



Nevado Huascarán

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA CRIÓSFERA Y LOS PÁRAMOS DE LA CORDILLERA BLANCA, PERÚ

Pablo Daniel Boyano Sotillo

RESUMEN

Este artículo pretende ser una primera aproximación al conocimiento de los servicios ecosistémicos ofrecidos por los páramos y la criósfera de la cordillera Blanca. Ambos ecosistemas tienen amplia distribución, elevada diversidad y una contribución esencial a escala local, regional, nacional y continental. Además, ofrecen hábitats únicos para la biodiversidad que proveen una serie de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento o abastecimiento, regulación, culturales y esenciales de soporte o apoyo según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM) que fue presentada en 2005.

PALABRAS CLAVE: *cordillera Blanca, servicios ecosistémicos, glaciar, páramo.*

DATOS DEL AUTOR

Geógrafo ambiental, especialista en ordenación del territorio y medio ambiente, especialistas en gestión de riesgos naturales y cambio climático, maestría en cooperación internacional y ayuda humanitaria. Consultor UICN (unión internacional para la conservación de la naturaleza), profesor de interpretación y educación ambiental y montañero.
danielboyanosotillo@gmail.com

© Este artículo es de acceso abierto sujeto a la licencia Reconocimiento 4.0 Internacional de *Creative Commons*. No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas. Para más información, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

ABSTRACT

This article pretends to be a starting point to get in touch with the ecosystem services offered in the Páramos and Criosfera in the cordillera Blanca. Both ecosystems have a wide distribution, high diversity and an essential contribution in a local, regional, national and continental scale.

It also offers unique ecosystems for biodiversity which provide a range of ecosystemic provisioning services, regulation, cultural and essential in helping; as said in the Millenium Ecosystem Evaluation (MEE), handed 2005.

KEYWORDS: *cordillera Blanca, ecosystem services, glacier, paramo.*

© This article is of open access to the public and subject to the Creative Commons Attribution Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. The commercial use of this original work and the production of derived works from this article is not allowed. For more information, please visit: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

INTRODUCCIÓN

El análisis de los servicios ecosistémicos consiste en evaluar los beneficios que proporcionan a la población, pero entendiendo los ecosistemas como la relación dinámica y compleja de diversos organismos con el entorno que operan en un sistema interdependiente, de forma que si una parte es afectada puede producir un impacto en todo el sistema (Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2007).

Muchos autores parten de la base de que todas las especies, tanto bióticas como abióticas, están ecológicamente relacionadas unas con otras e integradas dentro de un sistema. Por tanto, la identificación y categorización de las funciones ecosistémicas, ya sean directas o indirectas, dependen de su contribución al bienestar humano, teniendo en cuenta las diferentes escalas y criterios ecológicos, ambientales, sociales y culturales. Analizar las funciones ecosistémicas responde al foco del interés en un determinado sistema social dentro de un "contexto decisional" (Fisher et al., 2009). En ese contexto teórico se enmarca el presente caso de estudio de los servicios ecosistémicos de la criósfera y los páramos de la cordillera Blanca.

El enfoque metodológico que se utilizó para identificar y clasificar los servicios ecosistémicos se alinea con la economía ecológica y la ecología política, que plantean las relaciones de poder que están en las interacciones entre la sociedad y la naturaleza en torno al uso y manejo de los servicios ecosistémicos. Es así, que la unidad de análisis para ecosistemas se convierte en un sistema socio-ecológico (Lorca, Soley & Boyano, 2015).

ECOSISTEMA PÁRAMOS Y CRIÓSFERA DE LA CORDILLERA BLANCA

La cordillera Blanca del Perú se encuentra aproximadamente a 300 kilómetros al norte de Lima, en la región Ancash. Es la mayor cadena de montañas tropicales del mundo con más de 700 glaciares y constituye la superficie de masas de hielo tropicales más importante de la Tierra. Además, se han contabilizado más de 300 lagunas, muchas de reciente formación a causa del retroceso de los glaciares (Autoridad Nacional del Agua, Ministerio de Agricultura de Perú, 2010). Estas cabeceras forman parte de las cuencas hidrográficas de los ríos que desembocan en el río Marañón en la vertiente amazónica, y el río Pativilca y el río Santa en la vertiente del Pacífico.

