

Capítulo 1

Crisis climática en los Andes. Una panorámica en torno a sus impactos, adaptaciones y respuestas

Pablo Ortiz-T.

Universidad Politécnica Salesiana

portiz@ups.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5063-4560>

Sheila Serrano-Vincenti

Universidad Politécnica Salesiana

sserranov@ups.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9977-6882>

Nuevamente una producción cinematográfica “La Sociedad de la Nieve” (Boetti, 2023) ha traído a colación la preocupante situación de los glaciares andinos. A propósito de recrear la tragedia vivida en 1972 por un grupo de jugadores de rugby uruguayos que sobrevivieron al estrellamiento de su avión en las altas montañas de los Andes en la frontera entre Argentina y Chile, más de medio siglo después en el sitio conocido como “Valle de Lágrimas” en el sur de Mendoza, según reportes como los de Djangi (2024) únicamente quedan algunas piezas del fuselaje, el tren de aterrizaje delantero, parte de las ventanas, y la hélice, cerca del filo de la montaña donde golpeó el avión. No existen más el glaciar ni la nieve que marcó el entorno natural que tuvieron que soportar las víctimas de aquel fatídico accidente.

Y aquello se replica a lo largo de la cordillera andina desde el nevado de Tres Cruces, pasando por la Cordillera Blanca en Ancash, en el Perú, la meseta del Collao y los Andes de Ecuador y Colombia hasta la Cordillera de Mérida en Venezuela. Y en el mundo muchas producciones cinematográficas de distinta índole y alcance como “Before the Flood” (Stevens, 2016) hasta “Rotten” (Kennedy y Kerr, 2018) y “Una Verdad Incómoda” en (Guggenheim, 2006) con Al Gore, más allá de una narrativa alarmista y etnocéntrica, resaltan y reflejan la creciente conciencia y preocupación a nivel mundial acerca del cambio climático, explorando sus raíces, causas y posibles soluciones.

Regiones como los Andes son parte de ese escenario global y no son ajenas a esa creciente atención global al cambio climático. En algunos documentos y documentales se plantean interrogantes en torno a la magnitud del problema, a sus causas y hasta su vinculación con el orden civilizatorio, el modelo económico capitalista y el paradigma de desarrollo.

La pregunta al abordar esta temática se centra en si todos tienen plena conciencia de que hay que buscar y aplicar soluciones frente al cambio climático, estas ¿deben limitarse a meras respuestas superficiales o de corto plazo, como una simple convocatoria a modificar hábitos y mejorar conductas, como “consumir menos, conservar más”, “reciclar” o “usar focos ahorradores” [todos muy alineados con el capitalismo verde]? O más bien se trata de incursionar en perspectivas más críticas, integrales, profundas, holísticas y de mediano plazo que exigen frontalmente ir hacia una toma de posición y un cuestionamiento político del orden global y del capitalismo “caníbal” como lo denomina Nancy Fraser (2023). Sin una crítica y toma de posición de cuestionamiento directo al núcleo mismo del sistema capitalista, su estructura y racionalidad, quedarían impunes e intocadas las causas de la crisis climática global.

Aunque el cambio climático ya fue incorporado junto al tema del colapso ecológico en la agenda política global desde finales del siglo XX hasta hoy, no constituye la única ni principal problemática de ese nivel, ligado a la llamada “interdependencia ecológica global”, (Ortiz-T., 1997), sino que forma parte de la descomposición y crisis del decimonónico sistema de

Estados-nación, de la crisis sistémica del capitalismo global y con ello del predominio hegemónico del bloque de poder occidental encabezado por los EE.UU. y la emergencia de otros bloques de poder como el que conforman Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica (BRICS). Todo aquello además ha condicionado el afán norteamericano de reproducir como dé lugar el control sobre territorios, regiones y Estados y la consiguiente carrera armamentista que incluye instrumentos de destrucción masiva de gran escala.

En otras palabras, la crisis climática, junto a otros factores, han contribuido a generar un ambiente de incertidumbre y amenaza, pero que por sí solos no bastan para incidir en cambios estructurales y modificaciones al capitalismo y su dinámica. De hecho, el papel de los Estados y de las sociedades civiles se vuelve crucial. El primero para activar y concretar la formulación y ejecución de políticas, planes y programas frente al problema. Los segundos, para exigir y demandar respuestas eficaces en entornos sociales altamente vulnerables y culturalmente sensibles.

Como lo señala Giddens:

No existe ninguna manera de obligar a los estados a firmar los acuerdos internacionales; e incluso si deciden hacerlo, la puesta en práctica de lo acordado sigue siendo fundamentalmente responsabilidad de cada Estado individual. El mercado de comercio de emisiones solo puede funcionar si se limita al precio del carbono y, por el lado de la demanda, hay que tomar y llevar a cabo una decisión política. El avance tecnológico será esencial para intentar reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, pero se requerirá el apoyo del Estado para hacerlo despegar. (Giddens, 2010, p.15)

Todos los elementos señalados, forman parte del contexto que incide en la dinámica del cambio climático en los países andinos. Las poblaciones y grupos más vulnerables, como los pueblos indígenas de los Andes, habitan territorios diversos que van desde el pie de monte hasta la alta montaña, todos ecológicamente frágiles y periféricos. En este contexto, surgen interrogantes tales como: ¿qué futuro les espera a estos pueblos andinos ante el recalentamiento climático, la alteración de las lluvias, la deforestación, la erosión de los suelos, la contaminación del

agua, las epidemias, entre otros desafíos? ¿Dónde irán los cientos o miles de desplazados ecológicos que podrían ser expulsados de sus territorios de origen? ¿Será hacia las favelas de miseria, hacia redes de delincuencia organizada transnacional, o terminarán como víctimas de trata de personas y tráfico de órganos, o como los miles de anónimos que alimentan las oleadas de migrantes que intentan llegar a los países ricos?

Es imposible omitir el dato de que la degradación acelerada y contemporánea de la naturaleza del planeta (de sus áreas fértiles, de sus bosques tropicales y templados, de sus océanos, de sus manglares, de sus ríos y lagos) está ligada a la búsqueda incesante de fuentes de acumulación y ganancias del capital a corto plazo, que prevalece sobre las necesidades humanas y los derechos de la naturaleza en general. Es un capitalismo omnívoro y extractivo, que opera con una dinámica incesante de acumulación basada en el despojo de territorios y recursos y que ha ampliado e intensificado sus operaciones en todo el orbe en estas últimas décadas.

Es a ese proceso al que se refiere la denominada globalización, la cual describe el rápido aumento del comercio a todos los niveles y la introducción de la lógica y racionalidad crematística, aniquilando antiguas formas de organización económico-social, de relación con la naturaleza, así como las culturas e identidades locales.

Al respecto Aníbal Quijano (2000, p. 108) explica que el capitalismo colonial/moderno ha logrado desarrollar una capacidad científica y tecnológica que le permite aprovechar al máximo la nueva inteligencia de la especie, tanto a nivel individual como asociado, como recurso para una producción material e inmaterial sin límites preestablecidos a escala global. Este avance ha llevado al capital a un nivel en el que ya no se genera empleo asalariado, sino que opera mediante una nueva forma de acumulación financiera que requiere un control máximo sobre la subjetividad y la autoridad. La globalización, entendida de esta manera, no solo adopta una dimensión económica, sino también política y cultural.

Desde un punto de vista político, concentra el poder administrativo sobre la política pública y económica en diversos acuerdos e instituciones internacionales, como la Organización Mundial del Comercio, el Acuerdo Multilateral de Inversiones (AMI), el Banco Mundial, la Unión Europea y el Fondo Monetario Internacional, considerando los problemas locales en un contexto global. Ese es el contexto en el que también opera la llamada Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (Yamin y Depledge, 2004; Bättig *et al.*, 2008).

Culturalmente, la globalización implica la difusión mundial de información, imágenes, valores y gustos, junto con un creciente cosmopolitismo en la vida urbana. Es evidente que lo económico, lo político y lo cultural están entrelazados, y el proceso de globalización en cualquiera de estos aspectos afecta a los demás. Y la narrativa hegemónica sobre las problemáticas globales también forman parte de dichos procesos. Basta ver el rol de las grandes transnacionales de la comunicación frente al proceso que se vive en torno a los conflictos actuales (Ucrania, Israel, Siria, Afganistán, Sudán, etc.) (Renner, 2015; Ortiz-T., 1997).

En ese marco, el cambio climático como arena de disputa política y negociaciones, es reducido a una amenaza frente a la cual no quedan claras las responsabilidades, las implicaciones políticas y económicas y las acciones a ejecutar. ¿Cómo abordar el riesgo, la incertidumbre y la amenaza sin alterar la matriz productiva y energética vigente? ¿Cómo asumir las exigencias de los acuerdos internacionales sobre cambio climático sin alterar el orden económico internacional vigente? Las respuestas a estas interrogantes por supuesto, rebasan por completo los propósitos del presente capítulo (Beauregard, 2021).

Los países andinos, a través de sus gobiernos, han participado en las últimas tres décadas de los procesos de negociación global en torno al cambio climático. Y lo han hecho como parte del bloque de países subalternos, con limitada o restringida capacidad de incidencia en la agenda y acuerdos globales, tal como se evidencia en las distintas Conferencias de las Partes (COPs) de este último cuarto de siglo (Dupuits *et al.*, 2024; Ribeiro Hoffmann, 2024).

Lo que sí se ha generado en ese marco, especialmente en la última década, son numerosos diagnósticos que dan cuenta de la creciente presión sobre los ecosistemas tropicales, subtropicales, de los valles interandinos y de las altas montañas, incluyendo jalcas, punas y páramos, todos ellos amenazados por los efectos del calentamiento global y las alteraciones climáticas como el fenómeno del niño (Huggel *et al.*, 2015; Montana *et al.*, 2016).

Para comprender los alcances y límites del fenómeno de la crisis climática en la región andina es básico traer a colación algunos elementos centrales que constituyen el escenario bio-físico de los Andes que atraviesan toda Sudamérica, incluyendo la descripción hidroclimática, los patrones de circulación en los Andes, la variabilidad natural del clima, el fenómeno del niño y una panorámica del cambio climático y sus principales efectos.

