al. 2018; Fuentes-Castillo et al. 2020
Análisis integrados de los motores de cambio en el uso de la tierra, sus interacciones con el cambio climático y sus efectos sobre diversidad funcional y servicios ecosistémicos incluyendo regulación hidrológica y acumulación de biomasa/carbono. Necesidad de estudios comparativos a lo largo de gradientes espaciales ambientales (p. ej. elevación) y gradientes de uso-transformación y de modelos que integren el cambio de uso de la tierra y el cambio climático. Necesidad de mayor énfasis en estudios históricos (p. ej. recuperación de levantamientos ecológicos tempranos).	Glochamore 2005; Anderson et al. 2011; Cuesta et al. 2012; Hofstede et al. 2014; Becerra 2015; Huggel et al. 2015; Gleeson et al. 2016; Avella 2019; Magrin et al. 2014; Baez et al. 2016; Mathez-Stiefel et al. 2017; Hofstede 2019; Llambí et al. 2020; Charttrejee et al. 2014; Becerra 2017; Adler et al. 2018; Pauli y Halloy 2020.

Conocimiento base y modelos para analizar el impacto del cambio climático sobre la respuesta hidrológica en los Andes (incluyendo falta de información sobre la cantidad y calidad del agua). Alta incertidumbre en el contexto de la variabilidad climática (necesidad de mayor resolución espacial y de series de tiempo de más largo plazo).	Bustamante et al. 2012, Vuille 2013; Becerra 2015, De Bievre et al. 2012; Hofstede et al. 2014; Salzmann et al. 2014; Schoolmester et al. 2016;
Necesidad de más localidades con datos empíricos y monitoreo de largo plazo de la dinámica y el papel de los glaciares y los humedales altoandinos en la regulación hidrológica y el impacto de su degradación sobre los paisajes y ecosistemas Andinos.	Glochamore 2005; Anderson et al. 2011; De Bievre et al. 2012; Huggel et al. 2015; Salzmann et al. 2014; Vuille et al. 2013, 2017; Cuesta et al. 2019
Efecto del cambio climático sobre la acumulación de carbono en suelos y biomasa y los ciclos y dinámica de los nutrientes	Anderson et al. 2011; De Bievre et al. 2012; Hofstede et al. 2014; Mathez-Stiefel et al. 2017
Necesidad de profundizar en la autoecología e interacciones entre especies, incluyendo la comprensión de la distribución espacial, las estrategias adaptativas y diversidad funcional (tolerancia/fisiología, nichos térmicos e hídricos), estrategias de dispersión y migración y ecología reproductiva (p. ej. fenología) como base para mejorar nuestra capacidad predictiva de respuesta de la diversidad en escenarios de CC. A su vez, necesidad de comprender mejor el papel de las interacciones entre especies en escenarios de cambio climático (competencia, facilitación e ingenieros ecosistémicos, polinizadores y dispersores).	Cuesta et al. 2012; Becerra 2015; Baez et al. 2016; Avella 2019; Cuesta et al. 2019; Llambí et al. 2019; Pauli y Halloy 2020;
Estudios con un enfoque socio-ecológico y transdisciplinario sobre los efectos del CC sobre la calidad de vida de las comunidades y sociedades Andinas y su relación con la provisión de servicios ecosistémicos, incluyendo análisis socio-económicos a múltiples escalas (local, nacional, regional Andino).	Avella 2019, Becerra 2015; Huggel et al. 2015; Magrin et al. 2014; Mathez-Stiefel et al. 2017; Vuille et al. 2018; Gleeson et al. 2016; Hostede et al. 2019; Charttrejee et al. 2014; Adler et al. 2018; Pauli y Halloy 2020.
Fortalecimiento de redes regionales de monitoreo e investigación comparativa en los Andes (especialmente sobre la dinámica de servicios ecosistémicos), desarrollo de protocolos e indicadores y de estudios experimentales comparativos (p. ej. cámaras de calentamiento, enriquecimiento de CO ₂ o nutrientes, exclusión de pastoreo, etc.). Necesidad de complementar los sistemas de monitoreo permanente con estudios comparativos sincrónicos a lo largo de gradientes (p. ej. de elevación o regeneración, gradientes sucesionales).	Avella 2019, Becerra 2015, Cuesta et al. 2012; Huggel et al. 2015; Baez et al. 2016; Vuille et al. 2018; Gleeson et al. 2016; Hofstede 2019; Becerra 2017; Adler et al. 2018; Schoolmester et al. 2016; Hole et al. 2011; Cuesta et al. 2019; Llambí et al. 2019. Pauli y Halloy 2020;
Necesidad de profundizar los estudios de los ecotonos y su dinámica (límite de los bosques, límite glaciares, límite humedales-pastizales).	Cuesta et al. 2012; Hofstede et al. 2014; Hofstede 2019; Hole et al. 2011; Cuesta et al. 2019; Young et al. 2017
Fortalecimiento de enfoques de co-producción del conocimiento, co-aprendizaje y co-exploración / análisis de la información generada con la participación de investigadores, tomadores de decisión, comunidades locales y actores de la sociedad civil.	Huggel et al. 2015; Mathez-Stiefel et al. 2017; Gleeson et al. 2016; Klein et al. 2017; Charttrejee et al. 2014; Dillings et al. 2019
Mayor énfasis en el análisis de las interacciones y relaciones de interdependencia entre las tierras altas de montaña y las tierras bajas (tele-conexiones).	Gleeson et al. 2016; Hosftede 2019

5.1.2. Vacíos de conocimiento identificados por expertos y tomadores de decisión en las encuestas

A continuación se presentan los resultados más relevantes de los vacíos de conocimiento de los impactos del cambio climático identificados por los expertos y tomadores de decisión consultados en las encuestas.

El principal vacío de conocimiento para la investigación del impacto del cambio climático señalado fue la falta de más información hidrometeorológica, estaciones de monitoreo y series temporales continuas de datos climatológicos (Figura 4). La segunda brecha identificada fue la investigación de impactos de

cambios en la biodiversidad y funcionamiento de los ecosistemas, incluyendo cómo los ecosistemas responderán a cambios en precipitación y temperatura, la recuperación de los mismos, y las variaciones en servicios ecosistémicos como la disponibilidad de agua y el almacenamiento de carbono. La tercera necesidad de investigación señalada fue el cambio en la dinámica del clima y el mejorar evidencia científica sobre cambios en los patrones de precipitación en montaña, incluyendo los cambios en la estacionalidad (muy relacionado con el primer tema mencionado arriba).

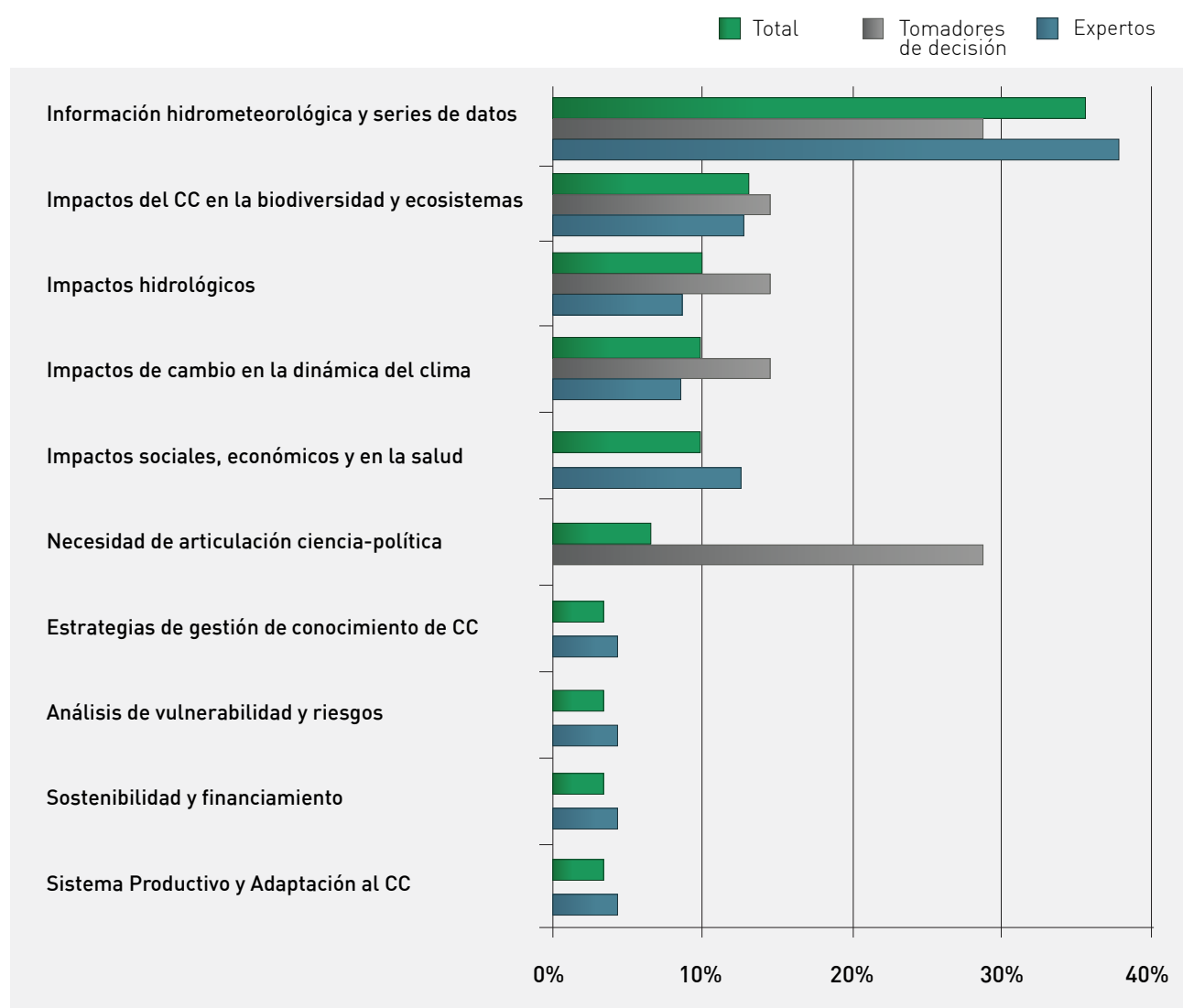


Figura 4. Vacíos de conocimiento identificados por expertos y tomadores de decisión de los Andes en torno a la investigación del impacto del cambio climático. Se presenta el porcentaje de encuestados que señalaron cada uno de los temas identificados en las respuestas (pregunta abierta).

Es interesante destacar que para los tomadores de decisión uno de los tres temas más mencionados incluyó la necesidad de articular la evidencia científica con la formulación de políticas, desarrollando procesos de construcción de política en base a resultados de investigación y espacios que promuevan dicho intercambio.

Con respecto a las principales brechas sobre el conocimiento de la vulnerabilidad de los socio-ecosistemas de los Andes (Figura 5), el principal vacío identificado se refiere al desarrollo de metodologías validadas de análisis de vulnerabilidad y la necesidad de definir tipologías de adaptación, metodologías de cálculo y orientar las intervenciones en localidades que han sido identificadas como vulnerables al cambio climático. Así mismo, se señaló la necesidad de análisis de vulnerabilidad que integren los componentes sociales, económicos, políticos, biofísicos e institucionales. Es interesante notar que para los tomadores de decisión, es muy relevante conocer más sobre metodologías integrales para el análisis de vulnerabilidad al cambio climático, que estén vinculadas con variables climáticas y que respondan a indicadores más enfocados a escala local y reflejen las condiciones específicas de las zonas de

intervención (un reto desde el punto de vista de la disponibilidad de información a esas escalas locales). La segunda brecha más señalada (en este caso únicamente por expertos), pero que está relacionada a la anterior, es la necesidad de sistemas de monitoreo integrado de ecosistemas y el análisis de variables que permitan el entendimiento y den respuesta al comportamiento integral de los socio-ecosistemas. Se pudiera interpretar que para tomadores de decisión, esto está de hecho relacionado con el monitoreo de la vulnerabilidad y la mejora de metodologías integrales. Sin embargo, plantea la necesidad de enfocar los sistemas de monitoreo en poder responder a preguntas vinculadas específicamente con el tema de la vulnerabilidad.

El tercer vacío de conocimiento priorizado en este tema se relacionó con la información y monitoreo de la vulnerabilidad de sistemas productivos, principalmente asociado con la comprensión de los límites para alcanzar un equilibrio entre actividades productivas y permanencia de ecosistemas y sus servicios ecosistémicos y la identificación de medios de vida alternativos que reduzcan presión sobre los ecosistemas.

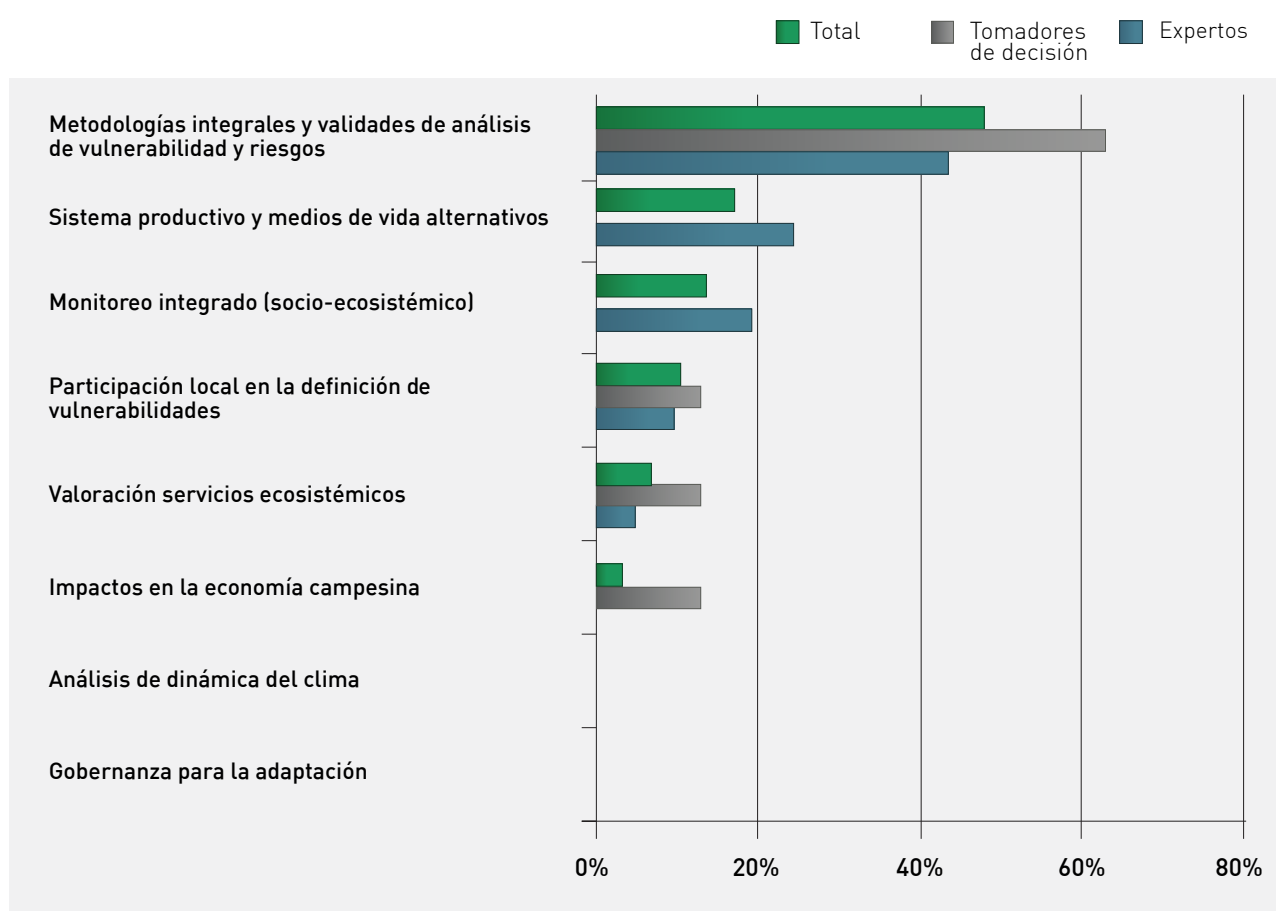


Figura 5. Vacíos de conocimiento identificados por expertos y tomadores de decisión en los Andes en torno a la vulnerabilidad de los socio-ecosistemas de los Andes frente al cambio climático. Se presenta el porcentaje de encuestados que señalaron cada uno de los temas identificados en las respuestas (pregunta abierta).