La cadena montañosa, con sus 210 km de longitud lineal, es un paraíso para caminantes debido a la facilidad de acceso, la belleza de sus paisajes y más de 30 montañas que superan los 6000 m de altitud, destacando el Huascarán con 6768 m, la montaña más alta de Perú.

El Parque Nacional de Huascarán (Figura 1), creado en 1975 por el estado peruano, se extiende por la mayor parte de la cordillera Blanca y actualmente está clasificado en la categoría II de la U.I.C.N. (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y desde 1985 está en la categoría III como Patrimonio Natural de la Humanidad por la UNESCO, además es Reserva de la Biosfera desde 1997. Dichas figuras ofrecen un sólido respaldo para su protección y conservación.

FIGURA 1.
Laguna de Parón y nevados de Pirámide y Chacaraju



Fuente: ONG Guías de Espeleología y Montaña. Proyecto CRYOPERU.

Los páramos y criósfera de la cordillera Blanca contienen ecosistemas que proporcionan servicios ecosistémicos de aprovisionamiento o abastecimiento, regulación, culturales y esenciales o de apoyo, según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM) presentada en 2005. La metodología diseñada en este breve análisis retomó conceptos y lineamientos establecidos en la EEM y se basó en revisión bibliográfica y trabajo de campo, principalmente entrevistas.

En ese sentido, el caso de estudio es un reflejo de la constante disputa por actividades y visiones de los distintos actores que intervienen sobre los territorios. Los servicios ecosistémicos permiten poner los niveles de valoración entre la conservación y la subsistencia, entre la conservación y la proporción de poder para los usos y control de los servicios ecosistémicos (Lorca, Soley & Boyano, 2015).

Cuando hablamos de la criósfera y páramos de la cordillera Blanca nos referimos a áreas de alta montaña según la división de Ecosistemas del Milenio. La criósfera es el componente del sistema terrestre que contiene agua en un estado sólido, esta se encuentra en regiones cubiertas por nieve o hielo, ya sean tierra o mar, jugando un rol trascendental en la regulación del clima global.

Se denomina criósfera al conjunto de formas en las que el agua puede conservarse en estado sólido en la cordillera (glaciares, glaciares rocosos, nieve y permafrost). Todas esas formas tienen en común un origen relacionado con la presencia de agua a una temperatura por debajo del nivel de congelación. Es decir, inferior a 0°C. Esa característica hace que sean extremadamente sensibles a

variaciones en la temperatura y en la precipitación, y las convierte en extraordinarios geoindicadores del cambio climático. Además, la criósfera constituye una de las principales reservas hídricas para las regiones áridas de la costa de Perú. Sin embargo, los datos demuestran que esas masas de hielo están reduciendo considerablemente su tamaño como consecuencia del cambio climático (Cryoperú, 2014).

Por su parte, la zona de páramos se divide a su vez en subpáramo, zona de transición entre el bosque montano y el páramo abierto, páramo "típico" -dominado por pajonal-rosetal- y súper páramo, la zona más alta donde la vegetación escasea por el frío. En este artículo nos referiremos a los tres como ecosistema páramo, en general.

Las personas que se benefician de forma directa de los Servicios Ecosistémicos que ofrecen estos ecosistemas montañosos son quienes se sitúan en el entorno de la cordillera Blanca, así como quienes se encuentran a escala regional, nacional e incluso continental, principalmente, por el aprovisionamiento de agua dulce de calidad que les permite abastecerse y desarrollar actividades económicas como agricultura o ganadería, aguas abajo de los ríos que nacen en la cordillera Blanca, tanto hacia la Amazonía como hacia el Pacífico.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA CRIÓSFERA Y LOS PÁRAMOS DE LA CORDILLERA BLANCA

SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO

La composición arbustiva y las características edafológicas de los páramos de la cordillera Blanca permiten que estos ecosistemas tengan especiales condiciones para la captación y el almacenamiento de agua (provisión de agua). En términos de captación o absorción, buena parte de este recurso proviene de hielos glaciares y otro tanto llega a través de lluvias y la niebla que es atrapada por las hojas de los arbustos, principalmente del queñual (*Polylepis pauta*).