Descripción hidroclimática de los Andes

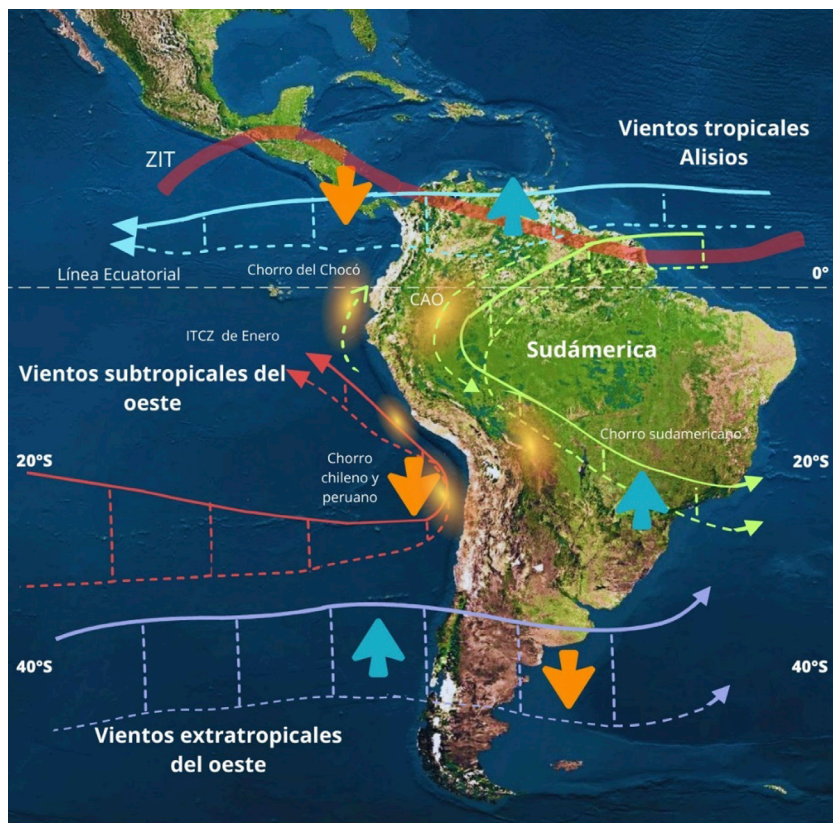
La cordillera de los Andes, con una longitud de más de 7000 km, es la cadena montañosa más larga del mundo y se extiende desde Argentina hasta Venezuela, está principalmente ubicada en el trópico (desde 11°N hasta los 30°S), y en la región templada o región extratropical (desde los 30°S hasta los 53°S). Su topografía es realmente compleja, con una altitud media de 3500 m s. n. m., logrando en su punto máximo 6962 m s. n. m. en la cima del Aconcagua en Argentina. Esta enorme formación actúa como frontera física para la circulación atmosférica tal que divide al continente sudamericano en regiones climáticas totalmente heterogéneas que determinan una enorme variedad de ecosistemas, convirtiendo así a los Andes en la región más biodiversa del planeta (Segura *et al.*, 2020)

De esta manera, el estudio hidroclimático de los Andes siempre ha sido un reto. No solo por su compleja topografía que determina patrones de circulación atmosférica únicos, con regímenes de precipitación totalmente diferentes en zonas que solo distan pocos cientos de kilómetros una de la otra (Arias *et al.*, 2021) Sino también por lo difícil que es crear una red hídrica y meteorológica *in situ* lo suficientemente densa como para caracterizar estos cambios y gradientes climáticos.

En este contexto, conocer los efectos del cambio climático en la zona, además de las interacciones con fuentes de variabilidad natural como la estacionalidad de la zona y el Fenómeno del Niño es un desafío, y cuyas características principales buscaremos resumir en las siguientes líneas.

Figura 1

Patrones de circulación de baja altura en Sudamérica. Autora: Mariana Luna



Nota. Las corrientes de chorro de color verde transportan grandes cantidades de humedad, mientras que las de color rojo, la inhiben. Las flechas cortas indican baja (azul) y alta (naranja) presión atmosférica que fomentan o inhiben la precipitación lluviosa. Finalmente, la Zona de Interconvergencia Tropical ZIT, se muestra en su posición más septentrional en los meses de verano (junio-agosto).

Patrones de circulación en los Andes

En condiciones generales, la circulación atmosférica de baja altura es la que define los transportes y descargas de humedad en una región. Sobre el trópico sudamericano tiene sentido este-oeste, gobernada principalmente por los Vientos Tropicales Alisios que transportan la humedad del Océano Atlántico y la Amazonía sobre el flanco oriental de la Cordillera de los Andes, generando corrientes atmosféricas o “chorros”, como el Chorro Sudamericano, y el Chorro de los Andes Orientales CAO que transportan enormes cantidades de humedad (flechas verdes de la figura 1) (Espinoza *et al.*, 2020).

Debido a las bajas presiones representadas por las flechas azules ascendentes y a la topografía, estos vientos, al chocar con la cordillera, descargan en esta la mayoría de la precipitación lluviosa generando un clima tropical lluvioso típico de la selva Amazónica. Posteriormente, se desvían hacia el sur, invirtiendo el patrón de circulación de oeste a este, bajo los 25 °S, generando un clima tropical de Sabana.

De esta manera, bajo esta latitud, luego de que la circulación atmosférica se invierte, toma una dirección oeste-este, caracterizada por los Vientos Tropicales y Extra Tropicales del Oeste, que generan las Corrientes de Chorro Chilena y Peruana (de color anaranjado en la figura 1). A diferencia de los vientos Alisios, estos pasan sobre la Corriente Oceánica fría de Humboldt y por la zona del Anticiclón del Sur, que es una zona de alta presión (representada por las flechas de color anaranjado), esta combinación de baja presión y temperatura inhibe la precipitación lluviosa, lo que genera que los flancos occidentales de los Andes tengan climas áridos y semiáridos (Buytaert *et al.*, 2006), al menos hasta que la corriente fría de Humboldt se desvía en la línea ecuatorial en dirección a las islas Galápagos.

Así, la situación al norte de la línea ecuatorial, en las costas ecuatorianas y colombianas es diferente; en esta región se genera la Corriente de Chorro del Chocó, la cual debido a una compleja interacción entre

las corrientes descritas, el océano y el continente se da a lugar una de las zonas más lluviosas del mundo, con medias anuales de precipitación de 13 000 mm (Poveda *et al.*, 2020). Es evidente que la cordillera de los Andes y sus interacciones con la Amazonía, y los océanos son los principales protagonistas en la generación de los contrastantes climas en Sudamérica.

Variabilidad natural del clima

Los patrones de circulación descritos no son estacionarios, dado que el principal factor que modifica el clima en el planeta es sol. La zona de mayor calentamiento debido a la incidencia de la radiación solar se denomina Zona de Interconvergencia Tropical ZIT, y se caracteriza por ser altamente convectiva (es decir generar vientos ascendentes) y por lo tanto, propiciar lluvias intensas en la zona (Vargas *et al.*, 2022). Se ubica generalmente cerca del ecuador geográfico, y se desplaza al norte en los meses de verano (junio-julio-agosto) y hacia el sur en Invierno (noviembre-diciembre-enero). Estos movimientos, que llamaremos estacionales, definen la cantidad de precipitación en cada estación del año que es variable, en función de la región de estudio; ya que se generan patrones de precipitación sumamente heterogéneos, e inclusive opuestos en regiones cercanas (Arias *et al.*, 2021).

Como ejemplo, mencionaremos al Monzón Sudamericano, que se ubica en la región Centro-Oeste del Brasil y en el Altiplano de Bolivia y Perú, y se caracteriza en reversiones estacionales, con veranos australes¹ (noviembre-diciembre-enero), sumamente lluviosos e inviernos australes secos (Junquas *et al.*, 2018; Molina-Carpio *et al.*, 2017). En la localidad de Visviri, ubicada en la frontera tripartita de Chile, Perú y Bolivia, la humedad en invierno es de tan solo 3 gr/Kg y aumenta al doble o al tripe en la estación de verano (Quispe, 2024). Así, en la región de las Sabanas, la

1 Debido a la inclinación del eje de rotación de la Tierra, los meses de verano en el hemisferio Norte (), son los meses de invierno en el hemisferio Sur (invierno austral) y viceversa.

temporada de lluvias produce inundaciones periódicas de enero a marzo, mismas que se extienden al Altiplano boliviano, sobre todo en las zonas de captación del lago Poopó y Titicaca, mientras que las sequías severas se registran en el invierno austral (Mourre *et al.*, 2016).

De la misma manera que existen cambios estacionales, se pueden estudiar los patrones de lluvia que se dan a nivel subdiario, los cuales son también sumamente heterogéneos y dependen de la interacción de la Cordillera de los Andes con su entorno (Junquas *et al.*, 2018; Ruiz-Hernández *et al.*, 2021; Serrano-Vincenti *et al.*, 2022). A este tipo de cambios se los conoce como variabilidad natural del clima, ya que sus causas son ajenas a la intervención humana, y aunque en este espacio se han descrito varias de las principales interacciones, es necesario entender que los mecanismos que determinan el clima en un lugar pueden ser mucho más complejos que los descritos en esta investigación. Por mencionar de los más importantes, se describirá a la Oscilación Oceánica del Niño, comúnmente conocida como Fenómeno del Niño.

Fenómeno del Niño

Bautizado así por los pescadores de Ecuador y Perú, quienes identificaron patrones de pesca diferentes cerca del mes de diciembre, llamándolo así por el “Niño” Jesús. Se trata de una oscilación oceánica caracterizada principalmente por los cambios anómalos de la temperatura superficial del mar en la región del Océano Pacífico Tropical. Tiene dos fases, una cálida; comúnmente llamada El Niño, y una fría, denominada La Niña.

Es importante mencionar que se trata de la principal alteración del sistema océano-atmósfera en el planeta, ya que no solo se corresponde al cambio de temperaturas del océano, sino a un cambio total en los patrones de circulación atmosférica, las corrientes marinas, nivel del mar, presión atmosférica y lluvias, por mencionar algunos. Tanto su origen, como su periodicidad siguen siendo preguntas abiertas en la comunidad científica, aunque algunos autores mencionan períodos de 2 a 7 años (Jauregui y Takahashi, 2018a; Takahashi y Dewitte, 2016).