A su vez, como se observa en la Figura 5, para los tomadores de decisión encuestados, la participación local y el análisis de sus percepciones sociales en torno a la vulnerabilidad, la valoración de servicios ecosistémicos y los impactos del CC en el sistema económico son también temas prioritarios.

En cuanto a los vacíos de conocimiento en sistemas productivos (Figura 6), la principal brecha identificada

por los expertos encuestados es el conocimiento sobre lecciones aprendidas de buenas prácticas resilientes al clima, especialmente, de técnicas que respondan a las condiciones particulares de la alta montaña. También, se menciona la necesidad de investigación o sistematización de experiencias de la respuesta de los cultivos frente al CC (p. ej. desplazamientos altitudinales).

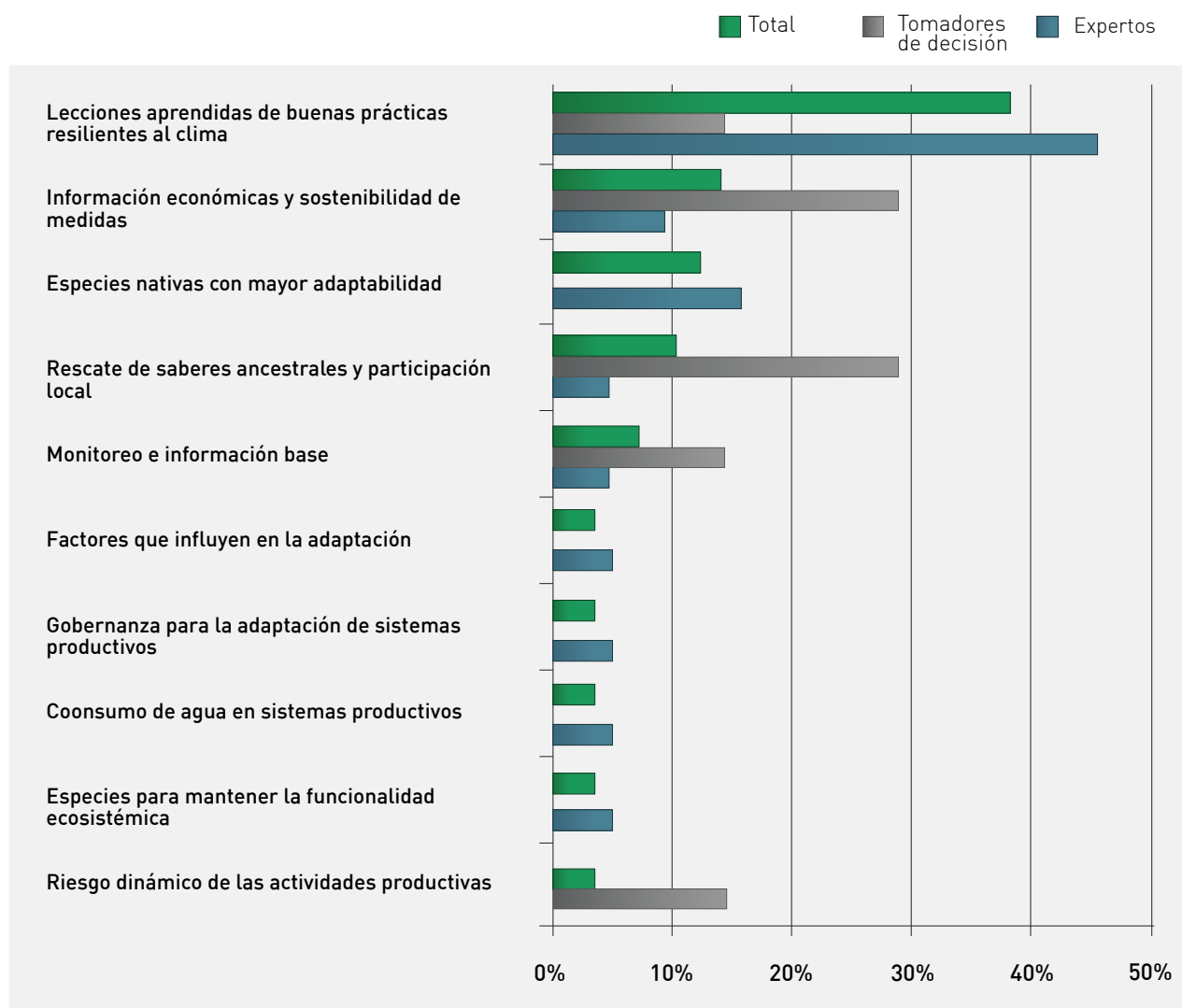


Figura 6. Vacíos de conocimiento identificados por expertos y tomadores de decisión en los Andes en torno a los impactos del CC sobre los sistemas productivos Andinos. Se presenta el porcentaje de encuestados que señalaron cada uno de los temas identificados en las respuestas (pregunta abierta).

Por su parte, para los tomadores de decisión las dos principales brechas de conocimiento se relacionaron con la información económica sobre prácticas productivas alternativas (costos y beneficios de la agricultura climáticamente inteligente) y la incorporación del conocimiento local tradicional en torno a prácticas productivas sostenibles y su participación en los proyectos.

Como se observa en la figura 6, para los expertos entrevistados la tercera brecha más mencionada

se refiere a la necesidad de información de especies nativas con mayor adaptabilidad al clima, mientras que para tomadores de decisión, es relevante conocer sobre experiencias de buenas prácticas resilientes al clima, el monitoreo de las prácticas y conocer sobre el riesgo climático al que están expuestas la actividades productivas.

Con respecto a vacíos de conocimiento en el tema de la adaptación basada en ecosistemas

(Figura 7), existe coincidencia para ambos grupos de encuestados en que es prioritario conocer y monitorear la efectividad de las acciones de conservación, restauración y todas aquellas que respondan a AbE y el reconocimiento del aporte de las estrategias para la adaptación al cambio climático.

Así mismo, existe coincidencia entre tomadores de decisión y expertos en la segunda prioridad

de mejorar el conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas, incluyendo el conocimiento de especies y procesos ecosistémicos claves. Adicionalmente, para tomadores de decisión es igualmente prioritario documentar y analizar estrategias de reconversión con fines productivos en ecosistemas vulnerables. Por su parte, para los expertos, es clave ahondar en información sobre la sostenibilidad y el financiamiento de opciones basadas en ecosistemas.

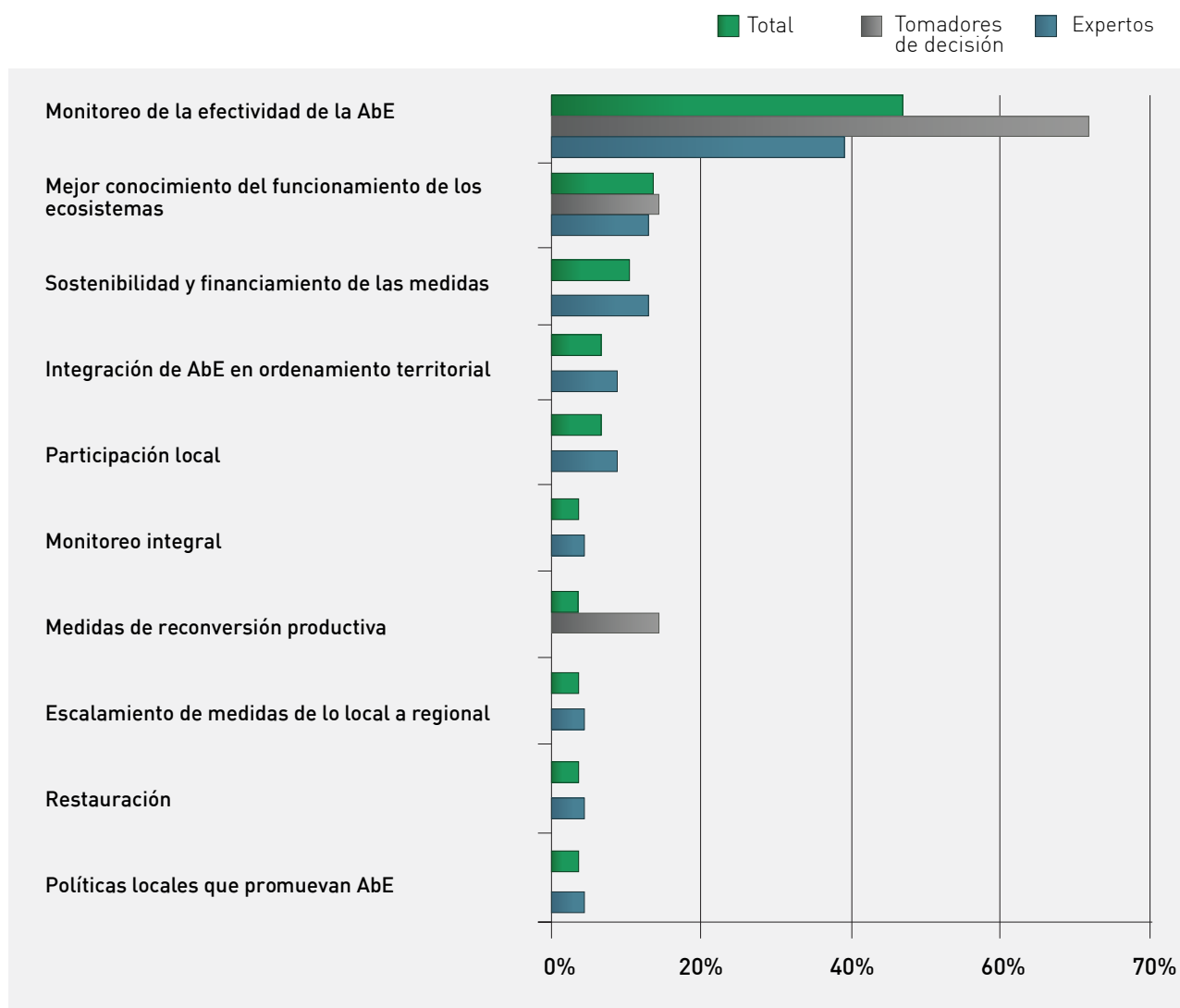


Figura 7. Vacíos de conocimiento identificados por expertos y tomadores de decisión en los Andes en torno a las estrategias de adaptación basadas en ecosistemas. Se presenta el porcentaje de encuestados que señalaron cada uno de los temas identificados en las respuestas (pregunta abierta).

Síntesis de los resultados

Los resultados de los principales vacíos de conocimiento en investigación reflejan una gran necesidad de establecer sistemas de monitoreo de largo plazo y más integrales en cada una de las temáticas. En las 4 áreas analizadas se evidencia que existe vacíos de información sobre el monitoreo y evaluación de impactos y el mejorar nuestro conocimiento de los ecosistemas, sus dinámicas y sus respuestas a cambios del clima y como esto tiene repercusiones sobre los servicios que ellos proveen. En el mismo sentido, se hace evidente la necesidad de mejorar la información hidrometeorológica y reforzar el monitoreo de la efectividad de las medidas de adaptación basadas en ecosistemas. A su vez, esto sugiere que muchas de las intervenciones que se vienen realizando como medidas de adaptación, no están basadas en información detallada sobre el comportamiento de los socioecosistemas en escenarios de cambio ambiental (cambio climático y cambio de uso de la tierra), y no se cuenta con sistemas de monitoreo y evaluación que reflejen su efectividad (es decir, monitoreo de estrategias alternativas de manejo y de adaptación).

Adicionalmente, existe coincidencia entre tomadores de decisión y expertos sobre la necesidad de desarrollar metodologías de análisis de vulnerabilidad frente al CC integrales e índices que reflejen las características específicas de cada lugar; es decir, contando con información más detallada a escala local. Aunque ha habido avances importantes en la definición de metodologías de vulnerabilidad y riesgo, los encuestados plantean que es necesario que se integren los componentes sociales, económicos, políticos, biofísicos e institucionales en los análisis de vulnerabilidad. Esto sugiere que los estudios de vulnerabilidad tradicionales no ven a la adaptación como parte de un sistema más amplio de vulnerabilidades, y más bien se enfocan en criterios limitados que no reflejan las relaciones entre diferentes variables sociales, políticas, económica, entre otras. Por último, un hallazgo importante es la necesidad planteada por los tomadores de decisión de continuar articulando los esfuerzos de investigación con la política y la toma de decisión.

5.2. Vacíos de conocimientos para el diseño e implementación de estrategias y políticas de adaptación

5.2.1. Vacíos de conocimiento para la acción identificados en la literatura

En los últimos veinticinco años se han dado avances muy significativos en la implementación de estrategias y proyectos de adaptación al cambio climático en los Andes. De hecho, Bustamante et al. (2012) identificaron ya para esa fecha 217 acciones de adaptación promovidas por la cooperación internacional en los Andes tropicales luego de la entrada en vigor de la CMNUCC. Sin embargo, aunque existen algunas revisiones generales de las estrategias y políticas de adaptación implementadas en los Andes (McGray et al. 2007; Agrifort Consult 2009; Hole et al. 2011; Bustamante et al. 2012; Huggel et al. 2015; Schoolmester et al. 2016), la falta de procesos sistemáticos de monitoreo y evaluación de los impactos de estas estrategias ha limitado el desarrollo de análisis críticos comparativos y la sistematización de lecciones aprendidas (ver Tabla 4).

En términos temáticos Bustamante et al. (2012), Huggel et al. (2015) y Schoolmester et al. (2016) señalan que la mayoría de las estrategias se enfocan en el manejo de los recursos hídricos, luego en los ejes temáticos de adaptación basada en ecosistemas y sistemas productivos

y finalmente en la temática de manejo de riesgos climáticos. A su vez, la mayoría de las estrategias analizadas por Bustamante et al. (2012), fueron implementadas a escala local, con énfasis en procesos de fortalecimiento de las capacidades de las comunidades y atendiendo un único eje temático, mientras que los proyectos multifocales solo correspondieron al 30% (en muchos casos combinando acciones de gestión del agua y sistemas productivos y enfatizando el rescate de prácticas tradicionales de manejo, ver también p. ej. Almeida 2015; Ariza et al. 2017). Otro aspecto interesante es que la mayoría de los proyectos identifican como las principales amenazas climáticas la escasez de lluvia o los eventos extremos, bien sea por un aumento en la frecuencia de las sequías o de inundaciones. Aunque en algunos casos se tomó como punto de partida un análisis técnico de riesgos climático, se señala repetidamente la necesidad de contar con escenarios climáticos prospectivos más sólidos (especialmente a escala local), y con una mayor integración de los insumos de la investigación científica y las percepciones de los actores locales (Bustamante et al. 2012; Huggel et al. 2015; Schoolmeester et al. 2016).





Foto: Ceballos. J

5.2.1.1. Marco de políticas, instituciones y gestión de la adaptación.

Como se señaló arriba, los países de la región han venido fortaleciendo el marco político y la institucionalidad en torno al CC (ver revisiones en Maldonado et al. 2012; Huggel et al. 2015; Schoolmeester et al. 2016). Sin embargo, en las evaluaciones realizadas se señala que continúan existiendo limitaciones en la implementación de las estrategias y planes nacionales de adaptación al CC, sobre todo en términos de la integración, sistematización y coordinación de las acciones a nivel local y regional con las políticas a nivel nacional e internacional. En la Tabla 4 señalamos las principales brechas identificadas en términos del marco de políticas, instituciones y gestión de la adaptación en la región. Como se puede ver, los aspectos prioritarios incluyen la necesidad de consolidar sistemas de monitoreo y evaluación de los impactos de los procesos de adaptación al CC y el análisis integrado de las acciones de adaptación multi-sectoriales y con una perspectiva territorial, incluyendo las posibles contradicciones entre diferentes políticas (p. ej. de infraestructura y producción agrícola vs. conservación de ecosistemas). Otro tema frecuentemente señalado es la necesidad de analizar la influencia del marco institucional y de gobernanza sobre la adopción de

estrategias de ACC, especialmente a nivel local y la importancia de analizar y fortalecer experiencias de co-manejo adaptativo (ver Ariza et al. 2017).