En cuanto al almacenamiento, los musgos y otra clase de vegetales inferiores cumplen un papel importante como reservorios naturales de agua que junto con los glaciares las lagunas y bofedales se convierten en fuentes tangibles de provisión hídrica para la irrigación de la población local y a escala regional como cuenca hidrográfica. De esta manera, su funcionamiento natural permite el suministro básico de agua para los procesos económicos y sociales del sistema andino (Rangel, 2002), a pesar de la marcada estación seca.

En las comunidades de mayor altitud, tanto en la vertiente oriental amazónica como en la vertiente occidental, el agua del páramo y glaciares abastece directamente a los acueductos, generalmente sin tratamiento, exceptuando ciudades grandes como Huaraz. Este servicio de calidad se debe en gran medida a que en los páramos y glaciares hay suelos turbosos de gran espesor que filtran y almacenan el agua lluvia, que posteriormente es liberada lentamente (Figura 2), recargando acuíferos y haciendo disponible el recurso, favoreciendo el abastecimiento humano (Rey et al, 2002).

FIGURA 2.

Cabecera de río naciendo de los glaciares del Artesonraju, cordillera Blanca



Fuente: ONG Guías de Espeleología y Montaña. Proyecto CRYOPERU.

Queda claro que, en el caso de los glaciares y páramos, el principal servicio ecosistémico que proveen es el agua. Para Perú, un país con una distribución hídrica asimétrica, donde el 1.8 % de los recursos hídricos debe proveer a más del 65 % de la población ubicada en la costa seca, es esencial garantizar la conservación de estas masas de agua helada. Así, la cordillera Blanca es el primer eslabón de una cadena biológica y económica que va desde el Callejón de Huaylas hasta los proyectos agroindustriales de la costa norte.

El cuidado y la conservación de la provisión de agua también es vital a nivel local, ya que las poblaciones más vulnerables dependen directamente del agua para sus principales actividades económicas, o lo que es lo mismo, la agricultura (patatas en las partes altas y cultivos tropicales en el fondo del valle del callejón de Huaylas, además de floricultura) y la ganadería (cría de cuyes, ovejas, llamas, alpacas y ganado vacuno). Pero también es imprescindible para la pesca, la piscicultura, el consumo doméstico e incluso actividades del sector secundario como la producción hidroeléctrica en el Cañón del Pato del Río Santa y otras microcentrales ubicadas a lo largo de los ríos de la cordillera.

Otro servicio tradicional de los ríos que nacen en la cordillera Blanca es **la minería artesanal** pues permiten la obtención de material de construcción como arcilla, grava, y arena. Pero, de igual forma durante los continuos avances y retrocesos de los glaciares, ubicados en las cabeceras de las cuencas, dejan sedimentos heterométricos siendo estas acumulaciones de material morrénico ricas

en minerales para la agricultura y para la construcción (grava y arcilla)., La arcilla es un elemento importante porque se usa tanto para muros como para ladrillos o tejas del techo de las viviendas

En relación con lo anterior aparecen dentro de la cordillera Blanca, en especial en el ecosistema páramo, importantes yacimientos de mediana y gran minería, tanto legales como ilegales que explotan diferentes minerales.

De manera paralela, los glaciares y el páramo de la cordillera Blanca constituyen un refugio de diversidad genética y conforman una reserva para el desarrollo potencial agrícola (Monasterio & Molinillo, 2002). En ambos destacan los elevados niveles de endemismo, producto de su asilamiento, condición que sumada a su gran biodiversidad los convierte en objetos de estudio y los configura como inigualables laboratorios naturales para realizar estudios científicos de cualquier índole (sistemática, taxonomía, genética para aplicación farmacéutica, entre otros).