Así, la Oscilación Oceánica de El Niño tiene efectos diversos en el globo. Por ejemplo, se registran inundaciones en las regiones orientales China e incendios en el norte Australia. En los Andes Tropicales trae lluvias extremas en las costas de Colombia, Perú y Ecuador, en donde las pérdidas por daños en la infraestructura y agricultura son considerables, solo desde enero 2024 a marzo 2024, comparándose con los registrados en los años del 1982 y 1997 (Jauregui y Takahashi, 2018b; Takahashi *et al.*, 2011). Mientras que en las zonas orientales de los efectos son opuestos trayendo consigo sequías devastadoras para la agricultura y para la generación eléctrica (Naranjo-Silva, 2024). Por ejemplo, en 2023 se registraron racionamientos energéticos debido a insuficientes caudales en el río del Paute, en la región Sierra Sur del Ecuador; similar situación en los ríos amazónicos ecuatorianos que experimentaron una pérdida de caudales que puso en riesgo a la población de delfines rosados y grises de río (Primicias, 2023). En Chile, entre enero y febrero de 2024 se han registrado la serie de incendios más devastadores y mortíferos de su historia, con más de 134 fallecidos, catalogándolo como el peor desastre del país, justamente después del terremoto de 2010 (Dinneen, 2024).

Se debe entender que los efectos tan devastadores de este último fenómeno del Niño, están ligados a una atmósfera cambiante, fruto del cambio climático de origen antrópico que experimentamos y cuyas causas y efectos se describirán a continuación.

Cambio climático y los Andes

A finales del siglo XIX, las sospechas sobre los cambios climáticos no atribuibles solo a causas naturales surgieron tras comprender el efecto invernadero y su relación con la combustión del carbón en la era industrial. A mediados del siglo XX, se reveló un aumento acelerado de los niveles de CO₂, que podría incrementar la temperatura del planeta con importantes consecuencias en el clima del planeta. Así, en 1972, se llevó a cabo la reunión internacional sobre Cambio Climático en Estocolmo. En 1988, la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones

Unidas para el Medio Ambiente establecieron el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), consolidando la atención global en la problemática climática (Toulkeridis *et al.*, 2020)

De esta manera, se define al *cambio climático antrópico* como aquel que se refiere a las alteraciones en el clima de la Tierra causadas principalmente por las actividades humanas. Estas actividades, como la quema de combustibles fósiles, deforestación y otras emisiones de gases de efecto invernadero², contribuyen significativamente al aumento de la concentración de gases en la atmósfera, intensificando el efecto invernadero y provocando cambios en el clima a nivel global. Los impactos incluyen el aumento de las temperaturas promedio, eventos climáticos extremos, elevación del nivel del mar y alteraciones en los patrones climáticos, por citar algunos; planteando así desafíos significativos para la adaptación y mitigación a nivel mundial (IPCC, 2021).

Para el caso de los Andes Tropicales, es importante subrayar algunos de los principales impactos del cambio climático, aunque hay que advertir que los datos cuantitativos referidos son solo una muestra de los impactos, y que su magnitud y naturaleza pueden variar según el contexto socioeconómico de cada país y subregión.

- Aumento de la temperatura y olas de calor: se ha observado un aumento en la temperatura media del aire en la región de 1,5 °C y 4 °C para finales del siglo XXI, así como el incremento de la frecuencia de eventos extremos y su duración, es decir, el incremento de olas de calor (Gomes *et al.*, 2020). Este aumento de la temperatura tiene implicaciones directas en el retroceso de los glaciares, el desplazamiento ascendente de los ecosistemas montañosos y la disponibilidad de agua para la agricultura, el consumo humano y la energía hidroeléctrica (Calvin *et al.*, 2023).

2 Se definen como gases de efecto invernadero de origen antrópico: Dióxido de Carbono CO₂, Metano CH₄, Óxidos Nitrosos en General NO_x y Cloro Fluoro Carbonos CFC. Mientras que los gases de efecto invernadero de origen natural son el vapor de agua H₂O y el Ozono O₃.

- Cambio en los patrones de precipitación: se espera que el cambio climático afecte los patrones de precipitación con un incremento de eventos extremos generalizados. Así como episodios de eventos fuertes de lluvia como de la escasez de esta, en lo que se denomina una polarización de la lluvia (Serrano Vincenti *et al.*, 2016; Serrano Vincenti *et al.*, 2012). Se prevé una disminución en la cantidad de precipitación en algunas áreas, sobre todo en aquellas situadas en la zona sur de los Andes como las sequías registradas en el cono sur de los Andes y la Amazonía con su respectivo stress hídrico y afectaciones generalizadas (Boillat *et al.*, 2017) y un aumento en otras, como las regiones de Colombia y Norte de Ecuador, esta polarización de la lluvia se verá acentuada con la llegada de las temporadas lluviosas y secas de cada región (Tapia-Garay *et al.*, 2018).
- Estrés hídrico y pérdida de glaciares
- La acumulación de nieve y hielo en las zonas de alta montaña andina siempre ha sido una fuente crucial de manantiales, puquiales y ríos (aguas superficiales), especialmente durante los períodos de calor y deshielo. El aumento de la temperatura tiene un efecto determinante en la disponibilidad de agua en estas áreas.

La subregión andina alberga el 94 % de los glaciares tropicales del mundo, con el 71 % de ellos ubicados en Perú, el 22 % en Bolivia, el 4 % en Ecuador y el restante 3 % en Colombia. Estos glaciares muestran un claro retroceso atribuible al calentamiento global. En Perú, según el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) y el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), se han observado casos dramáticos: desde 1970, las montañas han perdido al menos el 22 % de su superficie glaciar, y este proceso está acelerándose (citado por Mark *et al.*, 2017). La superficie glaciar ha disminuido de 2041 km² a 1595 km² en un lapso de 27 años, lo que representa una pérdida de 446 km². En la cordillera Blanca, que alberga el 35 % de los glaciares peruanos, se ha registrado una reducción de 188 km² en la superficie de hielo. El glaciar Broggi ha retrocedido 941 metros en 56 años (de 1948 a 2004); el Urashraju, 682 metros en 57 años (de 1948 a 2005); el Yanamarey, 724 metros en 57 años (de 1948 a 2005); y

el Gajap, 499 metros en 57 años (de 1948 a 2005). Además, se ha observado una disminución del 50 % en el glaciar Coropuna, que abastece de agua a las Pampas de Majes, en los últimos 50 años. En general, se estima que los glaciares en los Andes al 2021 han perdido alrededor del 30 % de su masa desde la década de 1970, y se espera que pierdan entre el 30 % y el 50 % de su masa restante para 2100, sobre todo si estos no superan los 4000 m s. n. m (Buytaert *et al.*, 2006). Muchos de estos ya han desaparecido como el caso del Carihuairazo de Ecuador, que en el año 2021 ya ha perdido el 99 % de su masa (Hidalgo *et al.*, 2024). Además, se proyecta que la disponibilidad de agua en la región disminuirá en un 10 % generando un fuerte impacto en los ecosistemas terrestres, agropecuarios y de agua dulce en la región (Vuille *et al.*, 2018; Carey, 2005; Hidalgo *et al.*, 2024).

Agricultura y seguridad alimentaria

Los cambios en el clima podrían afectar la seguridad alimentaria de unos 90 millones de personas en la región, al incidir en la producción agrícola, la pesca tradicional y la disponibilidad de agua, lo que repercutirá en la seguridad alimentaria y la salud humana (Serrano Vincenti *et al.*, 2017). Además, la evaluación integradora de los impactos en la seguridad alimentaria, incluida la producción, la distribución y el acceso agrícolas, que conduzcan a estrategias de adaptación, es limitada dentro de la región (Barros *et al.*, 2015). Por ejemplo, estima que el cambio climático reducirá la producción de maíz y frijoles en la región en un 20 % para 2050, y reducirá la producción de café en un 50 % para el mismo año (Tapia-Garay *et al.*, 2018). Además, se espera que el cambio climático afecte la disponibilidad de agua para la agricultura en la región.

Asimismo, la incidencia de eventos extremos de lluvia, capaces de causar inundaciones y daño de cultivos va en aumento en la zona norte de los Andes, mientras que en sur, la sequía extrema afectará a los cultivos. Conjuntamente con el incremento de humedad en las temporadas lluviosas, se incrementan las plagas de origen fúngico, mientras que, en la temporada seca, las plagas de insectos (Diana Sacancela, 2024).

Pérdida y modificación de biodiversidad y ecosistemas

Existe evidencia de los efectos del cambio climático en los ecosistemas en períodos observados como futuros, considerando que estos ecosistemas tienen características únicas en el mundo (Feldpausch *et al.*, 2016). Además, se proyecta que la pérdida de hábitat y la disminución de la biodiversidad en la región aumentarán debido al cambio climático. Se estima que el cambio climático podría provocar la extinción de hasta el 60 % de las especies de plantas y animales en la región, afectando así su distribución y abundancia para finales del siglo XXI (Gomes *et al.*, 2020).

Por ejemplo, en los páramos, jalcas y bosques nublados, el cambio climático ha provocado un rápido aumento de la temperatura ambiente en los ecosistemas altoandinos, que se sitúan entre los 2800 y 4700 metros sobre el nivel del mar (Rolando *et al.*, 2017).

Los páramos comprenden 14 ecorregiones que incluyen siete variedades de bosques montanos, tres de bosques deciduos y cuatro tipos de páramos. En el Perú, debajo de las Jalcas de Ayabaca y Huancabamba, se encuentran los bosques nublados que predominan en las nacientes de la cuenca. Este tipo de bosque se distribuye entre los 1300 y los 2500 metros sobre el nivel del mar y se caracteriza por su persistente humedad y precipitación. La abundancia de plantas como musgos, helechos, orquídeas, piñas silvestres y especies trepadoras cubre los troncos y ramas de los árboles, dando lugar a numerosas cascadas estrechas en las pendientes muy pronunciadas (Dollfus y Lavallée, 1973; Cuesta-Camacho *et al.*, 2008).

Se trata de sistemas proveedores de agua dulce, que en sus fuentes emerge completamente purificada de manera natural. Sin embargo, al descender, se ve afectada por la presencia de desechos y actividades humanas, perdiendo su calidad original. A pesar de ser ecosistemas frágiles, en el caso peruano, aproximadamente el 45 % de los páramos están directamente afectados por concesiones mineras, una situación que se ha comenzado a replicar en Ecuador. Tal como lo refiere Torres Guzmán, el impulso de concesiones mineras en áreas como los humedales

alto-andinos (ejemplo de Quimsacocha en Azuay) en los últimos años, amenaza la integridad ecosistémica de estas zonas en ambos países. Son agravantes que se suman a los factores ya señalados del calentamiento global (Anderson, 2012; Torres Guzmán, 2015).