En cuanto al tema de monitoreo de los impactos de la adaptación y el reconocimiento de las especificidades y retos que plantean los ecosistemas de montaña, la experiencia reciente en Colombia es interesante. El país cuenta con un Plan Nacional de Adaptación al cambio climático desde el 2011, el cual contempla como cuarta y última fase de su implementación el monitoreo y evaluación de las acciones implementadas. Esto ha llevado, desde el 2015 a un proceso de desarrollo de un Sistema Nacional de Indicadores de Adaptación. Por otro lado, se ha venido trabajando en el diseño y consolidación de una Estrategia para Monitoreo Integrado de los Ecosistemas de Alta Montaña de Colombia (EMA), que enfatiza la necesidad de un enfoque integrado de seguimiento de la diversidad, los servicios ecosistémicos y la calidad de vida de la población a lo largo de los gradientes ambientales y de transformación que caracterizan los ecosistemas andinos del país (IDEAM et al. 2018; Llambí et al. 2019).

Tabla 4. Vacíos de conocimiento en torno al marco de políticas, instituciones y gestión de la adaptación al CC en los Andes.

Brecha de conocimiento	Referencias
Necesidad definición común de metas y objetivos en los proyectos de adaptación desde las etapas iniciales y de analizar la brecha de adaptación contra las metas consensuadas. Fortalecimiento de procesos de co-manejo adaptativo.	Huggel et al. 2015. Gleeson et al. 2016; Ariza et al. 2017; Hofstede 2019.
Necesidad de consolidación de sistemas de monitoreo y evaluación de la adaptación en términos de efectividad e impactos sociales (equidad, empoderamiento, capacidad adaptativa) y ambientales (enfoques integrales). Definición de indicadores medibles y comparables contra metas de adaptación definidas de forma participativa. Reporte y aprendizaje de soluciones exitosas y fracasos (documentar ejemplos de “mal-adaptación”). Incorporar no solo indicadores cuantitativos sino también cambios cualitativos (p. ej. a través de la compilación de narrativas).	Bustamante et al. 2012; Magrin et al. 2014; Chatterjee et al. 2014; Becerra 2015; Huggel et al. 2015; Almeida 2015; Schoolmester et al. 2016; Gleeson et al. 2016; Klein et al. 2017; Ariza et al. 2017; Wymann et al. 2018; Hofstede 2019; Dilling et al. 2019; Llambí et al. 2019.
Necesidad de análisis comparativos costo-beneficio de alternativas de adaptación en general y en particular de las estrategias de adaptación basada en ecosistemas (AbE), y el análisis de los incentivos económicos y esquemas de pago por servicios ecosistémicos que contribuyen a la adaptación.	Hole et al. 2011; Becerra 2015; Vuille et al. 2018; Hofstede 2019; Chatterjee et al. 2014; Seddon et al. 2016. Becerra 2017
Necesidad de análisis de los vínculos entre los instrumentos para la planificación y ordenamiento del territorio y el desarrollo de agendas de adaptación con enfoques territoriales a múltiples escalas.	Hole et al. 2011; Becerra 2015, 2017; Ariza et al. 2017; Hofstede 2019; Llambí et al. 2019.
Falta de instrumentos de políticas explícitamente orientadas a los socio-ecosistemas de montaña en los países Andinos	Schoolmeester et al. 2016; Wymann et al. 2018.
Ausencia de análisis de interacción y complementariedad entre múltiples impactos y riesgos y entre múltiples estrategias de adaptación (agua, agricultura, Eba, etc.) y de mecanismos para promover procesos de adaptación integrales y transversales (multi-sectoriales). Identificación de contradicciones y compromisos entre diferentes objetivos (p. ej. infraestructura o producción agrícola y conservación de ecosistemas de montaña).	Gleeson et al. 2016; Becerra 2015; UNDP 2015; Klein et al. 2017; Ariza et al. 2017; Wymann et al. 2018; Hofstede 2019
Análisis del contexto institucional, las redes de actores y conflictos y los procesos de toma decisión y sus efectos sobre la efectividad de los procesos de adaptación al CC y la implementación de soluciones (identificación de barreras y oportunidades o factores que promueven la adopción exitosa de estrategias de adaptación).	Glochamora 2005; Chatterjee et al. 2014; Becerra 2015, Huggel et al. 2015; Klein et al. 2017; Hofstede 2019; Avella 2019.
Falta de información específica para los montañas y para los Andes para poder evaluar el progreso hacia las Metas de Desarrollo Sostenible 2030. Necesidad de acuerdos en cuanto a la medición de indicadores o proxies que permitan evaluar metas.	Mathez-Stiefel et al. 2017; Wymann et al. 2019

Necesidad de desarrollo de herramientas metodológicas para vincular los análisis de vulnerabilidad climática con opciones o soluciones de adaptación	Bustamante et al. 2012; Becerra 2015
Necesidad de desarrollo de metodología y enfoques para evaluar cambios en la capacidad adaptativa de las instituciones y las organizaciones sociales.	Bustamante et al. 2012; Dillings et al. 2019.
Desarrollo de enfoques y síntesis de conocimiento para el escalamiento, replicación y sostenibilidad financiera de las estrategias de adaptación y necesidad de análisis integrales de los factores que favorecen el escalamiento y replicación de soluciones exitosas.	Bustamante et al. 2012; Vuille et al. 2018; Klein et al. 2017; Hofstede 2019; Avella 2019
Análisis de procesos transfronterizos (cuencas compartidas, migraciones, etc.) para el diseño de estrategias de adaptación, incluyendo el análisis del efecto de eventos climáticos extremos.	Becerra 2015; Klein et al. 2017; Hole et al. 2011

5.2.1.2. Recursos hídricos y riesgos

Las estrategias frente a los riesgos climáticos vinculados con la gestión de los recursos hídricos han concentrado una parte importante de los esfuerzos de adaptación en la región. Estas contemplan una amplia gama de acciones, que van desde la identificación del grado de exposición y sensibilidad de los sistemas andinos, el fortalecimiento de los sistemas nacionales de monitoreo hidrológico y los esquemas de alerta temprana, hasta el rescate de enfoques y medidas locales tradicionales para el manejo del agua (De Bievre et al. 2012; Bustamante et al. 2012; Vuille 2013; Huggel et al. 2015; Schoolmester et al. 2016). Algunos de los proyectos emblemáticos desarrollados en torno a esta temática incluyen el Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Glaciar Rápido en los Andes Tropicales (PRAA), el Programa de Adaptación al Cambio Climático de Perú (PACC), el Programa Nacional Integrado de Adaptación de Colombia (INAP) y el Proyecto “Comunidades de Páramos” (ver Huggel et al. 2015; Almeida 2015) y más recientemente el proyecto (nombre completo) AICCA. En cuanto a las acciones o soluciones de adaptación más comunes reportadas en torno a la gestión del agua en la región, podemos mencionar:

- Fortalecimiento de sistemas de información hidrometeorológica y alerta temprana
- Manejo integrado de cuencas, incluyendo acciones de ordenación a nivel de microcuencas, zonificación de actividades ganaderas, etc.
- Fortalecimiento de la gobernanza del agua, incluyendo las juntas de agua y el trabajo con

gobiernos y acueductos locales o regionales.

- Conservación, cercado o restauración de nacientes y humedales o la forestación/reforestación de las cuencas altas (con una tendencia a enfatizar más el uso de especies nativas sobre las exóticas en tiempos recientes).
- Control de la demanda de agua, incluyendo campañas educativas y esquemas de pago por servicios hídricos (incluyendo experiencias emblemáticas como la del FONAG).
- Rescate de prácticas tradicionales de uso del agua, incluyendo cosecha de agua, camellones y canales, reservorios, terrazas, uso de variedades de cultivos resistentes a la sequía, etc.
- Alternativas tecnológicas para un manejo más eficiente del agua, como sistemas de riego mejorados, infraestructuras de almacenamiento y canalización, etc.

A pesar de la gran experiencia acumulada, todavía existen vacíos importantes en torno al conocimiento para la adaptación y gestión sostenible de los recursos hídricos (Tabla 2; Tabla 5). Los vacíos más reportados incluyen la necesidad de información sobre el uso y demanda de agua a múltiples escalas, y el conocimiento de estrategias y alternativas tecnológicas para un manejo más eficiente del agua. A su vez, se identificó la necesidad de integrar los conocimientos tradicionales con el uso de nuevas tecnologías y en el análisis crítico de los sistemas de información y alerta temprana, especialmente en escenarios de alta montaña donde existen peligros de desborde de lagos glaciares.

Tabla 5. Vacíos de conocimiento en torno a la gestión de los recursos hídricos para la adaptación al CC en los Andes.

Brecha de conocimiento	Referencias
Vacíos de información y análisis del acceso y la demanda de recursos hídricos. Muchas de las evaluaciones y estudios disponibles enfatizan el tema de la oferta.	De Bievre et al. 2012; Becerra 2015; Gleeson et al. 2016; Vuille et al. 2013, 2017.
Falta de sistematización de conocimiento sobre alternativas tecnológicas para un manejo más eficiente del agua (p. ej. optimización del riego, infraestructura para almacenamiento de agua, inventarios de agua subterráneas, etc.).	Becerra 2015 Schoolmester et al. 2016
Falta de documentación y síntesis de estrategias adaptativas de las comunidades y conocimientos tradicionales para el manejo del agua	de Bievre et al. 2012; Becerra 2015.
Necesidad de metodológicos integrados para abordar los temas relacionados con gestión de riesgos y cambio climático y desarrollo de sistemas de alerta temprana en el contexto de la gestión de ecosistemas de montaña (p. ej. riesgos de desbordes de lagos de alta montaña asociados a glaciares).	Glochamore 2005; Magrin et al. 2014; Becerra 2015; Huggel et al. 2015; Vuille et al. 2013, 2017; Klein et al. 2017; GCA 2019.



Foto: Pakhnyushchyy - Freepik.com

5.2.1.3. Adaptación basada en ecosistemas (AbE)



Foto: Daniel Maldonado

Muchas de las acciones de adaptación implementadas en la región están relacionadas con la AbE. Muchas de ellas involucran la implementación de medidas tradicionalmente asociadas a la conservación, restauración, manejo de ecosistemas y gestión comunitaria de recursos naturales (UNEP 2015, Seddon et al. 2016; Hofstede 2019). Algunos ejemplos de acciones de AbE que han venido siendo utilizadas incluyen (Heller y Zabaleta 2009; Hole et al. 2011; Cuesta et al. 2012; PPA 2012; Cuesta et al. 2014; Almeida 2015; Becerra 2017; Ariza et al. 2017; Fuentes-Castillo et al. 2020):

- Conservación y manejo de especies amenazadas o emblemáticas (manejo in-situ y ex situ, traslocaciones, reducción de amenazas, etc.).
- Acuerdos comunitarios, en resguardos indígenas, en áreas privadas, o a nivel regional-municipal de ordenación participativa del territorio y conservación de bosques y ecosistemas altoandinos (páramos, punas).
- Identificación de vacíos en los sistemas de áreas protegidas y establecimiento de corredores (considerando escenarios de amenazas climáticas).
- Manejo de paisajes rurales (p. ej. cercas vivas, cultivos de sombra, etc.).
- Estrategias de restauración ecológica utilizando especies nativas o exóticas (incluyendo estrategias de monitoreo en

algunos casos).

- Sistemas agroforestales y silvopastoriles (p. ej. forestería análoga)
- Cercados o protección de nacientes, control de la carga ganadera, manejo sostenible de pasturas.
- Recuperación de suelos en áreas degradadas (p. ej. por minería o agricultura intensiva).
- Manejo de especies invasoras que tienen impactos negativos sobre la diversidad o servicios ecosistémicos (p. ej. retamo espinoso).
- Sistemas de monitoreo, alerta temprana y control de incendios

Aunque existe información generada por proyectos y estudios, entre las brechas de conocimiento más importantes identificadas se destaca la necesidad de realizar síntesis de información sobre el impacto en los servicios ecosistémicos y la calidad de vida de diferentes sistemas de manejo convencional, tradicional y alternativo (agrícolas, pecuarios, forestales, etc.). A su vez, como vacíos se identifica la integración del conocimiento en torno a la efectividad e impactos sociales y ambientales de medidas de restauración ecológica, así como la efectividad de las estrategias de conservación y generación de mayor conectividad desde el nivel de paisajes al continental (p. ej. corredores biológicos, sistemas regionales de áreas protegidas) que se han venido implementando en la región (Tabla 6).

Tabla 6. Vacíos de conocimiento en torno a la adaptación basada en ecosistemas en los Andes.

Brecha de conocimiento	Referencias
La incertidumbre sobre los impactos del CC y el uso de la tierra sobre la estructura, servicios ecosistémicos y resiliencia de los ecosistemas andinos sigue siendo una brecha fundamental para el diseño de estrategias de AbE.	Cuesta et al. 2012; Becerra 2015; Schoolmester et al. 2016; Hofstede 2019.
Falta de estudios y datos de monitoreo y de una revisión crítica a nivel andino de la evidencia de experiencias de restauración ecológica, y sus impactos sobre los servicios ecosistémicos y la calidad de vida de las poblaciones locales: identificar potencialidades, cuellos de botella y condiciones institucionales habilitantes, factores limitantes y oportunidades.	Bustamante et al. 2012; Aguilar y Ramírez 2015; Becerra 2015, 2017; Seddon et al. 2016; Mathez-Stiefel et al. 2017; Klein et al. 2017; Hofstede 2019; Avella 2019; Llambí et al. 2019.
Análisis comparativo de prácticas de adaptación que reducen impactos sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos y aumentan la resiliencia (muchas son prácticas tradicionales de conservación o manejo de ecosistemas, pero su efectividad para aumentar la resiliencia se desconoce).	UNEP 2015; Becerra 2015; Seddon et al. 2016; Hofstede 2019.
Efectividad de la AbE en el contexto de sistemas semi-naturales o transformados (p. ej. sistemas agro-forestales, pasturas manejadas). y a lo largo de gradientes de transformación	Hofstede et al. 2019, Llambí et al. 2019.
Efectividad de las medidas de conservación de la biodiversidad y su contribución a la adaptación. En la región se han implementado medidas de conservación de especies y ecosistemas (e.g. sistemas de áreas protegidas, corredores biológicos, conservación ex situ), pero falta de estudios de evaluación de su efectividad como herramientas de adaptación. Evaluación de efectividad de medidas REDD y REDD+ en la región.	Hole et al. 2011. Becerra 2015; UNEP 2015; Hofstede 2019; Fuentes-Castillo et al. 2020.
Aunque ha habido avances en la investigación, todavía falta conocimiento del impacto de las estrategias de forestación y reforestación en el funcionamiento hidrológico (p. ej. información de monitoreo de largo plazo, estudios comparativos sistemáticos, conocimientos tradicionales sobre especies y manejo forestal, efectos de plantaciones manejadas, impacto de especies exóticas, incluyendo <i>Polylepis racemosa</i>).	Bustamante et al. 2012; Mathez-Stiefel et al. 2017; Cerron et al. 2019
Identificación de áreas prioritarias de conservación en escenarios de cambio climático y vacíos en áreas de conservación a escala regional Andina y articulación de figuras de conservación (bosques protectores, áreas regionales de conservación, reservas privadas, resguardos indígenas).	Hole et al. 2011; Cuesta et al. 2012; Pauli y Halloy 2020; Fuentes-Castillo et al. 2020.
Evaluación de efectividad de corredores de conservación y de estrategias para promover la migración o dispersión de las especies (cambios en la permeabilidad de los paisajes) como estrategia de adaptación y conservación e identificación de refugios funcionales de biodiversidad en escenarios de CC (p. ej. islas de bosques en ecosistemas altoandinos)	Hole et al. 2011; Cuesta et al. 2012; Baez et al. 2016.
Evaluación empírica de efectividad de estrategias de manejo de paisajes rurales (e.g. cercas vivas, cultivos de sombra, etc).	Cuesta et al. 2012.