Se practica la **pesca** de forma ocasional en ríos y lagunas del ecosistema páramo y la criósfera, incluso la **piscicultura** para la cría de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Ambas actividades son desarrolladas como actividad deportiva por turistas y como complemento de la dieta por parte de la población local. En cuanto al **aprovechamiento micológico** y de la **flora comestible** tuvieron un bajo reconocimiento por parte de las personas autóctonas debido a varias razones: poco conocimiento de la flora comestible, baja diversidad de plantas comestibles debido a la altitud o simplemente niegan el consumo de especies de alta montaña por temor a admitir la extracción de recursos protegidos por el Parque Nacional (Lorca, Soley & Boyano, 2015).

El servicio de **provisión de fibras** fue identificado en bibliografía con la obtención de madera y leña a nivel local. Actualmente, la leña se usa como combustible y para la construcción de cercas vivas (Rangel, 2000), aunque es importante resaltar la reducida vegetación arbustiva existente en estos ecosistemas. El quisuar (*Buddleja* spp.) es un ejemplo de este uso, ya que sirve para construir techos y herramientas, además para estabilizar taludes y frenar la pérdida de suelos. Estos arbustos también son recolectores de agua creando microecosistemas óptimos para que procreen otras especies como líquenes y hongos, incluso de la *Puya raimondii* que hasta hace poco tiempo se usaba en construcción de viviendas, pero cuyo uso es cada vez más residual.

En zonas de transición del ecosistema páramo con altitudes inferiores, y siempre próximos a zonas húmedas, aparece el aliso (*Alnus jorullensis*). Con la madera de este árbol se realiza mobiliario, además de puertas y ventanas e incluso cajas de fruta. Asimismo, sus hojas se usan como forraje para el ganado, para fabricar tintes y abonos orgánicos para la agricultura.

El hielo de glaciar era y es un recurso de uso local, puesto que la población extrae hielo con la finalidad de **mantener productos perecederos** como carne o pescado, y así conservarlos e incluso para hacer helados y raspadillas dulces (Boyano, 2015).

Respecto al servicio de provisión de productos bioquímicos como medicinas naturales y productos farmacéuticos se conoce que los pobladores de la cordillera Blanca utilizan algunas de las plantas nativas con fines medicinales. Algunas de estas plantas fueron resaltadas por todas las personas consultadas apareciendo un importante número de citas entre las que destacamos el cullash (*Schinus molle*) para uso purgante y afecciones respiratorias; la valeriana estrellada (*Phyllactis rígida*) que se emplea como antiespasmódico; el ancosh (*Senecio canescens*) empleado para aliviar enfermedades bronquiales; huamampinta (*Chuquiraga spinosa*) que se usa como diurética y antiblenorrágica; la cantuta (*Cantua bexifolia*) empleada como antidiarreico y antiinflamatorio; la

congona (*Preperomia dolabriformis*) empleada como cicatrizante; la pacra-pacra (*Laccopetalum giganteum*) para tratar afecciones a la garganta y pulmones; y la macha-macha (*Pemettya postata*) usada como somnífero.

La medicina tradicional se constituye en la actualidad en parte de la cultura viva. El consumo de plantas y productos naturales medicinales está acrecentándose por su eficacia curativa y la comercialización masiva en las ciudades, en algunas de ellas están siendo procesadas e industrializadas con fines terapéuticos. Es necesario por ello profundizar investigaciones en la cordillera Blanca porque es un espacio natural privilegiado donde se pueden hacer estudios que beneficien a la población mundial.

En relación con lo anterior, los pobladores también utilizan una gran variedad de recursos animales en sus prácticas curativas, tanto domésticos como los que pueden obtener en los diferentes ambientes de sus comunidades.