Salud

Existe una creciente evidencia de que la variabilidad climática y el cambio climático causan daños a la salud humana en la región, debido a la existencia de mayores y más prolongadas olas de calor, lo que podría provocar un aumento del 5 % en la mortalidad por enfermedades cardiovasculares en la región para 2030, y un aumento del 10 % para 2050 (Gomes *et al.*, 2020). Asimismo, el incremento de temperaturas podría aumentar la presencia de vectores de enfermedades como el dengue, malaria y la Chikunguña que son propios de zonas cálidas, a zonas altas y menos adaptadas. Asimismo, se espera que los impactos de los fenómenos extremos, como sequías, tormentas tropicales, huracanes, fuertes lluvias e inundaciones, interactúen con factores sociales, políticos, geopolíticos y económicos, lo que afectará la salud y el bienestar humanos (Barros *et al.*, 2015).

Desastres, eventos extremos, vulnerabilidad y riesgos

Todos los impactos y fenómenos descritos han ocasionado importantes perjuicios ambientales, económicos y sociales. PREDECAN define los desastres como:

Circunstancias o condiciones sociales en que la sociedad haya sido afectada de forma importante por el impacto de eventos físicos de diverso origen, tales como: terremotos, huracanes, inundaciones o explosiones, con consecuencias en términos de la interrupción de su cotidianidad y de sus niveles de operatividad normal. (CAN, 2009, p. 24)

Los efectos del cambio climático, evidenciados a través de fenómenos naturales extremos cada vez más frecuentes e intensos, son aspectos cruciales en relación con los desastres, y se espera que esta tendencia sea

aún más recurrente en el futuro. Además de afectar los ciclos meteorológicos, el cambio climático impacta otros sistemas naturales, desencadenando un proceso dinámico y complejo de desestabilización medioambiental que ya ha alcanzado niveles críticos (Dupuits, 2021; Montana *et al.*, 2016; Serrano-Vincenti *et al.*, 2022).

Esta desestabilización se manifiesta en una escala y velocidad sin precedentes en la historia, y se refleja en fenómenos tales como:

- Los últimos 25 años han registrado las temperaturas más altas desde 1850, y el último quinquenio se ha destacado como el más cálido en la historia.
- La población de vertebrados ha disminuido en promedio un 60% desde la década de 1970 hasta 2023.
- Más del 75% de la superficie terrestre está significativamente degradada.
- Si desde 1950, se han observado cambios climáticos extremos, como un aumento de las olas de calor en gran parte de Europa, Asia y Australia, así como un incremento en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones en América del Norte y Europa, en la región tropical y andina, estos cambios se intensifican y con frecuencia amplifican en comparación con dichas regiones (Carey, 2005; Kirby, 2009).
- Las tasas de extinción se han incrementado entre 100 y 1000 veces en comparación con la tasa estándar de extinción (tasa de fondo).
- La capa superficial del suelo se está perdiendo 40 veces más rápido de lo que se está regenerando a través de procesos naturales. Desde el siglo XX, el 30 % de las tierras cultivables del mundo se han vuelto improductivas debido a la erosión. Si esta tendencia continúa, se estima que el 95 % de las tierras del mundo podrían degradarse para el año 2050.

Según el informe “Panorama de los Desastres en América Latina y el Caribe 2000-2022” (OCHA-UNDRR, 2022), la región se posiciona como la segunda más afectada por desastres a nivel mundial. En un lapso de 23

años, se han registrado 681 inundaciones, 400 tormentas, 92 terremotos, 78 deslizamientos de tierra, 77 sequías, 49 episodios de temperaturas extremas, 42 eventos volcánicos y 36 incendios forestales.

Datos que corrobora el Informe de la CEPAL-GIZ (2022) durante dicho período, en que al menos 190 millones de personas se vieron afectadas por 1534 desastres registrados. Las inundaciones han sido los desastres más frecuentes, con mayor impacto en países como Brasil, Colombia y Perú. Además, desde el año 2000, se han identificado 12 eventos que generaron cada uno más de 1000 millones de dólares en daños totales (Poveda *et al.*, 2020; CAN, 2009).

Respuestas estatales en los Andes frente a la crisis climática

Desde la ratificación de la CMNUCC en 1994 y del protocolo de Kioto (1999-2002), los Estados de la región Andina han integrado progresivamente el cambio climático en sus planes de desarrollo, fomentando esquemas de bajas emisiones y reforzando sus puntos focales técnicos y políticos, estableciendo oficinas especializadas y desarrollando normativas para cumplir con sus compromisos. La adaptación ha ganado importancia debido a la vulnerabilidad a sus impactos, reflejada en la implementación de Planes o Mecanismos Nacionales de Adaptación y medidas específicas dentro de sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas a la CMNUCC.

A nivel regional de igual manera resaltan los mecanismos de cooperación entre los países Andinos, como por ejemplo, la Agenda Ambiental Andina se ha enfocado en cambio climático, biodiversidad y gestión de recursos hídricos, respaldando varios estudios sobre el cambio climático en la región. La Comunidad Andina de Naciones (CAN) ha respaldado proyectos innovadores de adaptación al cambio climático, como el Proyecto de Adaptación a los Impactos del Retroceso Glaciar (PRAA), el programa ANDESLIMA y la creación de redes de monitoreo como GLORIA-Andes (Dupuits *et al.*, 2022; Llambí y Garcés, 2020; Contreras, 2020).

Por su parte, organismos como UNASUR, CELAC y la Alianza del Pacífico (expuestos a un intenso entorno de confrontaciones político-ideológicas) han mostrado menor actividad en los procesos de adaptación al cambio climático, aunque han generado tratados y declaraciones al respecto. Por ejemplo, el Tratado Constitutivo de la UNASUR (2008) aborda la cooperación en prevención de catástrofes y lucha contra los efectos del cambio climático, mientras que CELAC emitió la Sexta Declaración Especial sobre Cambio Climático en 2014. La OEA ha respaldado programas de adaptación a través de su Dirección de Manejo de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático (RIESGO-MACC). A nivel regional, el Programa Iberoamericano de Adaptación al Cambio Climático (PIACC) es una iniciativa destacada, desarrollada por la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (Magrin, 2015; Buytaert *et al.*, 2014).

Otro programa conocido como la Iniciativa Andina de Montañas (IAM) ha sido fundamental en la formulación de políticas de adaptación específicamente para los ecosistemas de montaña. Desde su primera reunión en 2007 en Tucumán, el IAM ha integrado el cambio climático en su Plan de Acción para el Desarrollo Sostenible en las Montañas Andinas. El Plan de Tucumán destaca la necesidad de estrategias conjuntas y promueve la cooperación regional en monitoreo y adaptación al cambio climático. En 2018, en colaboración con ONU Medio Ambiente, CONDESAN, los países miembros de la IAM publicaron “La Agenda Estratégica sobre la Adaptación al Cambio Climático en las Montañas de Los Andes” (CAN-PNUMA-CONDESAN, 2018), una propuesta amplia que define objetivos y medidas para guiar el trabajo conjunto en la región entre los que destacan:

- Ecosistemas y biodiversidad andina.
- Agricultura, pastoreo y alimentación sostenibles.
- Gestión y manejo de los recursos hídricos.
- Reducción de impactos de actividades industriales y de generación de energía.
- Salud y sistemas de saneamiento ambiental.
- Vulnerabilidad de los grupos sociales más afectados.

- Gestión de riesgos de desastres naturales.
- Fortalecimiento de la investigación y monitoreo climático, ambiental y social.
- Educación ambiental y fortalecimiento de capacidades.
- Gobernanza, mecanismos de cooperación y financiamiento.

En ese marco, en los países andinos se han multiplicado las reuniones técnicas e informativas a nivel local, nacional, regional e internacional sobre esta problemática. Las organizaciones internacionales han realizado numerosos esfuerzos para difundir la problemática mediante artículos informativos, organización de eventos de divulgación, capacitación de recursos humanos, desarrollo de guías y metodologías para la acción, apoyo a la creación de redes de investigación y establecimiento de bases de datos regionales, entre otras acciones. Estas actividades han sido importantes para que los gobiernos nacionales consideren esta temática, establezcan instituciones para facilitar las acciones de intervención (como ministerios de ambiente y comisiones de cambio climático), y pongan en marcha proyectos y programas para identificar los riesgos climáticos y las opciones de acción disponibles.

En lo que va del siglo XXI y de manera específica en los últimos diez años, las autoridades nacionales del clima de los países andinos han generado diversas propuestas de políticas, planes y programas a nivel nacional y subnacional para enfrentar la problemática. Bolivia expidió leyes como la 071 de Derechos de la Madre Tierra, o la Ley 777 del Sistema de Planificación del Estado o la Ley 300 denominada Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien. Perú aprobó leyes como la 30.754 Marco sobre Cambio Climático o la 28.245 Marco del Sistema de Gestión Ambiental y el Proyecto del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Ecuador aprobó la Estrategia Nacional de Cambio Climático y la Propuesta Estrategia Nacional de Financiamiento Climático (EFIC) y Colombia aprobó la Ley 1931 de Cambio climático y el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) (Lanegra, 2018; Allen, 2020; Cevallos, 2013).

A esos marcos jurídicos e instrumentos de política pública se corresponden las respectivas entidades que ejercen como autoridades o instancias rectoras y técnico-operativas tales como en Bolivia el Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático, la Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra (APMT) y los Planes Territoriales de Desarrollo Integral (PSDI), en Perú el Plan de Acción de Adaptación y Mitigación frente al Cambio Climático (PAAMCC), la Comisión de Alto Nivel sobre Cambio Climático (CANCC) y las Comisiones Ambientales Regionales (CAR) y Comisiones Ambientales Municipales (CAM); en Ecuador el Comité Interinstitucional de Cambio Climático (CICC), el Código Orgánico del Ambiente (COA), y el Sistema Nacional Descentralizado de Planificación Participativa (SNDPP) que involucra a los gobiernos autónomos descentralizados (GADS) a nivel subnacional. Y en Colombia el Consejo Nacional de Cambio Climático y Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA), los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales (PI-GCCT), los Nodos Regionales de Cambio Climático Territoriales (NRCC) y la Comisión Intersectorial de Cambio Climático (COMICC) entre otros (Lanegra, 2018; Allen, 2020; Cevallos, 2013).

Todos esos instrumentos de política pública y gestión confluyen en la necesidad de definir estrategias, planes, programas y proyectos que giren en torno a la adaptación, que se vuelve necesaria ante los impactos y riesgos del cambio climático, asegurando la seguridad de la población y los ecosistemas. Aquello implica un proceso a través del cual los sistemas ecológicos, sociales y económicos se ajustan a los efectos asociados al cambio climático.