5.2.1.4. Sistemas productivos y agricultura

Este es otro eje temático en el que se ha acumulado mucha experiencia en los Andes y en el que muchas de las acciones de adaptación muestran relación con medidas más tradicionales de los proyectos de desarrollo rural sostenible y desarrollo de base comunitaria. A su vez, los proyectos de adaptación en sistemas productivos han enfatizado el rescate y revalorización de prácticas tradicionales de manejo (especialmente en Bolivia, Perú y Ecuador) y, en algunos casos, su integración con nuevas tecnologías (Pérez et al. 2010; Bustamante et al. 2012; Postigo et al. 2012; Hofstede 2019). Ejemplos de estrategias de adaptación en la temática de los sistemas productivos agrícolas y pecuarios incluyen (Young y Lipton 2006; Stadel 2008; VanDerwill 2008; Pérez et al. 2010; Surkin et al. 2010; de Bievre et al. 2012; Postigo et al. 2012; Vidaurre et al. 2013; Almeida 2015; Ariza et al. 2017):

- Modelamiento y análisis agroclimáticos y de la distribución, fenología y productividad de los cultivos en escenarios de cambio climático para la implementación de ajustes en el calendario agrícola, en las localidades o las prácticas de siembra, etc. (p. ej. CIAT, FAO).
- Promoción de alternativas de manejo agroecológicas (p. ej. control biológico de plagas y enfermedades, biofertilizantes y fertilizantes orgánicos, huertas comunitarias, etc.).
- Mejoramiento de los sistemas de riego, infraestructura y eficiencia en el manejo del agua
- Ganadería sostenible (p. ej. mejoramiento de

pastos, rotaciones, mejoramiento genético de rebaños, conservación de humedales, etc.).

- Investigación, desarrollo y promoción en campo de nuevas variedades, mejoramiento genético y alternativas biotecnológicas, incluyendo variedades de cultivos más resistentes a las sequías.
- Promoción de estrategias de diversificación agrícola
- Desarrollo de cajas rurales, seguros agrarios y otros esquemas de financiamiento que consideran el riesgo climático (especialmente frente a eventos extremos).
- Fortalecimiento de organizaciones locales de productores y del capital social.

Entre las brechas de conocimiento más importantes identificadas (Tabla 7) es importante resaltar la necesidad de realizar análisis más integrales sobre la inserción de las prácticas de adaptación al CC en el contexto social, las dinámicas socio-ecológicas, los sectores productivos, los modos de vida rurales, y las cadenas de valor para que estas sean más resilientes al clima e incidan en transformar la agricultura hacia una “climáticamente inteligente” (ver p. ej. Chen et al. 2018; Ngoma et al. 2018; Hofstede 2019). A su vez, se identifica como prioritario la necesidad de integración de las prácticas agrícolas tradicionales y estrategias agroecológicas con el uso de nuevas tecnologías (p. ej. tecnologías de información agroclimáticas), en particular en relación con los costos económicos y beneficios sociales. La Tabla 7 presenta los vacíos identificados en el tema.

Tabla 7. Vacíos de conocimiento en torno a los sistemas productivos y las estrategias de adaptación al CC.

Brecha de conocimiento	Referencias
Necesidad de investigación agrícola sobre variedades vegetales (p. ej. variedades resistentes a la sequía) y alternativas biotecnológicas, mejoramiento genético y utilización de marcadores moleculares para identificar los genes potenciales para la adaptación en programas de mejoramiento genético a mediano plazo (especialmente en los sectores agrícolas de pequeña escala)	Postigo et al. 2012; De Bievre et al. 2012; Becerra 2015; GCA 2019.
Sistemas de información climática para apoyo a la agricultura y alerta temprana de riesgos climáticos	De Bievre et al. 2012. Hofstede 2019
Estudio de los efectos del CC y estrategias de adaptación como base para el desarrollo de cadenas de valor en el sector agrícola y pecuario resilientes al CC y con un enfoque territorial de sistemas productivos.	Mathez-Stiefel et al. 2017; Klein et al. 2017; Hofstede 2019; Ariza et al. 2017; Wymann et al. 2018

Efectos del cambio climático sobre la distribución espacial de los cultivos y los procesos de erosión y degradación de suelos y sus implicaciones para la adaptación de sistemas productivos agrícolas	Pérez et al. 2010; Postigo et al. 2012; Hofstede et al. 2014; Tito et al. 2017
Efectos de cambio climático sobre la dinámica de plagas y enfermedades para cultivos y animales y estrategias de adaptación para el manejo de plagas y enfermedades (p. ej. diversificación agrícola).	Glochamore 2005; Pérez et al. 2010; Postigo et al. 2012; Tito et al. 2017
Mejorar el conocimiento de los mecanismos sociales que habilitan distintas opciones de adaptación en el sector agrícola, partiendo del enfoque del acceso a diferentes tipos de capitales y las capacidades adaptativas de la población rural	Perez et al. 2010; Postigo et al. 2012; Dilling et al. 2019.
Análisis de los procesos de migración rural – urbana, la forma en que el CC interactúa con estos procesos y los impactos para la capacidad adaptativa de las poblaciones rurales.	Glochamore 2005; Klein et al. 2017
Análisis de vínculos entre los cambios en la disponibilidad de agua producto del cambio climático y la alternativas productivas / estrategias de adaptación	Pérez et al. 2010; Gleeson et al. 2016
Análisis de estrategias agroecológicas climáticamente inteligentes y de bajo costo que permitan la adopción por los sectores más pobres	Hofstede 2019
Análisis de impactos sociales de estrategias de adaptación en sistemas productivos más allá de los efectos en rendimiento (indicadores de calidad de vida, ambientales, nutrición, etc.).	Tito et al. 2017; Hofstede 2019
Impactos ecológicos, sociales y productivos y análisis del valor adaptativo de estrategias de diversificación agrícola	Pérez et al. 2010; Klein et al. 2017; Ariza et al. 2017

5.2.1.5. Aspectos socio-económicos, culturales y de salud

La consideración de aspectos vinculados con el contexto y los impactos socio-económicos, culturales y de salud son temas transversales fundamentales para la ejecución de estrategias de ACC, y que requieren la adopción de enfoques más transdisciplinarios. Aquí hay varios aspectos clave que constituyen brechas para la adaptación en la región (Tabla 8), incluyendo el desarrollo de indicadores para el análisis de la vulnerabilidad social al CC adaptados a diferentes contextos (p. ej. medio rural vs. urbano), así como indicadores multi-criterio para evaluar los cambios en la capacidad adaptativa de los individuos, las comunidades y las instituciones en relación con cambios en los modos de vida y el capital humano y social (ver Klein et al. 2017; Wymann et al. 2018; Dillings et al. 2019). Esto es fundamental, ya que muchos proyectos de ACC tienden a incidir de forma más evidente en estos temas (por ejemplo a través de estrategias de educación, gobernanza y fortalecimiento de capacidades), que directamente inciden en la exposición y vulnerabilidad climática de los sistemas socio-ambientales.



Foto: Luis Daniel Llambí

A su vez, se identificó como relevante profundizar en el entendimiento de las diferentes percepciones de los riesgos climáticos de actores locales vs. técnicos y tomadores de decisión y lo que constituye, por tanto, el éxito de la adaptación para diferentes actores. Así, el análisis de los sistemas de conocimiento en torno al CC continua siendo fundamental para identificar estrategias más efectivas de dialogo de saberes, de participación

social y comunitaria y de co-manejo adaptativo (Huggel et al. 2015; Ariza et al. 2017). A su vez, la dimensión de género, y en particular el rol de las mujeres en la implementación exitosa de programas de ACC, y la vulnerabilidad/impacto del cambio climático sobre las condiciones de salud y nutrición de los sectores más pobres se plantean como brechas importantes para la adaptación en la región.

Tabla 8. Vacíos de conocimiento en torno a aspectos transversales socio-económicos, culturales y de salud y las estrategias de adaptación al CC en los Andes.

Brecha de conocimiento	Referencias
Necesidad de fortalecer estrategias efectivas de comunicación, capacitación y educación en torno a la adaptación al CC con comunidades rurales y tomadores de decisión	Hole et al. 2011. Becerra 2015; Wymann et al. 2018 Schoolmesteer et al. 2016
Necesidad de estudios y análisis comparativos de la vulnerabilidad social, resiliencia y cambio en la capacidad adaptativa de comunidades rurales con la implementación de estrategias de adaptación. Estudios sobre el impacto sobre la calidad de vida de las estrategias de adaptación al CC, especialmente de los grupos más vulnerables.	Glochamore 2005; Avella 2019; Huggel et al. 2015; Postigo et al. 2012; Vuille et al. 2018; Wymann et al. 2018; Hofstede 2019; Klein et al. 2017; Schoolmaster et al. 2016
Falta de procesos de sistematización y documentación del conocimiento tradicional asociado a la adaptación al CC y de estrategias de integración con el conocimiento científico-técnico (diálogo de saberes).	Glochamore 2005; Becerra 2015, Bustamante et al. 2012; Magrin et al. 2014; Charttrejee et al. 2014; Ariza et al. 2017. Becerra 2017 Schoolmesteer et al. 2016
Necesidad de análisis y estudios comparativos para entender los condicionantes sociales e institucionales para la adopción efectiva de estrategias participativas de adaptación: ¿Cómo el contexto local, cultural, organizativo y las relaciones de poder influyen estos procesos?	Bustamante et al. 2012; Huggel et al. 2015; Vuille et al. 2018; Hofstede 2019
Necesidad de estudios sobre la percepción de riesgos climáticos por los actores locales (vs. análisis técnicos de vulnerabilidad y riesgos). Análisis de cambios históricos en las percepciones y los sistemas de conocimientos en torno al cambio climático.	Huggel et al. 2015; Magrin et al. 2014; Vuille et al. 2018; Becerra 2017; Dillings et al. 2019
Falta de información y estudios comparativos o síntesis sobre las condiciones de salud y las variables asociadas al impacto del cambio climático en la salud y la prevalencia de enfermedades en la región Andina	Glochamore 2005; Magrin et al. 2014; Schoolmaster et al. 2016; Gleeson et al. 2016; Klein et al. 2017; Charttrejee et al. 2014 Schoolmesteer et al. 2016
Necesidad de análisis y mayor énfasis en la dimensión de género en los procesos de adaptación, y en particular qué factores promueven la participación efectiva de las mujeres.	Hofstede 2019 Schoolmesteer et al. 2016

5.2.1.6. Otros sectores: energía, industria, infraestructura

Aunque en el presente análisis hemos enfatizado la brechas para la adaptación vinculadas a la gestión del agua, los ecosistemas y los sistemas productivos Andinos, las políticas y estrategias de ACC involucran muchos otros sectores incluyendo la producción industrial, la minería, el desarrollo de grandes obras de infraestructura, y la generación de energía (ver por ejemplo la Agenda Estratégica sobre la Adaptación al Cambio Climático en las Montañas de Los Andes, 2018).

En este contexto, una de las principales brechas identificadas es justamente el análisis comparativo de las necesidades de adaptación de los diferentes sectores de la economía en los países Andinos, y visibilizar el cambio climático como un eje

transversal para el diseño de políticas inter-sectoriales coherentes con la transición hacia el desarrollo de bajas emisiones, resiliente al clima (ver Becerra 2015; Schoolmester et al. 2016). En el contexto de los Andes, algunos temas clave a considerar aquí tienen que ver con la presencia y relaciones de interdependencia entre los espacios rurales y las poblaciones urbanas (p. ej. Bogotá, Quito, Santiago de Chile) y el impacto del aumento en la demanda de energías renovables sobre los socio-ecosistemas de montaña (biocombustibles, generación hidroeléctrica, etc.). A su vez, se hace necesario un análisis de las oportunidades y retos que plantea una mayor participación del sector privado en la implementación y financiamiento de opciones de adaptación (Tabla 9).

Tabla 9. Vacíos de conocimiento para la adaptación al CC en los sectores de energía, industria e infraestructura en los Andes.

Brecha de conocimiento	Referencias
Análisis comparativos de necesidades sectoriales en torno a la adaptación al CC (p. ej. industria, riesgos y seguros, energía).	Becerra 2015; Schoolmester et al. 2016; GCA 2019.
Análisis de cambios en la demanda de energías renovables (e.g. biocombustibles) y su interacción con el cambio del uso de la tierra y la degradación de ecosistemas. Impactos del CC sobre la generación hidroeléctrica y cambios a fuentes no renovables (e.g. termoeléctricas).	Hole et al. 2011; Barcena et al. 2020.
Necesidad de estudios síntesis sobre los riesgos para las zonas urbanas (especialmente las poblaciones más pobres) y la infraestructura vinculados con el CC en zonas de montaña (e.g. riesgos para represas, urbanización en zonas peligrosas, etc.).	Huggel et al. 2015; Klein et al. 2017 Schoolmester et al. 2016
Oportunidad de integrar enfoques y estrategias de manejo de riesgos a los análisis y la gestión de los riesgos climáticos en los Andes, incluyendo el fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana, y el desarrollo de medidas preventivas.	Schoolmester et al. 2016; Barcena et al. 2020.
Falta de énfasis en el estudio y la vinculación del sector privado en los procesos de adaptación. Evaluación y análisis de qué constituyen “inversiones resilientes al clima”.	Klein et al. 2017; Hofstede 2019; Banco Mundial 2017.
Necesidad de identificar conflictos, compromisos o contradicciones (así como alternativas y oportunidades) entre el desarrollo de infraestructura y la conservación de los ecosistemas de montaña (necesidad de análisis integrados de impacto social y ambiental).	Wymann et al. 2018

5.2.2. Vacíos para la acción identificados por expertos y tomadores de decisión

Las tres principales brechas identificadas por los encuestados en torno al conocimiento base para la implementación de proyectos de adaptación al cambio climático en los Andes (Figura 8), fueron el monitoreo de impacto sobre ecosistemas y

biodiversidad, el análisis de la dinámica del clima y la información sobre los impactos hidrológicos de las medidas de adaptación, es decir, fundamentalmente aspectos vinculados con los aspectos ecológicos y biofísicos.

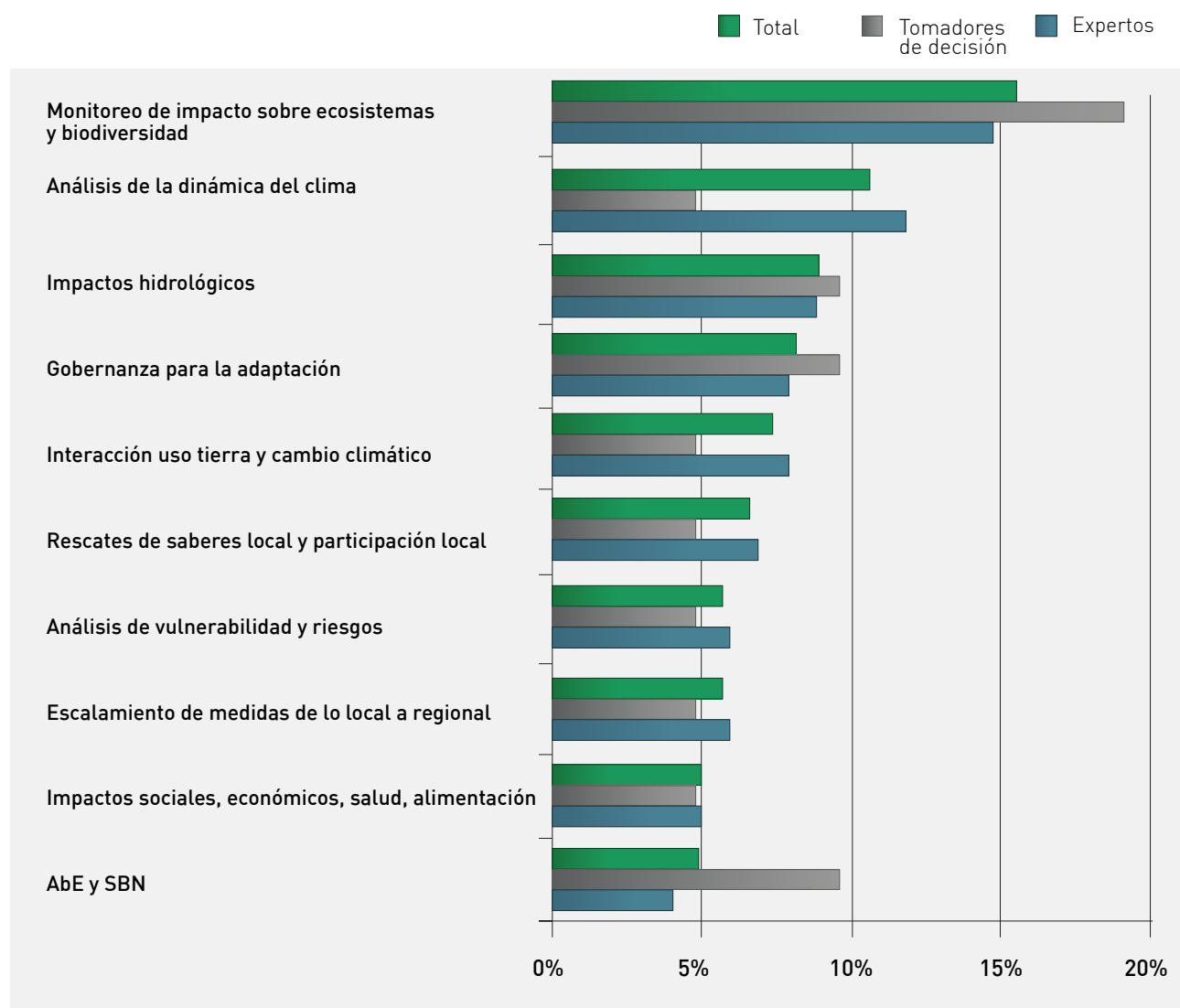


Figura 8. Vacíos identificados por expertos y tomadores de decisión en los Andes en el conocimiento base para la implementación de proyectos de adaptación al CC. Se presenta el porcentaje de encuestados que señalaron cada uno de los temas identificados en las respuestas (pregunta abierta).