2. SERVICIOS DE REGULACIÓN

Dentro de los servicios de regulación el principal es el servicio de **regulación del clima**. Esta regulación se consigue mediante la captura de dióxido de carbono por la vegetación del páramo, el cual se acumula como parte de la materia orgánica del suelo. Dicho almacenamiento ayuda a controlar el calentamiento a escala global (Hofstede, 2002). Además, el páramo y glaciares como ecosistemas alto andinos juegan un papel determinante en los patrones de circulación de masas de aire a escala local y continental, que se relacionan directamente con el clima local (Monasterio & Molinillo, 2002) y regional.

Asimismo, los glaciares modifican las condiciones atmosféricas locales de su entorno, ya que las montañas nevadas enfrían las masas de aire y aumentan su humedad relativa, favoreciendo las precipitaciones. A su vez, esas masas de aire circulan por los valles glaciares en sentido valle-montaña durante el día y en sentido inverso durante la noche (IDEAM, 2012) con vientos adiabáticos y catabáticos.

Las montañas, y en especial esta cordillera tropical, son una de las regiones más sensibles al cambio climático, ya sea en relación a su fragilidad biofísica, su biodiversidad y a los riesgos naturales, como a la vulnerabilidad social y los medios de subsistencia humanos. Ya que los glaciares se están retirando y sus capas de hielo que pierden volumen pueden ser considerados como un sistema mundial de alerta temprana, así el páramo y la criósfera funcionarían como **indicadores evidentes del calentamiento global**.

La variación en el clima de las últimas décadas afecta al recurso agua, y a su disponibilidad de uso. Asimismo, varias personas locales identificaron a la criósfera y al páramo de la cordillera Blanca como un regulador climático e hídrico de vital relevancia.

Dentro de los estudios científicos que más se desarrollan en la criósfera, es decir en los glaciares, están los relacionados con los paleoclimas, ya que los glaciares son buenos indicadores de cambios climáticos, puesto que reaccionan a dichas anomalías atmosféricas entregando o acumulando mayor cantidad de agua a las cuencas donde drenan sus aguas, esto se ve reflejado directamente en las variaciones de la superficie y en el volumen de los glaciares. Además, en algunos glaciares se puede describir situaciones pasadas del clima y eventos volcánicos, entre otros, mediante testigos de hielo, calicatas y observaciones de frentes abruptos (Segovia, 2014).

Asimismo, los glaciares atrapan y conservan pequeñas burbujas de aire entre los cristales de hielo que son remanentes del pasado de la atmósfera en el momento de la precipitación de la nieve que luego se transformó en hielo, el análisis de estas burbujas de aire junto con las partículas de polen permite reconstruir las características de la atmósfera de tiempos pasados (DGA-Geoestudios, 2008). La información obtenida de los núcleos de hielo ha tenido un papel importante en la caracterización de los cambios pasados en escalas de tiempo que van desde décadas a las edades de hielo (Bamber y Payne, 2004).

FIGURA 3.

Estos glaciares de ladera y de montera son importantes almacenes y reguladores hídricos



Fuente: ONG Guías de Espeleología y Montaña. Proyecto CRYOPERU.

Respecto a las precipitaciones, existe una diferenciación marcada entre las vertientes externas húmedas y super húmedas, y las vertientes internas más áridas. A los valores directos de volumen de agua se deben sumar las cantidades de agua que proviene de glaciares, la precipitación horizontal y el agua atrapada por la vegetación. Estas condiciones permiten deducir que en el ambiente paramuno y glaciar, la vocación natural de estos ecosistemas debe ser la conservación del recurso hídrico.

Comúnmente se menciona la importancia de preservar los ecosistemas de la cordillera Blanca, en razón de su función de **reguladores hídricos** (Figura 3), por esta razón, son considerados ecosistemas estratégicos. Este servicio se relaciona con los suelos de turba de los páramos, que al regular el agua (reteniéndola y liberándola lentamente) controlan las inundaciones y la erosión (Rey et al, 2002), además de recargar acuíferos, y algo similar ocurre con los glaciares.