Identificar estas necesidades y opciones requiere información precisa sobre el riesgo y la vulnerabilidad. Mientras muchos estudios se centran en analizar los riesgos climáticos y cómo mitigarlos, es crucial abordar las causas subyacentes de la vulnerabilidad, como acceso a información y recursos, capacidad financiera e institucional, y necesidades tecnológicas. Estos aspectos son fundamentales para construir capacidades y desarrollar estrategias efectivas de adaptación.

Según la CEPAL las necesidades de adaptación pueden resumirse en cinco categorías:

- Necesidades físicas y ambientales.
- Necesidades sociales.
- Necesidades institucionales.
- Necesidad de involucrar al sector privado.
- Necesidades de información, capacitación y recursos.

Aquello se traduce en distintas líneas de acción que operan en diferentes ámbitos que pueden incluir aspectos económicos, energéticos, ambientales, de infraestructura y transporte. Cada uno de ellos implica analizar aspectos de vulnerabilidad y riesgos para acordar objetivos comunes, establecer metas e identificar opciones de adaptación, lo que podría sintetizarse como “el ciclo de la adaptación”, tal como se detalla en la figura 2.

Figura 2

Ciclo de la adaptación



Nota. Lhumeu y Cordero (2012). Elaboración: UPS-GIEDE. Ilustración: Mariana Luna, UPS-2024.

Este ciclo de la adaptación aplica en distintos ámbitos de operación de las políticas, planes y programas, sean dentro de las estrategias en torno al agua, la agricultura, la infraestructura, la salud humana, el turismo, el transporte y la energía, conforme se detalla en la tabla 1.

Tabla 1

Opciones de adaptación

Estrategia	Descripción /Alcance
Agua	Mejora los sistemas de captación y almacenamiento. Reutilización, desalinización y mejora de la eficiencia en el uso del agua y en el riego.
Agricultura	Cambios en los calendarios de siembra y en las variedades de plantas utilizadas. Reubicación de cultivos. Mejora de la gestión de las fincas (por ejemplo, control de la erosión y protección del suelo mediante plantaciones forestales, evitando los monocultivos, la introducción de especies exógenas).
Infraestructura	Reubicación de comunidades, elaboración de mapas de riesgos potenciales, construcción de diques y de barreras antitormentas, refuerzos de sistemas de dunas, creación de marismas y humedales como sistemas de amortiguación frente a inundaciones y subidas del nivel del mar.
Salud humana	Planes de acción para abordar las amenazas derivadas de las olas del calor extremo, mejora de los servicios médicos de emergencia, seguimiento y control de enfermedades sensibles a los cambios del clima, mejora de la calidad del agua potable y de los sistemas de saneamiento.
Turismo	Diversificación de recursos turísticos y fuentes de ingreso
Transporte	Reajuste y cambio de recorridos, diseño de carreteras, ferrocarriles y otras infraestructuras de transporte para dar respuestas a los nuevos problemas del calentamiento y drenaje.
Energía	Reforzamiento de las redes aéreas de transmisión y distribución, soterramiento de líneas de transporte de energía, eficiencia energética y energías renovables, reducción de la dependencia de fuentes energéticas únicas.

Nota. Climate in Peril. A Popular Guide to the Latest IPCC Report, UNEP, 2008, p. 43. Elaboración: UPS-GIEDE, 2023.

En otros términos, las opciones de adaptación señaladas pueden agruparse en tres grandes ámbitos y necesidades de aplicación como la

estructural (infraestructuras tangibles y físicas), las opciones sociales y las institucionales (ver figura 3).

- a. **Las opciones estructurales y físicas**, como la ingeniería ambiental, son costosas y a largo plazo, enfrentando incertidumbres climáticas. En cambio, la adaptación basada en ecosistemas aprovecha la capacidad natural para mitigar el cambio climático, siendo medidas más efectivas y eficientes, con menor dependencia de proyecciones climáticas. En el sector agropecuario, las opciones tecnológicas ofrecen alternativas como métodos de riego eficientes y tecnologías de información y comunicación (TIC) para la difusión de información relevante. Las opciones de servicios, como redes de seguridad social y servicios de salud pública, son esenciales para atender las necesidades básicas de las personas vulnerables ante desastres climáticos (Dupuits *et al.*, 2022; Huggel *et al.*, 2015).
- b. **Las opciones sociales** clave para la adaptación incluyen en primer lugar, la educación, que se destaca como un medio para reducir la vulnerabilidad y fomentar el diálogo y las redes sociales. También la información juega un papel crucial en la concienciación sobre los riesgos climáticos, mediante sistemas de alerta, cartografías de riesgos y servicios climáticos mejorados. Además, el cambio en el comportamiento es esencial e implica la diversificación de medios de subsistencia, prácticas agrícolas sostenibles y migración laboral, siendo los incentivos gubernamentales una herramienta eficaz para promover estos cambios (Llambí y Garcés, 2020).
- c. **Las opciones institucionales** que abarcan tres áreas principales: económicas, legales y políticas gubernamentales. Las opciones económicas comprenden incentivos financieros, seguros y fondos de contingencia. Las leyes y regulaciones, como la seguridad de la tenencia de la tierra y la zonificación, son esenciales para mejorar la resiliencia. Por último, las políticas y programas gubernamentales, incluyen desde la adaptación al cambio climático hasta la gestión de recursos como el agua y los bosques, todos ellos como cruciales para promover la adaptación comunitaria al cambio climático (Magrin, 2015).

Figura 3*Necesidades de adaptación*

Nota. Lhumeu y Cordero (2012); Llambí y Garcés, A. (2020). Elaboración: UPS-GIEDE. Ilustración: Mariana Luna, UPS-2024

Adaptación basada en Ecosistemas (AbE)

La Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) se define como la utilización de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, como parte de una estrategia más amplia de adaptación, para ayudar a las personas a enfrentar los efectos adversos del cambio climático. La AbE integra el manejo sostenible, la conservación y la restauración de ecosistemas para proporcionar servicios que permitan a las personas adaptarse a los impactos del cambio climático, con el propósito de mantener y aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad tanto de los ecosistemas como de las comunidades humanas (Lhumeau y Cordero, 2012; Llambí y Garcés, 2020; Magrin, 2015).

Las actividades y estrategias de AbE pueden resultar costo-efectivas y generar beneficios sociales, económicos, ambientales y culturales, al

tiempo que contribuyen a la conservación de la biodiversidad. Además, la AbE representa una forma de adaptación accesible para las poblaciones rurales pobres, dada su interacción y, en muchos casos, dependencia de los ecosistemas, lo que también puede preservar el conocimiento tradicional y local junto con los valores culturales.

En otras palabras, la AbE utiliza la biodiversidad y servicios ecosistémicos como parte de una estrategia integral frente al cambio climático. Comparada con obras de ingeniería, la ABE presenta menos riesgos de mala adaptación, es más flexible y contribuye a los objetivos de desarrollo sostenible, además de generar beneficios socioeconómicos y ambientales (Bello *et al.*, 2020; Dupuits *et al.*, 2022).

Además, la implementación de la AbE demanda el involucramiento de diversos actores y la dispersión de beneficios entre múltiples beneficiarios, lo que complica su ejecución. Además, la falta de protocolos estándar y metodologías comparables como los que se aplican para casos de infraestructura limita su aplicación.

Las actividades de manejo de ecosistemas dentro de la ABE incluyen restauración ecológica, manejo comunitario de recursos naturales, conservación de áreas protegidas, aumento de la biodiversidad y gestión integrada del agua. Estas prácticas también involucran el ordenamiento territorial adaptativo; el establecimiento de sistemas agropecuarios diversos con la utilización del conocimiento indígena y local y el mantenimiento de la diversidad genética. El manejo y autogestión comunitaria de los recursos naturales, la conservación ex situ de semillas y bancos de germoplasma, son también parte de estrategias adaptativas que al margen de los Estados las comunidades rurales andinas, especialmente de pueblos indígenas, despliegan frente al cambio climático desde hace décadas, y más aún frente al actual escenario derivado del calentamiento global y sus impactos en los Andes (Lhumeau y Cordero, 2012; Bello *et al.*, 2020; Dupuits *et al.*, 2022; Carrasco *et al.*, 2011).

Conforme lo explica la UICN “la AbE a la vez, puede vincularse con la mitigación del cambio climático, dado que ecosistemas como bosques

y humedales saludables y manejados adecuadamente tienen el potencial de secuestrar y almacenar carbono” (Lhumeau y Cordero, 2012, p. 4).

Según la CEPAL, la AbE puede implementarse en diversas escalas geográficas (local, regional y nacional) y en diferentes plazos (corto, mediano y largo). Puede ser ejecutada en proyectos específicos o integrarse como parte de programas de adaptación y desarrollo. Su eficacia se maximiza cuando se utiliza en conjunto con una amplia gama de medidas de adaptación, como sistemas de alerta temprana, educación e infraestructura física (Magrin, 2015).

La AbE desempeña dos roles fundamentales en la adaptación al cambio climático. Por un lado, proporciona un marco holístico para la conceptualización de políticas y visiones a largo plazo, integrando convenciones internacionales y políticas sectoriales en el territorio. Por otro lado, contribuye a la gestión directa de los ecosistemas, al abarcar una variedad de estrategias a nivel local y de paisaje que capacitan a las comunidades para enfrentar el cambio climático, fomentando prácticas como el manejo integrado del recurso hídrico, la reducción del riesgo de desastres naturales, la agricultura sostenible y la conservación de la diversidad biológica (Lhumeau y Cordero, 2012; Magrin, 2015; Lanegra, 2018).

Por último, al promover el manejo sostenible, la conservación y la restauración de ecosistemas, la AbE se alinea con importantes acuerdos internacionales como el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNUCLD), la Convención sobre los Humedales (Convención de Ramsar), la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas (DNUDPI) y el Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques (FNUB). Esta sinergia y complementariedad entre las actividades y estrategias de AbE y otras acciones para el manejo, conservación y restauración de ecosistemas refuerza su impacto y efectividad en diferentes ámbitos (Allen, 2020; CAN, 2009; Bello y 2020).

En el contexto del CDB y la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), la AbE ha ganado relevancia

en los últimos años. Su enfoque holístico y práctico ha sido reconocido como una herramienta esencial para enfrentar los desafíos ambientales actuales, destacando su papel crucial en la promoción de la resiliencia ecológica y la adaptación al cambio climático.

Respuestas adaptativas desde comunidades indígenas andinas

Las voces de la naturaleza se escuchan a través de las mujeres y los varones de las comunidades.