Como se muestra la Figura 8, existe coincidencia entre expertos y tomadores de decisión en que el principal vacío de conocimiento base para la implementación de estrategias de adaptación es el monitoreo de impacto, es decir, entender cómo el cambio del clima afecta las estructuras ecológicas de los ecosistemas y su repercusión en la provisión de servicios ecosistémicos, lo que obviamente tiene implicaciones clave para el diseño de proyectos de adaptación al CC. Para tomadores de decisión, los otros temas señalados por un porcentaje importante de los encuestados fueron la necesidad

de información sobre impactos hidrológicos, la gobernanza para la adaptación refiriéndose a la falta de una mayor articulación intersectorial, y la implementación de estrategias o medidas de conservación y restauración de ecosistemas. Por su parte, los expertos encuestados señalaron el análisis de la dinámica del clima, es decir cambios en los patrones de precipitación y variación en su estacionalidad, y los impactos hidrológicos (incluyendo cambios presentes y futuros en la hidrología y disponibilidad agua de las cuencas bajo escenarios de cambio climático).

En cuanto a los temas de trabajo prioritarios en adaptación al CC, los encuestados señalaron con más frecuencia las medidas relacionadas con la gobernanza para la adaptación (Figura 9), refiriéndose principalmente a herramientas o instrumentos como planes de manejo adaptados a la realidad local, la conformación de plataformas o

mecanismo de trabajo interinstitucional y los arreglos interinstitucionales para las medidas de adaptación. Es interesante notar que para los tomadores de decisión de la IAM, el tema más mencionado de trabajo fue el de las estrategias de conservación y restauración de ecosistemas (AbE y SBN).

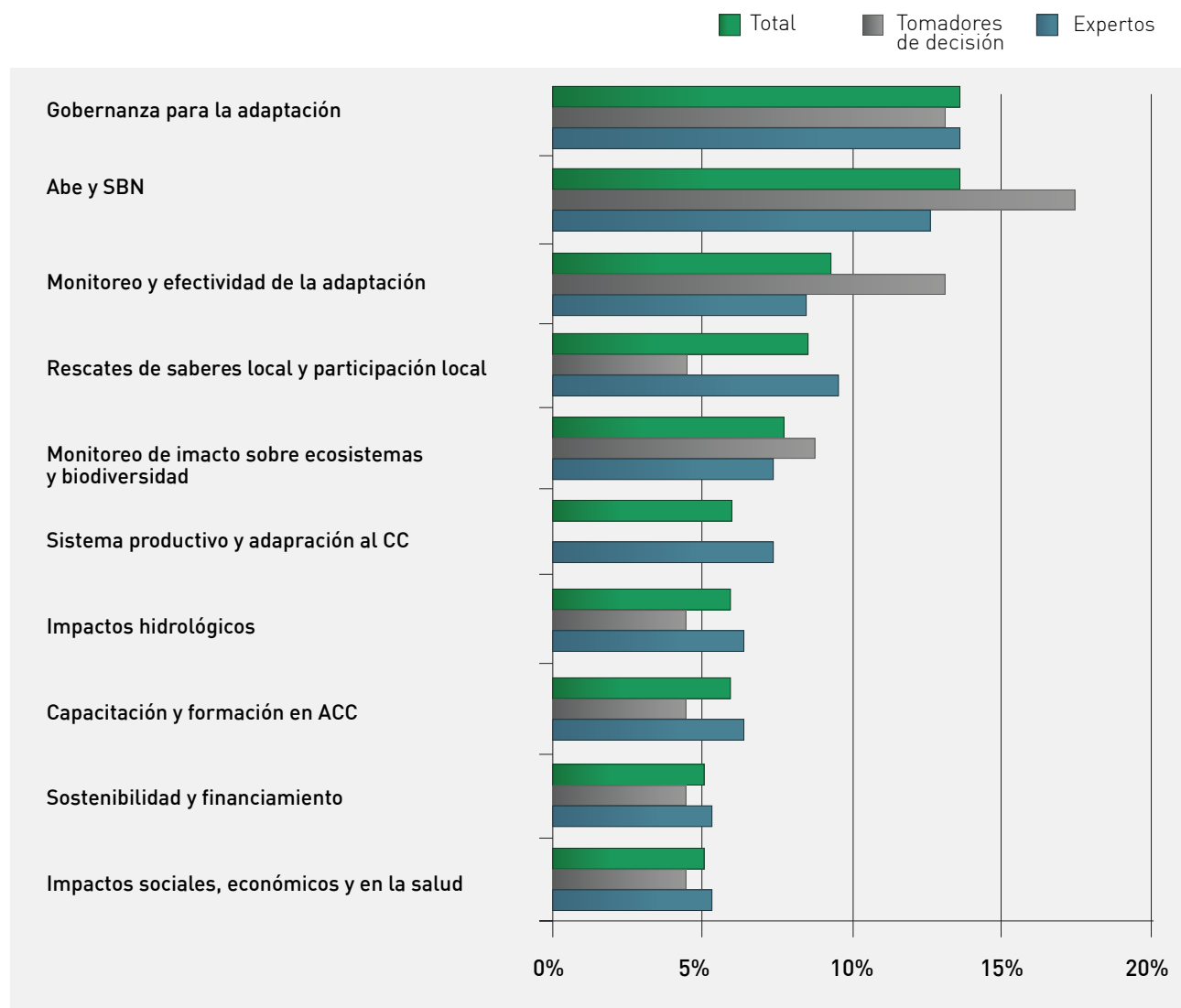


Figura 9. Vacíos de conocimiento identificados por expertos y tomadores de decisión en los Andes en cuanto a temas de trabajo prioritarios en adaptación al CC. Se presenta el porcentaje de encuestados que señalaron cada uno de los temas identificados en las respuestas (pregunta abierta).

En la Figura 9 observamos que el segundo y tercer temas prioritarios de trabajo señalados fueron las estrategias de conservación y restauración, y el monitoreo de la efectividad de la adaptación, respectivamente. Vemos que sobre el último, los tomadores de decisión coinciden que es uno de los principales temas y se muestra la necesidad de evaluar y comparar la efectividad de diversas estrategias y sus resultados frente a la adaptación al cambio climático. Por último, el rescate de saberes ancestrales y la participación social en el

diseño, implementación y desarrollo de medidas y estrategias de adaptación fueron también de los temas más mencionados.

Cuando se planteó a los encuestados ordenar en función de su prioridad para invertir recursos humanos y financieros en diferentes áreas temáticas vinculadas con la adaptación al CC (Figura 10), casi un tercio de los encuestados identificaron como el tema con la mayor prioridad la biodiversidad, servicios ecosistémicos y

adaptación basada en ecosistemas, seguido por los sistemas productivos agrícolas y pecuarios, las políticas, gobernanza y planificación territorial, y el tema del retroceso glaciar y la dinámica

hidrológica (en buena medida coincidiendo con las prioridades identificadas en la pregunta abierta anterior sobre los temas prioritarios de trabajo).

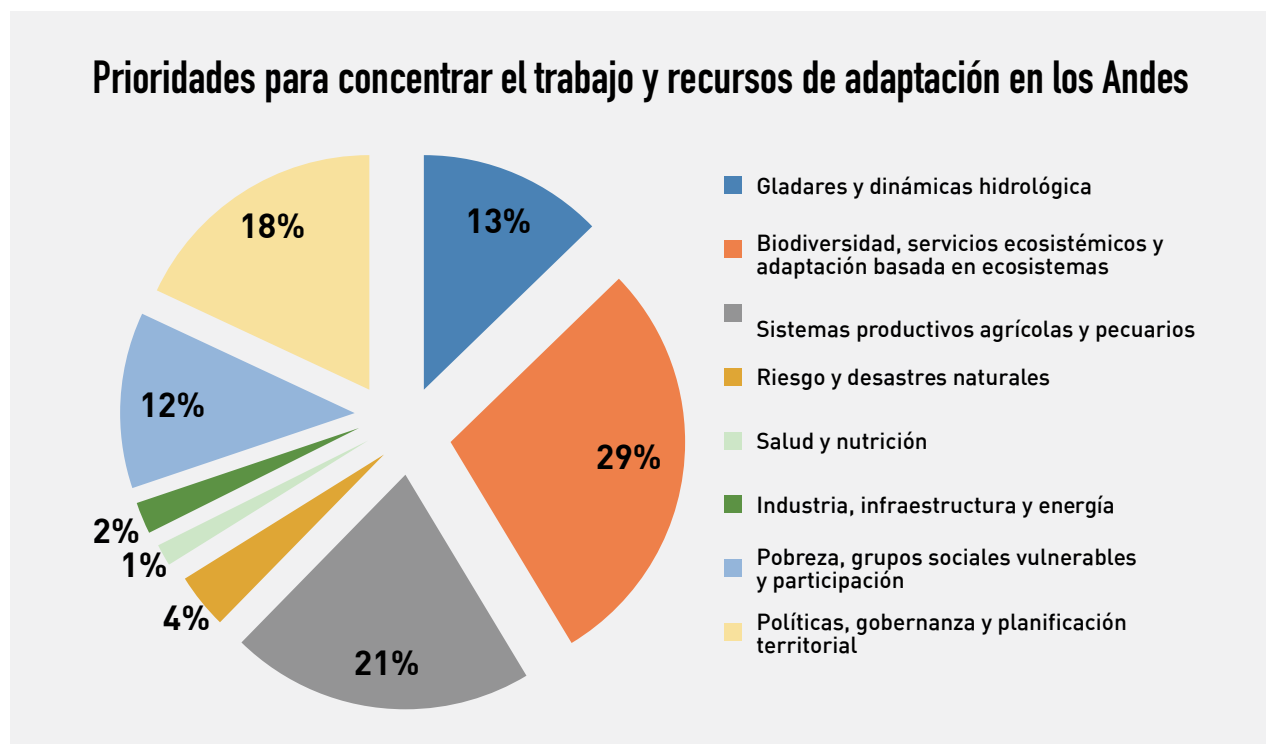


Figura 10. Áreas temáticas priorizadas por expertos y tomadores de decisión en los Andes para concentrar el trabajo y recursos financieros en la adaptación al cambio climático. Se señalan el porcentaje de las temáticas más prioritarias ecogidas por los encuestados. (pregunta cerrada).

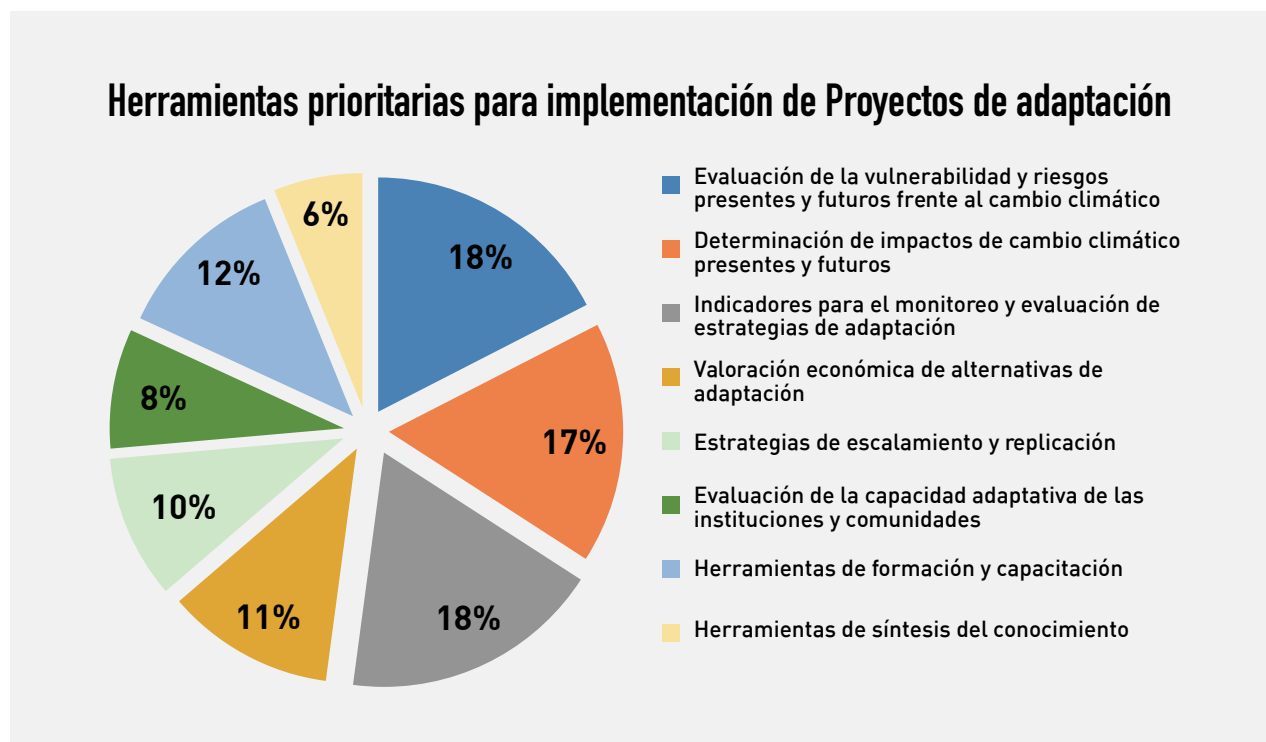


Figura 11. Herramientas priorizadas por expertos y tomadores de decisión en los Andes para la implementación de estrategias de adaptación al cambio climático. Se señalan el porcentaje de las herramientas más prioritarias ecogidas por los encuestados. (pregunta cerrada).

Finalmente, la Figura 11 presenta el porcentaje de encuestados que consideró como prioritarias diferentes herramientas para la implementación de proyectos de adaptación. Las tres herramientas

priorizadas fueron el desarrollo de indicadores de monitoreo de la efectividad de la adaptación, los indicadores de vulnerabilidad y riesgos frente al CC y la determinación de impactos del CC.

Síntesis de los resultados

Resulta interesante que en los vacíos para la acción y la implementación de estrategias de adaptación, los encuestados enfatizaron también la necesidad de fortalecer los procesos de monitoreo de impactos, vulnerabilidad y efectividad de la adaptación. Por un lado, se enfatizó la necesidad de mejorar las estaciones hidrometeorológicas y las series de datos, y por otro el uso de esta información para el monitoreo de impacto del cambio climático sobre servicios ecosistémicos. A su vez, tomadores de decisión y expertos concuerdan en la falta de información sobre la efectividad de las medidas de adaptación, y el desarrollo de indicadores para determinar si una acción mejora la capacidad adaptativa, o por el contrario, es una mala adaptación. Con esto, es evidente que todavía existen vacíos de conocimiento sobre los impactos del cambio climático (enfatisando los impactos sobre la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y la regulación hidrológica) y cómo las acciones de gestión contribuyen a la adaptación (herramientas para evaluar los cambios en la capacidad adaptativa con fines de monitoreo y evaluación). Por lo tanto, el trabajo conjunto ciencia-política luce como una prioridad para la gestión del conocimiento en torno a la adaptación en la región.