El apu Ausangate era maravilloso e imponente. Era una fuente de agua fresca para las comunidades cercanas, pero el cambio climático lo está achicando. Antes los lagos cerca del Ausangate estaban llenos, pero ahora el nivel del agua ha bajado unos 50 centímetros, igual que los ríos. No hay nieve y por lo tanto, tampoco tenemos agua. Los manantiales, los pantanos, no son lo mismo que antes, [dice Cayetano Huanca, comunero de Chillca, en Cusco, Perú, al referirse a la situación del gran nevado que sobrepasa aún los 6300 msnm]. (Ortiz-T., 2011)

Mama Cotacachi era una mujer hermosa. Sedujo al Imbabura, la montaña más para el sur, para casarse con él. En su falda guardaba un almacén de grano, que se dispensaba a los pobladores que vivían a sus pies, nunca dando demasiado, para que no lo desaprovechemos. Cuando había escasez de agua, los ancianos iban a los sitios sagrados a sembrar granos con chicha como ofrenda y pedir la ayuda de la Mama Cotacachi. Hoy muchas comunidades han abandonado sus ritos tradicionales para cuidar el agua. Ya no respetan. La gente viene ahora de la ciudad en sus autos y dejan basura en las quebradas, que ahora están secas. Por eso la Mama Cotacachi está enojada y está castigando a la gente de sus faldas al retener sus aguas [relata Rosita Ramos, Quichua de Cotacachi, en la provincia de Imbabura en la sierra norte ecuatoriana]. (Bartolone, 2016)

Las comunidades andinas sienten los impactos de la crisis climática en la agricultura, la economía, la cultura local, la alimentación y la salud de cientos y miles de familias, como lo cuenta Marcos Basilio de la comunidad campesina de Vicos, Ancash, al pie de la cordillera Blanca en Perú:

He perdido algunas variedades de papa como el coró, trigo huáscar, arracacha y shura jara (maíz especial para preparar jora), todo por sembrar papa yungayina y otros cultivos, porque las nuevas variedades son más precoces y producen mejor. Mi papa coró lo eliminé a propósito, los ingenieros me decían que es el hospedero del papa curu. También mi lluta jara (maíces nativos de colores) lo he perdido, porque aparecieron otras variedades más precoces y con granos más grandes. (CCSS-PUCP, 2010)

Testimonios similares se pueden compilar a lo largo y ancho de los Andes desde las comunidades rurales andinas, en particular de los pueblos indígenas, quienes toman su sustento de la tierra y adquieren conocimientos gracias a su relación con ella. Esa experiencia vital y cotidiana les ha permitido observar y experimentar directamente los efectos del calentamiento global a lo largo de décadas, y a partir de esos hechos como la alteración de lluvias, períodos de sequía prolongada, o heladas en lugares y fechas nunca usuales, desarrollan distintas estrategias de adaptación.

A nivel general y de manera recurrente y compartida entre pueblos indígenas de distintas latitudes y entornos, existen los siguientes tipos de impactos y consecuencias del cambio climático:

- Empeoramiento de las condiciones de sequía y desertificación, lo cual provoca un aumento del número de incendios forestales que afectan el uso de la tierra, la agricultura de subsistencia y los medios de vida basados en la caza y la recolección, y que llevan consigo una grave pérdida de diversidad biológica (zonas tropicales y subtropicales) (Salick y Ross, 2018; Davis, 2010).
- Lluvias excesivas y sequías prolongadas, que provocan más casos de tormentas de polvo que dañan las tierras de pastos, los plantones y otros cultivos, incluido el ganado de los pueblos indígenas nómadas y dedicados al pastoreo (tierras áridas y semiáridas) (Redvers *et al.*, 2017).
- En los pueblos del Ártico (Canadá, Alaska) y extremo norte de Europa, es evidente la erosión de las costas y las riberas de los ríos y crecidas de los ríos, provocadas por las temperaturas más altas

y el derretimiento de las nieves en las montañas, los glaciares y el hielo del mar (Guggenheim, 2006; Kirby, 2009; Salick y Ross, 2018).

- Reducción de la población de especies animales por las temperaturas más cálidas, aparición de nuevas especies marinas por mayor temperatura del agua del mar y cambios en las rutas de migración de los animales.
- Nuevos tipos de insectos y ciclos de vida más prolongados de los insectos endémicos, que destruyen los árboles y otra vegetación (bosques).
- Más enfermedades relacionadas con el aumento de las temperaturas y aquellas transmitidas por vectores y por el agua, como el cólera, la malaria y el dengue (en especial en las zonas tropicales y subtropicales del Caribe, Mesoamérica y casi toda Sudamérica) (Anderson, 2012; Montana *et al.*, 2016).
- Erosión de las costas exacerbada por la elevación del nivel del mar; huracanes y tifones más fuertes, que provocan pérdidas de tierras y propiedades y el desplazamiento de los pueblos indígenas (refugiados ambientales); pérdida de bosques de manglares (regiones costeras y pequeños estados insulares, como los pueblos indígenas de Oceanía, Sur de Asia, África y buena parte de Mesoamérica) (Renner, 2015).
- Inseguridad alimentaria, debido a la dificultad de mantener poblaciones viables de peces y proteína animal; decoloración del coral debido al aumento de la temperatura del mar (ecosistemas marinos).³
- Aumento de las violaciones de derechos humanos, desplazamientos y conflictos debido a la expropiación de bosques y tierras ancestrales para dedicarlas a plantaciones de biocombustibles (soja, caña de azúcar, palma de aceite, maíz, etc.); aumento de las plagas que dañan los cultivos (langosta, ratas, escarabajos de abeto, etc.); aumento de los precios de los alimentos debido a la competencia

3 Indigenous Climate Portal, puede revisarse en <http://www.indigenousclimate.org/> También en Indigenous Peoples, Issues and Resources, en el sitio <http://indigenous-peoplesissues.com/>. El Informe de IPCC (2007) y la Guía de Kirby (2008) contienen descripciones más amplias y detalladas de estos problemas.

con los biocombustibles, lo cual incrementa la inseguridad alimentaria y afecta la soberanía alimentaria de pueblos y comunidades.

- Inundaciones masivas y fuertes huracanes que destruyen suelos fértiles, dañan los cultivos y causan pérdidas de suministros de agua dulce en distintas regiones, en particular de Mesoamérica, la Cuenca Amazónica, África, Sur de Asia, Chaco y Oceanía.
- Períodos de temperaturas frías extremas sin precedentes, que provocan problemas de salud como la hipotermia, la bronquitis y la neumonía, especialmente entre las personas de edad y los niños pequeños.
- Pérdida de los territorios tradicionales de los pueblos indígenas debido a medidas de mitigación como los sumideros de carbono y proyectos de energías renovables (represas para la generación de energía hidroeléctrica, plantas geotérmicas), que se adoptan sin el previo consentimiento libre y fundamentado de esos pueblos.
- La vida cultural tradicional, que va desde la siembra rotativa, la caza, la recolección de frutas, el pastoreo, la ganadería de montañas altas y su producción agrícola de subsistencia, la pesca marina, la agroforestería, entre otras, han sido socavadas por causa del cambio climático (Anderson, 2012; Yamin y Depledge, 2004).
- Es cada vez mayor el número de indígenas que pasan a ser refugiados ambientales, o que han emigrado porque sus comunidades y territorios han sufrido fenómenos naturales (Beauregard, 2021).
- Otra consecuencia de las migraciones por fenómenos naturales ha sido el cambio cultural, que se observa por ejemplo en los cambios en los roles e importancia de la mujer en los territorios y comunidades indígenas (Davis, 2010).
- Pérdida de conocimientos tradicionales y de innovadoras prácticas que están asociadas con sus formas de vida y su ecosistema.
- Emigración de la juventud indígena en busca de oportunidades económicas, debido a que los cambios climáticos han limitado sus oportunidades futuras en sus propias comunidades y territorios. Esto erosiona la economía y cultura de los pueblos indígenas (CCSS-PUCP, 2010).

- Exclusión de los pueblos indígenas de los procesos y mecanismos relacionados con la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques y con el intercambio de derechos de emisión (Yamin y Depledge, 2004).

Conclusiones

Los impactos derivados del cambio climático en las sociedades de montaña, particularmente andinas, crecen mientras los conocimientos tradicionales se ven amenazados, aunque cada vez más personas en las tierras bajas dependen de estos saberes. Históricamente el ecosistema de montaña, aprovechado por los indígenas andinos, ha provisto de agua dulce, biodiversidad y recreación, garantizando la subsistencia a través de la producción diversificada en los diferentes pisos ecológicos.

Sin embargo, el desarrollo humano y el cambio climático amenazan con modificar los sistemas ecológicos de montaña y provocar la desaparición de la biodiversidad andina, lo que resalta la necesidad de medidas de protección ambiental más efectivas. A pesar de los esfuerzos de conservación, persisten y en algunos casos se agravan los impactos en áreas silvestres, con altas tasas de deforestación y amenazas a diversas especies. Además, la actividad extractiva, como la minería en áreas frágiles, plantea desafíos adicionales para la protección y recuperación de estos ecosistemas vulnerables.

El discurso sobre el cambio climático puede distorsionar la percepción de los problemas ambientales al enfocarse exclusivamente en este fenómeno, obviando las raíces más profundas de la sobreexplotación y mercantilización de la naturaleza. Los países andinos enfrentan limitaciones para negociar y establecer políticas efectivas para abordar el cambio climático, como lo evidencian los compromisos del Protocolo de Kyoto. Este enfoque resalta la necesidad de un discurso ambiental que armonice el crecimiento económico con la conservación de los recursos naturales, reconociendo el papel crucial del Estado en este proceso. Aquello además

plantea una tensión y entredicho en un contexto de gobiernos neoliberales, cuyas definiciones están marcadas por un fuerte postura anti-estatal y favorable a la racionalidad del mercado y los actores empresariales.

Si bien el discurso sobre el cambio climático se apoya en la noción de “interdependencia ecológica global”, instando a todos los países, especialmente los de los Andes, a contribuir a la lucha contra este fenómeno, priorizando la adaptación, no es menos cierto que aquello demanda el desarrollo y fortalecimiento de capacidades de los entes público-estatales para garantizar adecuadas o mínimas condiciones de gobernanza. Aquello implica evaluar riesgos, fortalecer capacidades de adaptación y desarrollar estrategias de reducción de la pobreza, integrando la adaptación en la planificación nacional y reorganizando la sociedad y el funcionamiento del Estado en función de esta estrategia.

Sin embargo, la perspectiva predominante sobre el cambio climático enfatiza lo global y general, descuidando los problemas y urgencias ambientales locales, nacionales y regionales. En los países andinos, los gobiernos tienden a debatir sobre temas macro-globales en lugar de abordar las tensiones internas entre la protección ambiental y las metas económicas a nivel local y nacional.

En cuanto a los enfoques, la hegemonía discursiva ha fomentado iniciativas de mercantilización de la naturaleza, con énfasis en la comercialización de bienes y servicios ambientales, aunque carece de evidencia sólida sobre su efectividad en la conservación. Esto contrasta con la debilitación de las concepciones de protección ambiental como política pública independiente de su rentabilidad, lo que subraya la necesidad de replantear los enfoques hacia una visión más integral y sostenible.

La agenda del cambio climático se ve distorsionada en términos de mitigación, ya que se minimiza el papel de las emisiones provenientes de cambios en el uso de la tierra, deforestación y actividad agropecuaria en América Latina y particularmente en los países andinos. Esto implica que la discusión sobre el cambio climático debe abordar políticas rurales,

que vayan más allá de una perspectiva tradicional agraria o de estrategias de desarrollo agropecuario, y se ocupe integralmente del sector rural de manera integral, re-pensando los procesos de ordenamiento territorial e incorporando políticas de cuidado y protección de ecosistemas frágiles, como son los de montaña existentes en los Andes.

En cuanto a la adaptación, los gobiernos andinos adoptan una actitud pasiva y dependen en gran medida de fondos internacionales, minimizando sus responsabilidades y abusando de los reclamos de compensación financiera y transferencia tecnológica, sin una coordinación efectiva a nivel regional.

En los países andinos, las instancias nacionales de concertación sobre el cambio climático no incorporan de manera fundamental la participación de los pueblos indígenas y sus organizaciones, situación que se replica en los debates internacionales en el marco de la CMNUCC. Los pueblos indígenas de los Andes se enfocan en la defensa de sus derechos territoriales, recursos naturales y autodeterminación, pero enfrentan limitaciones significativas en acceso a información y tratamiento técnico en el debate sobre el cambio climático, resaltando la necesidad de una cooperación intercultural.

Aunque los pueblos indígenas están dispuestos a contribuir con sus conocimientos tradicionales para la mitigación y adaptación al cambio climático, demandan una participación más significativa en los procesos nacionales e internacionales de formulación de políticas.

Referencias bibliográficas

- Arias, P. A., Garreaud, R., Poveda, G., Espinoza, J. C., Molina-Carpio, J., Masiokas, M., Viale, M., Scaff, L. y van Oevelen, P. J. (2021). Hydroclimate of the Andes Part II: Hydroclimate Variability and Sub-Continental Patterns. *Frontiers in Earth Science*, 8(February), 1-25. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.505467>
- Allen, S. I. (2020). *Building Transformative Institutional Adaptive Capacity: Assessing the potential contribution of PPCR to build a climate resilient water*

- governance framework in the Plurinational State of Bolivia*. IDB. <http://dx.doi.org/10.18235/0002226>
- Anderson, E. P., Marengo, J. A., Villalba, R., Halloy, S., Young, B. E., Cordero, D.,... y Ruiz, D. (2012). Consecuencias del cambio climático en los ecosistemas y servicios ecosistémicos de los Andes Tropicales. *Cambio climático y biodiversidad en los Andes Tropicales*, 426.
- Arguedas, J. A. (1933). Agua. En J. A. Arguedas, *Obras Completas. Tomo I*. Lima. <https://bit.ly/3YnqL5N>
- Barros, V. R., Boninsegna, J. A., Camilloni, I. A., Chidiak, M., Magrín, G. O. y Rusticucci, M. (2015). Climate change in Argentina: Trends, projections, impacts and adaptation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 6(2), 151-169. <https://doi.org/10.1002/wcc.316>
- Bartolone, P. (2016). *Early signs: melting ice caps in Ecuador*. <https://bit.ly/3BLLtUj>
- Bättig, M. B., Brander, S. e Imboden, D. M. (2008). Measuring countries' cooperation within the international climate change regime. *Environmental Science & policy*, 11(6), 478-489.
- Beauregard, C. C. (2021). Climate justice and rights-based litigation in a post-Paris world. *Climate Policy*, 21(5), 652-665.
- Bello, O., Bustamante, A. y Pizarro, P. (2020). *Planificación para la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible*. Santiago de Chile: CEPAL-GIZ.
- Boetti, E. (14 de diciembre de 2023). La sociedad de la nieve: otra lectura sobre "El milagro de los Andes". *Página 12*. <https://bit.ly/402sIWE>
- Boillat, S., Scarpa, F. M., Robson, J. P., Gasparri, I., Aide, T. M., Aguiar, A. P. D., Anderson, L. O., Batistella, M., Fonseca, M. G., Fudemma, C., Grau, H. R., Mathez-Stiefel, S. L., Metzger, J. P., Ometto, J. P. H. B., Pedlowski, M. A., Perz, S. G., Robiglio, V., Soler, L., Vieira, I. y Brondizio, E. S. (2017). Land system science in Latin America: challenges and perspectives. In *Current Opinion in Environmental Sustainability* (Vols. 26-27, pp. 37-46). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.01.015>
- Buytaert, W., Celleri, R., Willems, P., Bièvre, B. De y Wyseure, G. (2006). Spatial and temporal rainfall variability in mountainous areas: A case study from the south Ecuadorian Andes. *Journal of Hydrology*, 329(3-4), 413-421. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.02.031>
- Buytaert, W., Sevink, J., Cuesta, F., LLambi, L. y Posner, J. (2014). *Cambio climático: la nueva amenaza para los páramos. Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos*. CONDESAN.

- IPCC, 2021: Resumen para responsables de políticas. En *Cambio climático 2021: Bases científicas físicas*. Contribución del Grupo de trabajo I al Sexto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- CAN. (2009). *Articulando la Gestión del Riesgo y la Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agropecuario: lineamientos generales para la planificación y la gestión sectorial*. Lima: CAN-PREDECAN.
- CAN-PNUMA-CONDESAN. (2018). *Agenda Estratégica, sobre Adaptación al Cambio Climático en las Montañas de los Andes*. Lima: Comunidad Andina de Naciones CAN-CONDESAN-PNUMA-Iniciativa Andina de Montañas IAM. <https://bit.ly/3zPrGmm>
- Carey, M. P. (2005). *People and glaciers in the Peruvian Andes: A history of climate change and natural disasters, 1941-1980*. University of California.
- Carrasco, J., Casassa, G., Pizarro, R. y Saravia, M. (2011). *Impactos del Cambio Climático, Adaptación y Desarrollo en las Regiones Montañosas de América Latina*. Santiago de Chile: Ministerio de Relaciones Exteriores, Gobierno de Chile-Alianza para las Montañas-FAO-Banco Mundial.
- CCSS-PUCP, E. (2010). Espacios contrapuestos: la comunidad campesina de Vicos: entre la conservación y la reproducción. *Revista Estudiantil Abra Andina*. Pontificia Universidad Católica del Perú PUCP. <https://bit.ly/3NwR96Z>
- Cevallos, M. (2013). *Documento descriptivo, analítico y comparativo de las políticas públicas sobre cambio climático en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia y su relación con el conocimiento tradicional*. UICN.
- Contreras, L. M. (2020). Evolución de la política de cambio climático en Colombia. *Vniversitas*, 1(69), 1-17. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.vj69.epcc>
- Cuesta-Camacho, F., Peralvo, M. y Ganzenmüller, A. (2008). Posibles efectos del calentamiento global sobre el nicho climático de algunas especies en los Andes Tropicales. En P. Mena, *Páramo y Cambio Climático* 23 (pp. 15-38). Ecociencia.
- Davis, S. H. (2010). Indigenous peoples and climate change. *The International Indigenous Policy Journal*, 1(1), 1-17. <https://doi.org/10.18584/iipj.2010.1.1.2>
- Dinneen, J. (2024). The world just experienced the hottest February on record. *NewScientist*. <https://bit.ly/3BKQexh>
- Djangi, P. (16 de enero de 2024). Tragedia de los Andes: el paso a paso de la historia real del accidente en la cordillera. *National Geographic*. <https://bit.ly/3NuCFEE>

- Dollfus, O. y Lavallée, D. (1973). Ecología y ocupación del espacio en los Andes Tropicales durante los últimos veinte milenios. *Bulletin de L'Institut Francais d'Etudes Andines*, 2(3), 75-92.
- Dupuits, E. (. (2021). *Políticas de cambio climático en los Andes: diálogo entre escalas y saberes para la adaptación. Propuestas Andinas No. 18*. Adaptación en las Alturas, Programa Bosques Andinos, CONDESAN.
- Dupuits, E., Llambí, L. D. y Peralvo, M. (2022). Implementing climate change adaptation policies across scales: Challenges for knowledge coproduction in Andean mountain socio-ecosystems. *Mountain Research and Development*, 42(2), A1-A11.
- Espinoza, J. C., Garreaud, R., Poveda, G., Arias, P. A., Molina-Carpio, J., Masiokas, M., Viale, M. y Scaff, L. (2020). Hydroclimate of the Andes Part I: Main Climatic Features. *Frontiers in Earth Science*, 8(March), 1-20. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00064>
- Feldpausch, T. R., Phillips, O. L., Brien, R. J. W., Gloor, E., Lloyd, J., Lopez-Gonzalez, G., Monteagudo-Mendoza, A., Malhi, Y., Alarcón, A., Álvarez Dávila, E., Alvarez-Loayza, P., Andrade, A., Aragao, L. E. O. C., Arroyo, L., Aymard C., G. A., Baker, T. R., Baraloto, C., Barroso, J., Bonal, D., ... Vos, V. A. (2016). Amazon forest response to repeated droughts. *Global Biogeochemical Cycles*, 30(7), 964-982. <https://doi.org/10.1002/2015GB005133>
- Fraser, N. (2023). *Cannibal capitalism: How our system is devouring democracy, care, and the Planet and what we can do about it*. Verso Books.
- Giddens, A. (2010). *La Política del Cambio Climático*. Alianza.
- Gomes, L., Miranda, H. S., Silvério, D. V. y Bustamante, M. M. C. (2020). Effects and behaviour of experimental fires in grasslands, savannas, and forests of the Brazilian Cerrado. *Forest Ecology and Management*, 458. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117804>
- Guggenheim, D. (Dirección). (2006). *An Inconvenient Truth* [Película]. <https://bit.ly/3ZYt00O>
- Hidalgo, D., Ruíz, J.-C., Maisincho, L., Cáceres, B., Crespo-Pérez, V., Domínguez, C., Piedra, D., Condom, T. y Villacís, M. (2024). Retroceso del glaciar del Carihuairazo y sus implicaciones en la comunidad de Cunucyacu. *La Granja*, 39(1), 92-115. <https://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.06>
- Huggel, C., Scheel, M., Albrecht, F., Andres, N. y Zappa, M. (2015). A framework for the science contribution in climate adaptation: Experiences from science-policy processes in the Andes. *Environmental Science & Policy*, 1(47), 80-94.