Se puede observar que para expertos y tomadores de decisión es igualmente prioritario fortalecer el conocimiento en torno a estrategias de adaptación basada en ecosistema, el desarrollo de alternativas de reconversión productiva sostenible y el establecimiento de sistemas productivos resilientes. Así mismo, ambos grupos coinciden que es prioritario el trabajo en gobernanza, de modo que la adaptación al CC funcione como un eje transversal que integre múltiples instituciones, sectores y escalas.

Conclusiones: vacíos y oportunidades para la gestión del conocimiento

A partir del análisis del marco conceptual, político y de gestión en torno a la adaptación al CC en el contexto global y de los Andes, así como de los principales avances y brechas en torno al conocimiento sobre el tema en la región, podemos concluir que la región cuenta con avances importantes en el desarrollo de un marco político e institucional para la adaptación al CC. A su vez, los resultados del estudio evidencian que el conocimiento generado sobre los impactos y la vulnerabilidad frente al cambio climático de los socio-ecosistemas Andinos ha avanzado considerablemente en los últimos 20 años, siendo fundamental el aporte de la consolidación de redes continentales de monitoreo de largo plazo (p. ej. Grupo de Trabajo en Hielos y Nieves Andinos, Gloria-Andes, IMHEA y la Red de Bosques Andinos).

Sin embargo, continúan existiendo vacíos de conocimiento importantes que limitan la implementación efectiva de las políticas y estrategias de adaptación al CC en la región y constituyen por tanto oportunidades para la generación de herramientas y productos de gestión del conocimiento y para el fortalecimiento de iniciativas en marcha. Señalamos a continuación, las principales necesidades para responder a las brechas, priorizadas a la luz del análisis realizado y las respuestas de los expertos y tomadores de decisión consultados:

- Existen vacíos importantes en el conocimiento básico sobre el clima, el cambio climático y sus impactos ecológicos y sociales en los Andes. Esto plantea la necesidad de seguir fortaleciendo los sistemas de monitoreo hidro-meteorológico en los Andes, así como las redes de monitoreo de largo plazo e investigación comparativa. En cuanto a la generación de estudios de síntesis de conocimiento, sería importante realizar análisis de las lecciones aprendidas en cuanto al funcionamiento y sostenibilidad de estas redes así como continuar apoyando la difusión de información derivada de ellas

(página web, publicaciones síntesis, etc.).

- Es necesario analizar cómo diferentes acciones o soluciones de adaptación generan cambios en la vulnerabilidad, resiliencia y capacidad adaptativa de los individuos, comunidades y socio-ecosistemas Andinos. La ausencia de herramientas consensuadas y la falta de experiencias que evalúen las políticas y estrategias de adaptación al CC han limitado los procesos de generación de síntesis y estudios comparativos sobre los impactos de estas estrategias y acciones de ACC. Esto plantea, la necesidad de proponer herramientas e indicadores (toolkits) para el monitoreo de proyectos o estrategias de ACC.

- Se requieren análisis comparativos de los enfoques, impactos y lecciones aprendidas de los proyectos y estrategias de adaptación. Es importante entender cómo los contextos institucionales y de gobernanza han influenciado el éxito o fracaso de las estrategias de adaptación adoptadas, así como de los factores que han influido en la integración de diferentes visiones y sistemas de conocimiento sobre CC, las estrategias de respuesta (tradicional vs. técnico/científico) y la incidencia de la participación efectiva de actores locales y de los grupos sociales más vulnerables. A su vez, es importante evaluar las estrategias que se han implementado para la réplica y escalamiento de experiencias y la promoción de esquemas de sostenibilidad institucional y financiera (barreras y oportunidades).

- Es necesario promover una visión más integral o multi-sectorial de las estrategias de adaptación. Una oportunidad interesante es la generación de estudios de síntesis o meta-análisis en los que se analicen conjuntamente los proyectos y estrategias vinculados a la gestión de los recursos hídricos, los sistemas productivos y la AbE en la región (incluyendo el análisis de sinergias y contradicciones). Para esto es importante partir de un

enfoque transdisciplinario que analice los socio-ecosistemas considerando las dimensiones ambientales y ecológicas de las estrategias de adaptación, así como la oportunidades de inserción y los impactos potenciales en el contexto social, económico y cultural.

- Es prioritario contar con análisis integrados y síntesis comparativas de los impactos del CC sobre el funcionamiento de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos que prestan (p. ej. regulación hídrica, acumulación de biomasa y carbono, regulación de la fertilidad, etc.), los efectos de diferentes estrategias de uso del suelo y los beneficios de la restauración y el manejo de los ecosistemas en los Andes bajo escenarios de CC. Estos análisis son relevantes para identificar diferentes opciones de adaptación, especialmente aquellas vinculadas a alternativas productivas agrícolas y pecuarias y estrategias de restauración asistida, forestación/reforestación y manejo (p. ej. sistemas agroforestales, manejo de pasturas, manejo de paisajes rurales, etc.).

- Se requiere promover procesos de sistematización y comparación de diferentes estrategias de ACC basadas en estrategias tradicionales de manejo y su integración con nuevas opciones tecnológicas, considerando especialmente los costos y beneficios de diferentes alternativas, y su valor para fortalecer las capacidades adaptativas de las poblaciones locales (especialmente aquellas más vulnerables) y el marco institucional.

- Es importante la generación y difusión (p. ej. a través de INFOANDINA u otras plataformas) de documentos de análisis e indicadores de síntesis del estado de salud, impacto y vulnerabilidad de los ecosistemas Andinos frente al CC a diferentes escalas (incluyendo metodologías de downscaling, integración de múltiples fuentes de información, etc.). En relación con ello es necesario promover la discusión de herramientas y alternativas para la generación de escenarios de vulnerabilidad frente al CC, así como de los enfoques y metodologías para vincular los análisis de vulnerabilidad y riesgo con la propuesta de portafolios de soluciones de adaptación.

- Es prioritario el desarrollo de análisis de vulnerabilidad que integren los componentes sociales, económicos, políticos, biofísicos e

institucionales y la generación de indicadores para evaluar la capacidad adaptativa de las comunidades locales, los sistemas productivos Andinos y la sociedad en general, con enfoques integrales que reflejen la complejidad de la adaptación y el contexto en el que se desarrollan.

- El trabajo en el análisis de los modelos más efectivos de gobernanza y los cambios estructurales necesarios en las instituciones gubernamentales y no gubernamentales para la adaptación sigue siendo un tema prioritario a pesar de los avances institucionales y normativos provenientes de la CMNUCC y su implementación a escala nacional en la región. Entender a la adaptación como eje transversal en todas las actividades de desarrollo y no como un problema ambiental se ve reflejado con la necesidad de articular las políticas de adaptación intersectorialmente, a diferentes escalas y entre diversos actores.

- Se ve la necesidad de enfocar esfuerzos para entender cómo y cuánto aportan las prácticas ancestrales y locales como medidas de adaptación para reducir la vulnerabilidad de las comunidades. En este mismo sentido, la sostenibilidad de las medidas de adaptación dependerá de la apropiación de las comunidades locales de estas prácticas, incidiendo a su vez en las oportunidades de participación en las estrategias de ACC, desde la conceptualización del problema climático hasta la implementación de medidas. Es aquí donde se presenta una oportunidad para revalorizar los conocimientos ancestrales, integrarlos a opciones tecnológicas innovadoras y evaluar su efectividad vis a vis otras alternativas.

- No se han dedicado los esfuerzos suficientes en comunicar la información sobre los impactos del cambio climático sobre los socioecosistemas andinos, por lo que es prioritario contar con los mecanismos apropiados para poner la información disponible a disposición del público y sobretodo hacerla llegar de forma efectiva a tomadores de decisión. Así, sigue siendo una tarea pendiente el promover un diálogo más efectivo entre la ciencia y la política y que las estrategias de adaptación respondan de manera más clara a la evidencia científica sobre el impacto del cambio climático en los socio-ecosistemas y sus respuestas.

Bibliografía consultada

- AdaptationWatch (2015). *Toward Mutual Accountability: The 2015 Adaptation Finance Transparency Gap Report*. <http://www.adaptationwatch.org>.
- Adler C, Palazzi E, Kulonen A, Balsiger J, Colangeli G, et al. 2018. *Monitoring Mountains in a Changing World: New Horizons for the Global Network for Observations and Information on Mountain Environments (GEO-GNOME)*. *Mountain Research and Development*, 38(3): 265-269.
- Aguilar-Garavito M, Ramírez W. (Eds.). 2015. *Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 250 pp.
- Agrifor Consult. 2009. *Cambio climático en América Latina*. Unión Europea, Bruselas.
- Almeida M.A. 2015. *Adaptándose en los páramos. Prácticas productivas para la conservación del páramo y la adaptación al cambio climático en sus comunidades*. UICN, Quito, Ecuador.
- Anderson EP, Marengo J, Villalba R, Halloy S, Young B, Cordero D, Gast F, Jaimes E, Ruiz D. 2011. *Consequences of Climate Change for Ecosystems and Ecosystem Services in the Tropical Andes*. Pp. 1-19. En: Herzog SK, Martinez R, Jorgensen PM, Tiessen H (Eds.). *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. IAI, SCOPE.
- Anthelme F, Cavieres L, Dangles O. 2014. *Facilitation among plants in alpine environments in the face of climate change*. *Frontiers in Plant Science* 5:387. doi: 10.3389/fpls.2014.00387.
- Ariza P, Cuví N, Cabezas J. 2017. *El co-manejo adaptativo como estrategia de adaptación ante el cambio climático: Lecciones aprendidas de su aplicación en seis sitios clave para la conservación de la diversidad ecosistémica del Ecuador*. *Propuestas Andinas*, CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito.
- Avella A. 2019. *Temas de investigación prioritarios para aportar a las transiciones hacia la sostenibilidad de los ecosistemas de alta montaña en Colombia*. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Báez S, Jaramillo L, Cuesta F, Donoso DA. 2016. *Effects of climate change on Andean biodiversity: a synthesis of studies published until 2015*. *Neotropical Biodiversity* 2(1): 181-194.
- Banco Mundial. 2010. *Economics of Adaptation to Climate Change: Social Synthesis Report*. 63912. Washington D.C.
- Banco Mundial 2019. *The World Bank Group Action Plan on Climate Change Adaptation and Resilience*. Washington, D.C., EEUU.
- Barcena A, Samaniego JL, Peres W, Alatorre JE. 2020. *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción? Libros de la CEPAL, N° 160 (LC/PUB.2019/23-P)*, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Barros VR, Boninsegna JA, Camilloni IA, Chidiak M, Magrin GO, Rusticucci M. 2014. *Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation*. *WIREs Clim Change* 2014. Doi: 10.1002/wcc.316.
- Becerra MT. 2015. *Análisis de vacíos de conocimiento para la adaptación: Insumo de trabajo para el taller de Establecimiento de Prioridades para el Piloto de la Subregión Andina de la Iniciativa de Conocimiento de Adaptación*. Bogotá: PNUMA, Red Mundial de Adaptación.
- Becerra MT. 2017. *Ecosistemas y cambio climático: Identificación de vacíos en la aplicación del enfoque ecosistémico para la adaptación al cambio climático en el Ecuador*. *Propuestas Andinas*, CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito.
- Benavides JC, Vitt DH, Wieder RK. 2013. *The influence of climate change on recent peat accumulation patterns of Distichia muscoides cushion bogs in the high-elevation tropical Andes of Colombia*. *J Geophys Res Biogeosci* 118:1627-1635. <https://doi.org/10.1002/2013JG002419>.
- Bhave AG, Mishra A, Raghuwanshi NS. 2014. *A combined bottom-up and top-down approach for assessment of climate change adaptation options*. *J. Hydrol.* 518: 150-161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.08.039>.
- Boillat, S, Berkes, F. 2013. *Perception and Interpretation of Climate Change among Quechua Farmers of Bolivia: Indigenous Knowledge as a Resource for Adaptive Capacity*. *Ecol. Soc.* 18. doi:10.5751/ES-05894-180421.
- Bustamante M, Becerra MT, Cuesta F, Gálmez V. 2012. *Acciones de adaptación promovidas por la cooperación internacional en los países andinos como respuesta a los impactos esperados del cambio climático*. Pp. 173-219. En: Cuesta, F., Bustamante, M., Becerra, M.T., Postigo, J., Peralvo, J. (Eds.) 2012. *Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales*. CONDESAN, SGCAN, Lima.
- Buttolph LP, Coppock DL. 2004. *Influence of deferred grazing on vegetation dynamics and livestock productivity in an Andean pastoral system*. *J. Appl. Ecol.* 2004; 41: 664-674.

- Buytaert W, Celleri R, De Bièvre B, Cisneros F, Wyseure G, Deckers J, Hofstede R. 2006a. Human impact on the hydrology of the Andean Páramos. *Earth-Science Reviews* 79: 53-72.
- Buytaert W, Vuille M, Dewulf A, Urrutia R, Karmalkar A, Céleri R. 2010. Uncertainties in climate change projections and regional downscaling in the tropical Andes: implications for water resources management. – *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 14: 1247–1258.
- Cavieses, L.A., Badano, E.I. 2009. Do facilitative interactions increase species richness at the entire community level? *Journal of Ecology* 97: 1181–1191.
- Cavieses L.A, Quiroz CL, Molina-Montenegro MA. 2008. Facilitation of the non-native *Taraxacum officinale* by native nurse cushion species in the high Andes of central Chile: are there differences between nurses? *Funct Ecol* 22:148–156. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01338>.
- Celleri R, Crespo P, de Bievre B, Acosta L. 2011. A regional initiative for the hydrological monitoring of Andean ecosystems. *Proceedings of the Second International Symposium on Building Knowledge Bridges for a Sustainable Water Future*. P'anama: ACP [African, Caribbean and Pacific Countries]–UNESCO [United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization], pp 114–118.
- Cerrón J, del Castillo J, Bonnesoeur V, Peralvo M, Mathez-Stiefel SL. 2019. Relación entre árboles, cobertura y uso de la tierra y servicios hidrológicos en los Andes Tropicales: Una síntesis del conocimiento. *Occasional Paper No. 27*. Lima, Perú. Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF), Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN). DOI: <http://dx.doi.org/10.5716/OP19056.PDF>.
- Chatterjee, M., A. Kontorov, M. Ambani, K. Ebi, N. Lamhauge, A. Olhoff, J. Padgham and F. Van der Plaet. 2014. Knowledge gaps in adaptation. En: PNUMA. *The Adaptation Gap Report*. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA-UNEP), Nairobi, Kenya. Pp 55-67.
- Chen M., B. Wichmann, M. Luckert, L. Winowiecki, W. Förch, Läderach P. 2018. Diversification and intensification of agricultural adaptation from global to local scales. *PloS one*, 13(5): e0196392. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0196392>.
- Chong J. 2014. Ecosystem-based approaches to climate change adaptation: progress and challenges. *International Environmental Agreements*, 14 (4):391-405. <https://doi.org/10.1007/s10784-014-9242-9>.
- Cochrane, L. and N. Rao. 2018. Is the Push for Gender Sensitive Research Advancing the SDG Agenda of Leaving No One Behind?, *Forum for Development Studies*. <https://doi.org/10.1080/08039410.2018.1427623>.
- Cohen-Shacham E, Janzen C, Maginnis S, Walters G. 2016. Nature-based solutions to address global societal challenges. <https://doi.org/https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>.
- Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 1992. Abierta para Firma, 4 de Junio 1992.
- Convención de Diversidad Biológica [CBD]. 2009. *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation*. Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change. CBD Technical Series No. 41. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada.
- Correa, A., Ochoa-Tocachi, B.F., Birkel, C., Ochoa-Sánchez, A., Zogheib, C., Tovar, C. y Butayert, W. 2020. A concerted research effort to advance the hydrological understanding of tropical páramos. *Hydrological Processes*, 1-19. DOI: 10.1002/hyp.13904.
- Crespo-Pérez, V., Regniere, J., Chuine, I., Rebaudo, F., Dangles, O. 2015. Changes in the distribution of multispecies pest assemblages affect levels of crop damage in warming tropical Andes. *Global Change Biology*, 21, 82–96. <https://doi.org/10.1111/gcb.2014.21.issue-1>.
- Cuesta F, Baez S, Ramírez J, Tovar C, Devenish C, Buytaert W, Jarvis A. 2012. Síntesis de los impactos y estado del conocimiento de los efectos del cambio climático en la biodiversidad de los Andes Tropicales. Pp. 60-139. En: Cuesta, F., Bustamante, M., Becerra, M.T., Postigo, J., Peralvo, J. (Eds.) 2012. *Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales*. CONDESAN, SGCAN, Lima.
- Cuesta F, Llambí LD, Huggel C, Drenkhan F, Gosling WD, Muriel P, Jaramillo R, Tovar C. 2019. New land in the Neotropics: a review of biotic community, ecosystem and landscape transformations in the face of climate and glacier change. *Regional Environmental Change* 19(6):1623–1642. doi.org/10.1007/s10113-019-01499-3.
- Cuesta F, Muriel P, Llambí LD, et al. 2017. Latitudinal and altitudinal patterns of plant community diversity on mountain summits across the tropical Andes. *Ecography* 40(12):1381–1394.
- Cuesta, F., Sevink, J., Llambí, L.D., De Bievre, B. y Posner, J. 2014. *Avances en Investigación para La Conservación en los Páramos Andinos*. Proyecto Páramo Andino, CONDESAN, FMAM-PNUMA, Quito.
- Cuesta F, Tovar C, Llambí LD, et al. 2020. Thermal niche traits of high alpine plant species and communities across the tropical Andes and their vulnerability to global warming. *Journal of Biogeography* 47(2):408–420. DOI: 10.1111/jbi.13759.
- Dangles, O., Carpio, C., Barragan, A. R., Zeddarn, J.-L., & Silvain, J.-F. 2008. Temperature as a key driver of ecological sorting among invasive pest species in the