- Jauregui, Y. R. y Takahashi, K. (2018a). Simple physical-empirical model of the precipitation distribution based on a tropical sea surface temperature threshold and the effects of climate change. *Climate Dynamics*, 50(5-6), 2217-2237. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3745-3>
- Jauregui, Y. R. y Takahashi, K. (2018b). Simple physical-empirical model of the precipitation distribution based on a tropical sea surface temperature threshold and the effects of climate change. *Climate Dynamics*, 50(5-6), 2217-2237. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3745-3>
- Junquas, C., Takahashi, K., Condom, T., Espinoza, J. C., Chavez, S., Sicart, J. E. y Lebel, T. (2018). Understanding the influence of orography on the precipitation diurnal cycle and the associated atmospheric processes in the central Andes. *Climate Dynamics*, 50(11-12), 3995-4017. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3858-8>
- Kennedy, L. y Kerr, B. e. (dirección). (2018). *Rotten* [Película]. <https://bit.ly/3Y9Iblh>
- Kirby, A. (2009). *Climate in peril: A popular guide to the latest IPCC reports*. UNEP/Earthprint.
- Lanegra, I. (2018). Las condiciones de gobernanza para la implementación de las contribuciones nacionalmente determinadas: El caso del Perú. *Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, 1(2), 33-47.
- Lhumeau, A. y Cordero, D. (2012). *Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático*. UICN.
- Llambí, L. D. y Garcés, A. (2020). *Adaptación al Cambio Climático en los Andes: vacíos y prioridades para la gestión del conocimiento*. CONDESAN.
- Magrin, G. (2015). *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe*. CEPAL.
- Mark, B. G., French, A., Baraer, M., Carey, M., Bury, J., Young, K. R. y Lautz, L. (2017). Glacier loss and hydro-social risks in the Peruvian Andes. *Global and Planetary Change*, 1(159), 61-76.
- Molina-Carpio, J., Espinoza, J. C., Vauchel, P., Ronchail, J., Gutierrez Caloir, B., Guyot, J. L. y Noriega, L. (2017). Hydroclimatology of the Upper Madeira River basin: spatio-temporal variability and trends. *Hydrological Sciences Journal*, 62(6), 911-927. <https://doi.org/10.1080/02626667.2016.1267861>
- Montana, E., Diaz, H. P. y Hurlbert, M. (2016). Development, local livelihoods, and vulnerabilities to global environmental change in the South American Dry Andes. *Regional Environmental Change*, 16(8), 2215-2228. <https://doi.org/10.1080/02626667.2016.1267861>
- Mourre, L., Condom, T., Junquas, C., Lebel, T., E. Sicart, J., Figueroa, R. y Cocharin, A. (2016). Spatio-temporal assessment of WRF, TRMM and in

- situ precipitation data in a tropical mountain environment (Cordillera Blanca, Peru). *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(1), 125-141. <https://doi.org/10.5194/hess-20-125-2016>
- Naranjo-Silva, S. (2024). A hydropower development perspective in Ecuador: past, present, and future | una perspectiva del desarrollo hidroeléctrico en Ecuador: pasado, presente y futuro. *Granja*, 39(1), 63-77. <https://doi.org/10.17163/LGR.N39.2024.04>
- OCHA-UNDRR. (2022). *Overview of Disasters and the Caribbean 2000 - 2022 in Latin America*. New York: United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- Ortiz-T., P. (2011). *Sistematización de experiencias. Cambio climático y resiliencia en comunidades indígenas andinas. Informe para Taller internacional "Crisis climática. amenazas y desafíos en la Región Andina"*. OXFAM America-CAOI.
- Poveda, G., Espinoza, J. C., Zuluaga, M. D., Solman, S. A., Garreaud, R. y Van Oevelen, P. J. (2020). High impact weather events in the Andes. *Frontiers in Earth Science*, 1(8), 162. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00162>
- Primicias, Redacción (2023). *Mueren más de 150 delfines debido a sequía en Amazonía brasileña*. <https://bit.ly/3BGeyQO>
- Quijano, A. (2000). Colonialidad del poder y clasificación social. *Journal of World-Systems Research*, 6(2), 342-386. <https://doi.org/10.5195/jwsr.2000.228>
- Quispe, J. E. T. (2024). Characterization of the environmental attitudes and practices of the urban population of Puno, Andean Plateau | Actitudes y prácticas ambientales de la población urbana de Puno, Altiplano Andino. *Granja*, 39(1). <https://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.03>
- Redvers, N., Aubrey, P., Celidwen, Y. y Hill, K. (2017). Indigenous Peoples: Traditional knowledges, climate change, and health. *PLOS Global Public Health*, 3(10).
- Renner, M. (2015). The seeds of modern threats. En W. Institute, *State of the World 2015. State of the world 2015: Confronting hidden threats to sustainability* (pp. 3-17). Worldwatch Institute.
- Rolando, J. L., Turin, C., Ramírez, D. A., Mares, V., Monerris, J. y Quiroz, R. (2017). Key ecosystem services and ecological intensification of agriculture in the tropical high-Andean Puna as affected by land-use and climate changes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 1(236), 221-233.
- Ruiz-Hernández, J. C., Condom, T., Ribstein, P., Le Moine, N., Espinoza, J. C., Junquas, C., Villacís, M., Vera, A., Muñoz, T., Maisincho, L., Campozano, L., Rabatel, A. y Sicart, J. E. (2021). Spatial variability of diurnal to seasonal cycles of precipitation from a high-altitude equatorial Andean valley to

- the Amazon Basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 38(October). <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100924>
- Sacancela, D. (2024). Impactos del cambio climático en los cultivos principales en Los Ríos. (Tesis de Maestría de Recursos hídrico). Universidad Politécnica Salesiana: Trabajo no publicado.
- Salick, J. y Ross, N. (2018). Traditional peoples and climate change. *Planning for Climate Change*. Routledge.
- Segura, H., Espinoza, J. C., Junquas, C., Lebel, T., Vuille, M. y Garreaud, R. (2020). Recent changes in the precipitation-driving processes over the southern tropical Andes/western Amazon. *Climate Dynamics*, 54(5-6), 2613-2631. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05132-6>
- Serrano, S., Diana, Z., Viviana, M., Pablo, J., Enrique, P. y Marcos, V. (2012). Análisis Estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito. *La Granja, Revista de Ciencias de La Vida*, 23-47.
- Serrano Vincenti, S., Reisancho Puetate, A., Borbor-Córdova, M. J. y Stewart-Ibarra, A. M. (2016). Análisis de inundaciones costeras por precipitaciones intensas, cambio climático y fenómeno de El Niño. *Caso de estudio: Machala. La Granja*, 17. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17163/lgr.n24.2016.05>
- Serrano Vincenti, S., Ruiz, J. C. Bersosa, F. (2017). Heavy rainfall and temperature projections in a climate change scenario over Quito, Ecuador. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 25(1), 16-32. <https://doi.org/10.17163/lgr.n25.2017.02>
- Serrano-Vincenti, S., Condom, T., Campozano, L., Escobar, L. A., Walpersdorf, A., Carchipulla-Morales, D. y Villacís, M. (2022). *Harmonic analysis of the relationship between GNSS precipitable water vapor and heavy rainfall over the northwest Equatorial Coast, Andes, and Amazon Regions. Atmosphere*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/atmos13111809>
- Stevens, F. (dirección). (2016). *Before the flood* [Película]. <https://bit.ly/3BL0jKE>
- Strange, S. (1996). *The retreat of the State: the diffusion of power in the world economy*. Cambridge University Press.
- Takahashi, K. y Dewitte, B. (2016). Strong and moderate nonlinear El Niño regimes. *Climate Dynamics*, 46(5-6), 1627-1645. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2665-3>
- Takahashi, K., Montecinos, A., Goubanova, K. y Dewitte, B. (2011). ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Nio. *Geophysical Research Letters*, 38(10), 1-5. <https://doi.org/10.1029/2011GL047364>

- Tapia-Garay, V., Figueroa, D. P., Maldonado, A., Frías-Laserre, D., Gonzalez, C. R., Parra, A., Canals, L., Apt, W., Alvarado, S., Cáceres, D. y Canals, M. (2018). Assessing the risk zones of chagas' disease in chile, in a world marked by global climatic change. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 113(1), 24-29. <https://doi.org/10.1590/0074-02760170172>
- Torres Guzmán, O. N. (2015). *La declaratoria del Macizo del Cajas como reserva de la biosfera y la minería a gran escala: posibilidades y contradicciones en el caso de Quimsacocha*. (Tesis de Maestría). FLACSO-Sede Ecuador.
- Toulkeridis, T., Tamayo, E., Simón-Baile, D., Merizalde-Mora, M. J., Reyes -Yunga, D. F., Viera-Torres, M. y Heredia, M. (2020). Climate change according to ecuadorian academics-perceptions versus facts. *Granja*, 31(1), 21-49. <https://doi.org/10.17163/lgr.n31.2020.02>
- Vargas, D., Pucha-Cofrep, D., Serrano-Vincenti, S., Burneo, A., Carlosama, L., Herrera, M., Cerna, M., Molnár, M., Jull, A. J. T., Temovski, M., László, E., Futó, I., Horváth, A. y Palcsu, L. (2022). ITCZ precipitation and cloud cover excursions control Cedrela nebulosa tree-ring oxygen and carbon isotopes in the northwestern Amazon. *Global and Planetary Change*, 211(April 2021). <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2022.103791>
- Vuille, M., Carey, M., Huggel, C., Buytaert, W., Rabatel, A., Jacobsen, D. y Sicart, J. E. (2018). Rapid decline of snow and ice in the tropical Andes—Impacts, uncertainties and challenges ahead. *Earth-Science Reviews*, 1(176), 195-213.
- Yamin, F. y Depledge, J. (2004). *The International Climate Change Regime: a Guide to Rules, Institutions and Procedures*. Cambridge University Press.