- tropical Andes. *Ecological Applications*, 18: 1795–1809. <https://doi.org/10.1890/07-1638.1>.
- Dangles O, Rabatel A, Kraemer M, Zeballos G, Soruco A, Jacobsen D, Anthelme F. 2017. Ecosystem sentinels for climate change? Evidence of wetland cover changes over the last 30 years in the tropical Andes. *PLoS ONE* 12:e0175814. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175814>.
- De Bievre B, Bustamante M, Buytaert W, Murtinho F, Armijos MA. 2012. Síntesis de los efectos del cambio climático en los recursos hídricos en los Andes Tropicales y las estrategias de adaptación desarrolladas por los pobladores. Pp. 59-101. En: Cuesta, F., Bustamante, M., Becerra, M.T., Postigo, J., Peralvo, J. (Eds.) 2012. *Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales*. CONDESAN, SGCAN, Lima.
- Dilling L, Prakash A, Zommers Z, Ahmad F, Singh N, de Wit S, Nalau J, Daly M, Bowman K. 2019. Is adaptation success a flawed concept? *Nature Climate Change* 9 (8):572-574.
- Dillehay, TD, Kolata A. 2004. Long-term human response to uncertain environmental conditions in the Andes. *PNAS* 101(12): 4325-4330.
- Drenkhan F, Guardamino L, Huggel C, Frey H. 2018. Current and future glacier and lake assessment in the deglaciating Vilcanota-Urubamba basin, Peruvian Andes. *Glob Planet Chang* 169:105–118. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.07.005>
- Drenkhan F, Huggel C, Guardamino L, Haerberli W. 2019. Managing risks and future options from new lakes in the deglaciating Andes of Peru: the example of the Vilcanota-Urubamba basin. *Sci Total Environ* 665:465–483. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.070>
- Duchicela SA, Cuesta F, Pinto E, Gosling WD, Young KR. 2019. Indicators for assessing tropical alpine rehabilitation practices. *Ecosphere* 10:e02595. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2595>.
- European Commission. 2015. *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*. Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on “Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities” (full version). <https://doi.org/10.2777/765301>.
- Fadrique B, Báez S, Duque A, Malizia A, Blundo C, Carilla J, et al. 2018. Widespread but heterogeneous changes in the tree species composition of Andean forests under rising temperatures. *Nature*. 2018; 564: 207–212. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0715-9> PMID: 30429613.
- Fuentes-Castillo T, Hernández HJ, Pliscoff P. 2020. Hotspots and ecoregion vulnerability driven by climate change velocity in Southern South America. *Regional Environmental Change* 20: 27 <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01595-9>.
- Global Commission on Adaptation (GCA). 2019. *Adapt Now: a global call for leadership on climate resilience*. Global Center on Adaptation, World Resources Institute, Rotterdam, Washington DC.
- GLOCHAMORE. 2005. *Global Mountain Research Strategy*. Mountain Research Initiative, UNESCO-MAB, International Hydrological Program. European Union Framework Programme 6. Switzerland.
- Halloy, S.R.P., Ortega Dueñas, R., Yager, K, Seimon, A., 2005. Traditional Andean Cultivation Systems and Implications for Sustainable Land Use. *Acta Horticulturae* 670:31-55.
- Halloy, S.R.P., Yager, K., García, C, Beck, S. 2008. South America: Climate Monitoring and Adaptation Integrated Across Regions and Disciplines. In: J. Settele (Editor), *Atlas of Biodiversity Risks - from Europe to the globe, from stories to maps*. Pensoft, Sofia y Moscow.
- Heller, N. E., and E. S. Zavaleta. 2009. Biodiversity management in the face of climate change: a review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation* 142:14-32.
- Herzog SK, Martinez R, Jorgensen PM, Tiessen H (Eds.). 2011. *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. IAI, SCOPE.
- Hofstede R. 2019. Climate change adaptation research current status, knowledge gaps and suggested research priorities. *World Adaptation Science Programme*, UN-Environment.
- Hofstede R, Calles J, López V, Polanco R, Torres F, Ulloa J, Vásquez A. 2014. *El Estado del Conocimiento sobre el Impacto del Cambio Climático sobre el Funcionamiento del Socio-Ecosistema Páramo*. Proyecto Comunidades de los Páramos. UICN, EcoCiencia, Tropembos Internacional, Instituto de Montañas, Quito.
- Hofstede R, Llambí LD. 2019. Plant diversity in páramo - neotropical high mountain humid grasslands. Chapter 7.17. In: Goldstein M, DellaSala D. (Eds.). *Encyclopedia of the World's Biomes*. Earth Systems and Environmental Sciences. doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11858-5.
- Hole DG, Young KR, Seimon A, Gomez C, Hoffmann D, Schutze Paez K, Sanchez S, Muchoney D, H. Grau R, Ramirez E. 2011. Adaptive Management for Biodiversity Conservation under Climate Change – a Tropical Andean Perspective. Pp. 19-46. En: Herzog SK, Martinez R, Jorgensen PM, Tiessen H (Eds.). *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. IAI, SCOPE.
- Huggel C, et al. 2015. A frameworks for the science contribution in climate adaptation: experiences from

policy-science processes in the Andes. *Environmental Science & Policy* 47:80-94.

Hupp, N, Llambí LD, Ramírez L, Callaway R. 2017. Alpine cushion plants have species-specific effects on microhabitats and community structure in the tropical Andes. *Journal of Vegetation Science* 28(5):928-938.

Iniciativa Andina de Montañas, PNUMA y CONDESAN. 2018. *Agenda Estratégica, sobre Adaptación al Cambio Climático en las Montañas de los Andes*. Huaraz, Perú. IDEAM, IAvH, CONDESAN. 2018. *Propuesta. Estrategia para Monitoreo Integrado de los Ecosistemas de Alta Montaña de Colombia*. Bogotá, Colombia: IDEAM.

IPBES. 2019. *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. https://www.ipbes.net/system/tmf/ipbes_7_10_add.1_en_1.pdf?file=1&type=node&id=35329

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, and New York, NY: Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartBFINAL.pdf>.

Ives JD, Messerli B, Spiess, E. 1997. Mountains of the world: a global priority. En: Messerli B, Ives JD, Eds. *Mountains of the world: a global priority*, pp. 1-15. New York, EEUU y Carnforth, UK, Parthenon Publishing Group.

Izquierdo, AE, Aragón R, Navarro CJ, Casagrande E. 2018. Humedales de La Puna: principales proveedores de servicios ecosistémicos de la región. *Serie Conservación de la Naturaleza* 24: 96-111. La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Tucumán.

Josse C, Cuesta F, Navarro G. et al. 2011. *Physical Geography and Ecosystems of the Tropical Andes*. Pp. 152-169. En: Herzog SK, Martinez R, Jorgensen PM, Tiessen H (Eds.). *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. IAI, SCOPE.

Keller M, Medeiros D, Echeverría D, Parry JE. 2011. *Review of Current and Planned Adaptation Action: South America. Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana, Paraguay, Peru, Suriname, Uruguay and Venezuela*. Adaptation Partnership and International Institute for Sustainable Development (IISD), Adaptation Partnership, Washington, DC, USA y IISD, Winnipeg, MB, Canada, 190 pp.

Klein R.J.T, Adams KM, Dzebo A, Davis M, Keheler C. 2017. *Advancing climate adaptation practices and solutions: emerging research approaches*. SEI Working Paper. Global Center for Adaptation. Estocolmo, Suecia.

Klein, R.J.T., G.F. Midgley, B.L. Preston, M. Alam, F.G.H. Berkhout, K. Dow, and M.R. Shaw. 2014. *Adaptation opportunities, constraints, and limits*. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., et al. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, EEUU, pp. 899-943.

Kohler T, Maselli D (eds). 2009. *Mountains and Climate Change: From Understanding to Action*, Geographica Bernensia con el apoyo de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Berna, Suiza.

León O, Vargas-Ríos O. 2011. *Estrategias para el control, manejo y restauración de áreas invadidas por retamo espinoso (Ulex europaeus) en la vereda El Hato, Localidad de Usme, Bogotá D.C.* Pp 474-490. *La Restauración Ecológica en la práctica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica*, Bogotá.

Llambí LD, Becerra MT, Peralvo M, Avella A, Baruffol M, Díaz LJ. 2019. *Monitoring Biodiversity and Ecosystem Services in Colombia's High Andean Ecosystems: towards an integrated strategy*. *Mountain Research and Development* 39(3) A8-A20. DOI: 10.1659/MRD-JOURNAL-D-19-00020.1.

Llambi LD, Durbecq A, Cáceres-Mago K, Cáceres K, Ramírez L, Torres JE, Méndez Z. 2020. *Interaction mechanisms between nurse-plants and an exotic invader along a tropical alpine elevation gradient: growth-form matters*. *Alpine Botany* 130:59-73. DOI: 10.1007/s00035-020-00235-6.

Llambí LD, Hupp N, Saez A, Callaway R. 2018. *Reciprocal interactions between a facilitator, natives and exotics in tropical alpine plant communities*. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 30:82-88.

López-i-Gelats F, Paco J.L.C, Huayra, R.H., Robles, O.D.S., Peña, E.C.Q., Filella, J.B. 2015. *Adaptation Strategies of Andean Pastoralist Households to Both Climate and Non-Climate Changes*. *Hum Ecol*, pp. 1-16. doi:10.1007/s10745-015-9731-7.

Loza Herrera S, Meneses R, Anthelme F. 2015. *Comunidades vegetales de los bofedales de la Cordillera Real (Bolivia) bajo el calentamiento global*. *Ecol Bol.*; 50: 39±56.

Magrin GO, Marengo JA, Boulanger JP, Buckeridge MS, Castellanos E, Poveda G, Scarano FR, Vicuña S. 2014. *Central and South America*. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1499-1566.

- Maldonado G, Becerra MT, Cuesta F. 2012. Marco institucional y normativo en los países de la subregión andina para abordar el tema de cambio climático en el marco de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Pp. 221-261. En: Cuesta, F., Bustamante, M., Becerra, M.T., Postigo, J., Peralvo, J. (Eds.) 2012. *Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales*. CONDESAN, SGCAN, Lima.
- Malizia A, Buldo C, Carrilla C, et al. 2020. Elevation and latitude drive structure and tree species composition in Andean forests: results from a large-scale plot network. *PLoS ONE* 15(4): e0231553. DOI: 10.1371/journal.pone.0231553.
- Malizia A, Osinaga Acosta O, Powell P, Aragon R. 2017. Invasion of *Ligustrum lucidum* (Oleaceae) in subtropical secondary forests of NW Argentina: declining growth rates of abundant native tree species. *J Veg Sci* 28: 1240–1249.
- Mark BG, French A, Baraer M, Carey M, Bury J, Young KR, Polk MH, Wigmore O, Lagos P, Crumley R. 2017. Glacier loss and hydrosocial risks in the Peruvian Andes. *Glob Planet Chang* 159:61–76. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.10.003>.
- Masiokas MH, Rabatel A., Rivera A, Ruiz L, Pitte P, Ceballos JL, Barcaza G, Soruco A, Bown F, Berthier E, Dussaillant I, MacDonell S. 2020. A Review of the Current State and Recent Changes of the Andean Cryosphere. *Frontiers in Earth Science*. doi: 10.3389/feart.2020.00099.
- Mathez-Stiefel SL, Peralvo M, Báez S, Riest S, Buytaert W, Cuesta F, Fadrique B, Feeley, Groth AA, Homeir J, Llambí LD, Locatelli B, López MF, Malizia A, Young K. 2017. Research Priorities for the Conservation and Sustainable Governance of Andean Forest Landscapes. *Mountain Research and Development* 37(3):323-339.
- McGray, H., Hammill, A. y Bradley, R. 2007. *Weathering the Storm. Options for Framing Adaptation and Development*. World Resources Institute. Washington, DC., USA.
- Midgley GF, Marais S, Barnett M, y Wågsæther K. 2012. *Biodiversity, Climate Change and Sustainable Development – Harnessing Synergies and Celebrating Successes*. The World Bank, Cape Town.
- Molinillo, M., Monasterio, M., 2006. Vegetation and grazing patterns in Andean environments: A comparison of pastoral systems in Punas and Páramos. In: Spehn, E., Liberman, M., Körner, C. (Eds.), *Land use changes and mountain biodiversity*. CRC Press LLC, Boca Raton, pp. 137–151.
- Morales, M.S., D. Christie, R. Neukom, F. Rojas y R. Villalba. 2018. Variabilidad hidroclimática en el Sur del Altiplano: Pasado, presente y futuro. Volumen especial en Grau, HR, M.J. Babot, A.E. Izquierdo, A. Grau (editores). *La Puna Argentina: Naturaleza y Sociedad. Serie Conservación de la Naturaleza*. Fundación Miguel Lillo.
- Mountain Research Initiative (MRI). 2015. Elevation-dependent warming in mountain regions of the world. *Nature* 5:424–430. <https://dx.doi.org/10.1038/nclimate2563>.
- Ngoma, H., A. Angelsen, SL. Carter, Roman-Cuesta RM. 2018. Climate-smart agriculture: Will higher yields lead to lower deforestation?. En: Angelsen A, C. Martius, V. De Sy, A.E. Duchelle, A.M. Larson, Pham TT. (Eds.). *Transforming REDD+: Lessons and new directions*. 14:175–187. Bogor, Indonesia: CIFOR.
- Olsson P, Folke, C, Berkes, F. 2004. Adaptive Comanagement for Building Resilience in Social-Ecological Systems. *Environmental Management* 34(1): 75-90.
- Pauli H, Halloy SRP. 2020. High Mountain Ecosystems Under Climate Change. *Oxford Research Encyclopedia. Climate Science*. Oxford: Oxford University Press. DOI: 10.1093/acrefore/9780190228620.013.764.
- Pelayo RC, Soriano PJ, Márquez NJ, Navarro L. 2019. Phenological patterns and pollination network structure in a Venezuelan páramo: a community-scale perspective on plant-animal interactions. *Plant Ecol Divers* 12(6):607-618.
- Peña MA, Feeley KJ, Duque A. 2018. Effects of endogenous and exogenous processes on aboveground biomass stocks and dynamics in Andean forests. *Plant Ecol* 219: 1481–1492.
- Pérez C, Nicklin C, Dangles O, Vanek S, Sherwood S, Halloy S, Garrett K, Forbes G. 2010. Climate Change in the High Andes: Implications and Adaptation Strategies for Small-scale Farmers. *The International Journal of Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability* 6:1-16.
- Postigo J, Peralvo M, López S, Zapata-Caldas E, Jarvis A, Ramírez J, Lau C. 2012. Adaptación y vulnerabilidad de los sistemas productivos Andinos. Pp. 141-172. En: Cuesta, F., Bustamante, M., Becerra, M.T., Postigo, J., Peralvo, J. (Eds.) 2012. *Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales*. CONDESAN, SGCAN, Lima.
- Proyecto Páramo Andino. 2012. *Buenas Prácticas para la Gestión de los Páramos*. Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. CONDESAN, Quito.
- Ramírez, N., Melfo, A., Resler, L. and Llambí L.D. 2020. The end of the eternal snows: integrative mapping of 100 years of glacier retreat in the Venezuelan Andes. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 52(1): 563-581.

- Romeo R, Vita A, Testolin R, Hofer T, (eds). 2015. *Mapping the Vulnerability of Mountain Peoples to Food Insecurity*. Roma, Italia: Food and Agriculture Organization.
- Ruiz, D., H.A. Moreno, M.E. Gutiérrez, P.A. Zapata. 2008. Changing climate and endangered high mountain ecosystems in Colombia. *Science of the Total Environment* 398(1-3): 122-132.
- Salvador, F., J. Moneris, and L. Rochefort. 2014. Peatlands of the Peruvian Puna ecoregion: types, characteristics and disturbance. *Mires and Peat* 15:1-17.
- Sandoya V, Pauchard A, Cavieres L. 2017. Natives and non-natives plants show different responses to elevation and disturbance on the tropical high Andes of Ecuador. *Ecol Evol* 7:7909-7919. <https://doi.org/10.1002/ece3.3270>.
- Schoolmeester T, Saravia M, Andresen M, Postigo J, Valverde A, Jurek M, Alfthan B y Giada, S. 2016. Outlook on Climate Change Adaptation in the Tropical Andes mountains. *Mountain Adaptation Outlook Series*. PNUMA, GRID-Arendal, CONDESAN. Nairobi, Arendal, Vienna, Lima.
- Siraj, A.S., Santos-Vega, M., Bouma, M.J. Yadeta, D., Ruiz Carrascal, D., Pascual, M. 2014. Altitudinal changes in malaria incidence in highlands of Ethiopia and Colombia. *Science* 343: 1154-1158. doi:10.1126/science.1244325.
- Smith, B, Burton I, Klein RJT Street R. 1999. The science of adaptation: a framework for assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4(3-4), 199-213. DOI:10.1023/A:1009652531101.
- Stadel, C. H. 2008. Vulnerability, resilience and adaptation: Rural development in the Tropical Andes. *Pirineos* 163:15-36.
- PNUMA. 2014. *The Adaptation Gap Report 2014*. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA-UNEP), Nairobi, Kenia.
- PNUMA 2017. *The Adaptation Gap Report 2017*. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA-UNEP), Nairobi, Kenia.
- Programa de Naciones Unidas Para el Desarrollo. 2015. *Making the Case for Ecosystem-Based Adaptation: The Global Mountain EbA Programme in Nepal, Peru and Uganda*. New York, EEUU.
- Rabatel A, Francou B, Soruco A, Gomez J, Caceres B et al. 2013. Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *Cryosphere* 7:81-102. <https://doi.org/10.5194/tc-7-81-2013>.
- Reid, H. 2016. Ecosystem- and community-based adaptation: learning from community-based natural resource management. *Climate and Development*, 8:(1): 4-9. <https://doi.org/10.1080/17565529.2015.1034233>.
- Salzmann N, Huggel C, Rohrer M, Stoffel M. 2014. Data and knowledge gaps in glacier, snow and related runoff research – A climate change adaptation perspective. *Journal of Hydrology* 518(B):225-234.
- Schoolmeester T, Saravia M, Andresen, M, Postigo J, Valverde A, Jurek M, Alfthan B, Giada, S. 2016. Outlook on Climate Change Adaptation in the Tropical Andes mountains. *Mountain Adaptation Outlook Series*. PNUMA, GRID-Arendal, CONDESAN. Nairobi, Arendal, Vienna, Lima.
- Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A. J., Smith, A., & Turner, B. 2020. Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375(1794). <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120>.
- Seddon, N., H. Reid, E. Barrow, C. Hicks, X. Hou-Jones, V. Kapos, A.Raza Rizvi and D. Roe. 2016. *Ecosystem-based approaches to adaptation: strengthening the evidence and informing policy*. Research overview and overarching questions. Londres: International Institute for Environment and Development.
- Seimon TA, Seimon A, Yager K, Reider K, Delgado A, Sowell P, Tupayachi A, Konecky B, McAloose D, Halloy S. 2017. Longterm monitoring of tropical alpine habitat change, Andean anurans, and chytrid fungus in the Cordillera Vilcanota, Peru: Results from a decade of study. *Ecol Evol* 7:1527-1540. <https://doi.org/10.1002/ece3.2779>.
- Striessnig E, Lutz W, Patt AG. 2013. Effects of Educational Attainment on Climate Risk Vulnerability. *Ecology and Society* 18(1):1-14.
- Surkin, J., Resnikowski, H., Sanchez, A. y Amaya, M. 2010. *A Landscape of Change: A Report on Community Based Adaptation and Vulnerability to Climate Change and its Social, Institutional and Ecological Inter-Linkages in Bolivia*.
- Tito R, Vasconcelos HL, Feeley KJ. 2017. Global climate change increases risk of crop yield losses and food insecurity in the tropical Andes. *Global Change Biology*. DOI: 10.1111/gcb.13959.
- Tovar, C., Arnillas, C.A., Cuesta, F., Buytaert, W. 2013. Diverging Responses of Tropical Andean Biomes under Future Climate Conditions. *PLoS One* 8. doi:10.1371/journal.pone.0063634.
- Tovar, C., Melcher I, Kusumoto B, Cuesta F, Cleef A, Meneses RI, Halloy S, Llambi LD, Beck S, Muriel P, Jaramillo R, Jacome J, Carilla J. 2020. Plant dispersal strategies of high tropical alpine communities across the Andes. *Journal of Ecology*. DOI: 10.1111/1365-2745.13416.
- UNEP. 2014. *The Adaptation Gap Report - a Preliminary Assessment*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

UNDP. 2015. *Introduction to Climate Change Adaptation: A nature-based response to climate change*. UNDP, Lima, Perú.

UNEP 2017. *The Adaptation Gap Report 2017*. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.

Urrutia, R. and Vuille, M. 2009. *Climate change projections for the Tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century*. *J. Geophys. Res.* vol. 114, D02108. doi:10.1029/2008JD011021.

VanDerwill, C. J. 2008. *'Climate Change adaptation and development: from theory and concepts to practices and processes in Perú's tropical highlands'*. Tesis de Maestría, Simon Fraser University, British Columbia.

Vidaurre de la Riva M, Lindner A, Pretzsch J. 2013. *Assessing adaptation – Climate change and indigenous livelihood in the Andes of Bolivia*. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 114(2): 109–122.

Vuille M. 2013. *Climate Change and Water Resources in the Tropical Andes*. Technical Note No. IDB-TN-515. Banco Interamericano de Desarrollo. Vuille, M., Franquist, E., Garreaud, R., Lavado, W., Caceres, B., 2015. *Impact of the global warming hiatus on Andean temperature*. *J. Geophys. Res.* 120(9), 3745–3757. doi:10.1002/2015JD023126.

Vuille M, Carey M, Huggel C, Buytaert W, Rabatel A, Jacobsen D, Soruco A, Villacis M, Yarleque C, Elison Timm O, Condom T, Salzmann N, Sicart J-E. 2018. *Rapid decline of snow and ice in the tropical Andes—impacts, uncertainties and challenges ahead*. *Earth Sci Rev* 176:195–213. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.09.019>.

Wymann von Dach S, Bracher C, Peralvo M, Perez K, Adler C. 2018. *Leaving no one in mountains behind: Localizing the SDGs for resilience of mountain people and ecosystems*. Issue Brief on Sustainable Mountain Development. Berna, Suiza: Centre for Development and Environment and Mountain Research Initiative, Bern Open Publishing (BOP).

Young BE, Lips KR, Reaser JK, et al. 2001. *Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America*. *Conserv Biol.* 15:1213–1223.

Young K, Lipton JK. 2006. *Adaptive governance and climate change in the tropical highlands of western South America*. *Climatic Change* 78: 63–102.

Young KR, Ponette-González AG, Polk MH, Lipton JK. 2017. *Snowlines and Treelines in the Tropical Andes*, *Annals of the American Association of Geographers*, 107:2, 429–440, DOI: 10.1080/24694452.2016.123547

Anexos

ANEXO 1. Lista de encuestados

	Nombre y Apellido	Institución	País
1	Ana María Benavides	Jardín Botánico de Medellín	Colombia
2	Eulogio Chacón Moreno	Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Universidad de Los Andes (ULA)	Venezuela
3	Esteban Suárez	Universidad San Francisco de Quito	Ecuador
4	Francisco Clavijo	Proyecto Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de los Andes (AICCA) – CONDESAN	Ecuador
5	Verónica Quitigiüña	Proyecto Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de los Andes (AICCA) – CONDESAN	Ecuador
6	Jessica Calle	Proyecto Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de los Andes (AICCA) – CONDESAN	Ecuador
7	Jorge Luis Ceballos	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	Colombia
8	Nikolay Aguirre	Universidad Nacional de Loja	Ecuador
9	Fabian Drenkhan	Universidad de Zúrich	Suiza
10	Martin Baruffol	Kew Royal Botanic Gardens	Reino Unido
11	Olivier Dangles	Instituto Francés de Investigación y Desarrollo (IRD)	Francia
12	Diego Quishpe	Proyecto Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de los Andes (AICCA) – CONDESAN	Ecuador
13	Javier Yépez	Proyecto Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de los Andes (AICCA) – CONDESAN	Ecuador
14	Johnny Mena	Proyecto Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de los Andes (AICCA) – CONDESAN	Ecuador
15	Héctor Peñaherrera	Proyecto Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de los Andes (AICCA) – CONDESAN	Ecuador
16	Natalia Norden	Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt	Colombia
17	Cristiana Leucci	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)	Perú
18	Vivien BONNESOEUR	Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN)	Perú
19	Bert De Bievre	Fondo para la Protección del Agua (FONAG)	Ecuador
20	Antonio Tovar	Centro de Datos para la Conservación-Universidad Nacional Agraria La Molina	Perú
21	Aracely Salazar-Antón	Cooperación Técnica Alemana (GIZ)	Ecuador
22	Rossi Taboada	Centro de Competencias del Agua	Perú

23	Julio Postigo	Indiana University	E s t a d o s Unidos
24	Marcela Galvis	Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt	Colombia
25	Enrique Michaud	Illa Biodiversidad y Desarrollo (Illariy)	Perú
26	Pere Ariza Montobbio	Inspira Red y Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO)	Ecuador
27	Francisco Román	Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN)	Perú
28	Stef de Haan	Centro Internacional de la Papa (Iniciativa Andina)	Perú
29	Lermis Lara	Ministerio del Poder Popular para la Pesca y Acuicultura	Venezuela
30	Camilo Rodríguez	Consultor Independiente	
31	Raúl Córdova	Universidad de Helsinki	Finlandia
32	Carlos Enrique Sarmiento Pinzón	Programa Páramos y Bosques USAID	Colombia
33	Rolando Céleri	Universidad de Cuenca	Ecuador
34	Daniel Wiegant Crespo	Universidad de Wageningen	Holanda
35	Julieta Carilla	Instituto de Ecología Regional (IER)	Argentina
36	Patricia Velasco	Fundación Fututo Latinoamericano (FFLA)	Ecuador
37	Mirella Gallardo	Instituto de Montaña	Perú
38	Cecilia Turin	Instituto de Montaña	Perú
39	Andrés Felipe Carvajal Vanegas	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	Colombia
40	Vanessa Cortés	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Colombia
41	María José Galarza Vásconez	Ministerio del Ambiente y Agua	Ecuador
42	Gladys Santis	Ministerio del Medio Ambiente	Chile
43	Jaime Rovira	Ministerio del Medio Ambiente	Chile
44	Lucas Di Pietro Paolo	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Argentina

ANEXO 2

Encuesta electrónica de vacíos de conocimiento sobre la adaptación al cambio climático en los Andes

Link a la encuesta en línea: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfePU201TiwEQyGtWePmYYmemmw1YZuzPaL6ob87AW_o1-qMg/viewform

III. IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS DE CONOCIMIENTO Y TEMAS PRIORITARIOS

7. En su criterio, cuáles son las 3 principales brechas o vacíos de conocimiento para la implementación de proyectos de adaptación al cambio climático en los Andes

Opción 1.

Tu respuesta

Opción 2.

Tu respuesta

Opción 3.

Tu respuesta

8. En su opinión, ¿Cuáles son los 3 temas de trabajo prioritarios en cuanto la implementación de estrategias de adaptación al cambio climático en los Andes?

Opción 1.

Tu respuesta

Opción 2.

Tu respuesta

Opción 3.

Tu respuesta

9. ¿Cuáles considera las 3 áreas temáticas en que hay mayores necesidades de fortalecimiento de capacidades para la adaptación al cambio climático en los Andes?

Opción 1.

Tu respuesta

Opción 2.

Tu respuesta

Opción 3.

Tu respuesta

10. ¿Sobre qué tres temas le parece más importante generar síntesis del conocimiento a nivel regional Andino y por qué?

Opción 1.

Tu respuesta

Opción 2.

Tu respuesta

Opción 3.

Tu respuesta

11. Escoja tres de las siguientes áreas temáticas según su nivel de prioridad para concentrar el trabajo y recursos financieros en la adaptación al cambio climático en los Andes (Escoja las 3 más prioritarias).

Escoja las 3 más prioritarias

- Glaciares y dinámica hidrológica
- Biodiversidad, servicios ecosistémicos y adaptación basada en ecosistemas
- Sistemas productivos agrícolas y pecuarios
- Riesgo y desastres naturales
- Salud y nutrición
- Industria, infraestructura y energía
- Pobreza, grupos sociales vulnerables y participación
- Políticas, gobernanza y planificación territorial
- Glaciares y dinámica hidrológica
- Biodiversidad, servicios ecosistémicos y adaptación basada en ecosistemas
- Sistemas productivos agrícolas y pecuarios
- Riesgo y desastres naturales
- Salud y nutrición
- Industria, infraestructura y energía
- Pobreza, grupos sociales vulnerables y participación
- Políticas, gobernanza y planificación territorial

12. Escoja tres de las siguientes herramientas o metodologías en cuanto a su prioridad para la implementación de proyectos de adaptación al cambio climático en los Andes (Escoja las 3 más prioritarias)

Escoja las 3 más prioritarias

- Herramientas para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgos presentes y futuros frente al cambio climático
- Herramientas para la determinación de impactos de cambio climático presentes y futuros
- Herramientas e indicadores para el monitoreo y evaluación de estrategias de adaptación
- Herramientas para la valoración económica de alternativas de adaptación
- Estrategias de escalamiento y replicación
- Herramientas para la evaluación de la capacidad adaptativa de las instituciones y comunidades
- Herramientas de formación y capacitación

- Herramientas de síntesis del conocimiento
- Herramientas para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgos presentes y futuros frente al cambio climático
- Herramientas para la determinación de impactos de cambio climático presentes y futuros
- Herramientas e indicadores para el monitoreo y evaluación de estrategias de adaptación
- Herramientas para la valoración económica de alternativas de adaptación
- Estrategias de escalamiento y replicación
- Herramientas para la evaluación de la capacidad adaptativa de las instituciones y comunidades
- Herramientas de formación y capacitación
- Herramientas de síntesis del conocimiento

13. En su criterio, qué elementos claves deben incorporarse en un proyecto de adaptación al cambio climático, más allá de lo que es usual en proyectos de gestión ambiental y/o desarrollo?

Elemento 1.

Tu respuesta

Elemento 2.

Tu respuesta

Elemento 3.

Tu respuesta

14. En su criterio, cuál es la principal brecha o vacío de conocimiento en cada una de las siguientes temáticas en torno al cambio climático (mencione 1, la más relevante).

Ejemplo: información hidrometeorológica, metodologías de cálculo de la vulnerabilidad, índices de riesgo, etc.

1. Investigación/evidencia científica sobre impactos del cambio climático en los Andes

Tu respuesta

2. Vulnerabilidad de los socio-ecosistemas en los Andes

Tu respuesta

3. Adaptación de sistemas productivos y pecuarios Andinos

Tu respuesta

4. Adaptación basada en ecosistemas

Tu respuesta

5. Prácticas ancestrales/tradicionales como medidas de adaptación

Tu respuesta

6. Recursos hídricos en los Andes

Tu respuesta

6. Políticas, instituciones y participación social

Tu respuesta