Del mismo modo, los páramos de los ecosistemas de la cordillera Blanca actúan como purificadores del agua porque son un filtro natural que aporta minerales aumentando su calidad. En este caso se

constituyen en fuente de agua potable ya que en la gran mayoría de los páramos y glaciares de la cordillera Blanca, la cantidad de nieve y lluvia es mayor que el agua evapotranspirada. Las personas locales tienen en cuenta la calidad del agua de los glaciares y páramo, reconociéndose como privilegiados al tener el acceso a este recurso garantizado, ya que al estar ubicados en las tierras altas pueden abastecerse directamente y prácticamente sin ninguna alteración. Dicho privilegio les brinda una sensación de bienestar que según afirman no tienen las personas que habitan aguas abajo de las cuencas. Esta población local se siente ajena al proceso de degradación ambiental, aunque, de forma ocasional, si son partícipes al llevar al ganado a zonas de recarga de acuíferos o usar químicos en sus cultivos próximos al páramo. En contraposición, se observa que al no existir un manejo adecuado de aguas servidas en las comunidades, los actores locales contaminan de forma indirecta y no son ajenos al problema.

Por otro lado, la nieve y el hielo tienen un alto albedo, o lo que es lo mismo, reflectividad de radiación devuelta evitando la acumulación de calor. Esta reflectividad puede afectar en algunas partes de la cordillera Blanca hasta en un 90% la radiación solar incidente. Sin la criósfera, el albedo sería considerablemente más bajo, se absorbería más energía calorífica a nivel de la superficie terrestre y, por lo tanto, la temperatura atmosférica sería más alta.

Los glaciares y páramos cumplen el rol de mantener el **caudal hídrico de manera estable** durante todo el año, acumulando agua en la época húmeda y desaguando en la época seca, favoreciendo una dinámica de regulación de caudal constante.

El permafrost (suelos congelados de manera permanente) es escaso en la cordillera Blanca, pero influye sobre el contenido del agua y la vegetación de amplias zonas y es uno de los componentes de la criósfera más sensible a las tendencias de calentamiento atmosférico. Al calentarse la materia orgánica que contienen estos suelos congelados pueden emitir gases invernadero como el metano, y aumentar la tasa de calentamiento global. Al igual que en los glaciares descubiertos, en invierno el cuerpo del “permafrost” crece y retiene agua adicional en forma de hielo subterráneo que principalmente corresponde a agua infiltrada de la fusión diurna que proviene de campos de nieve, avalanchas y precipitaciones (casi exclusivamente sólidas).

En los ecosistemas de la cordillera Blanca se crean condiciones climáticas especiales que contribuyen al **mantenimiento de humedad durante periodos secos y a la formación de reservorios de agua**. Un ejemplo de lo anterior son los complejos lagunares en los cuales nacen importantes ríos. Así se asegura el abastecimiento de Servicios Ecosistémicos de aprovisionamiento para acueductos comunitarios y municipales, además de ser un potencial para la generación de energía hidroeléctrica y mecánica (Lorca, Soley & Boyano, 2015). Los sistemas fluviales, de riego, agua potable e hidroelectricidad de los países andinos y por ende de Perú, dependen en gran medida de este servicio (Hofstede, 2002).

Otro aspecto importante es el fenómeno denominado paralización, que se convierte en una línea de investigación, a profundizar, cuyos avances podrían establecer con más certeza hasta dónde descendían originalmente los páramos y glaciares andinos, y cuáles son las repercusiones de este cambio en la cobertura vegetal en un ambiente tan sensible (Carolina Laverde, 2008). Este fenómeno se refiere a la labor de actuación de estos ecosistemas de alta montaña como reguladores, actuando como freno a los impactos de los eventos extremos que ocurren de forma natural, pero cuya frecuencia está aumentando por efectos de los cambios en el clima. Dichos ecosistemas ejercen una barrera hídrica que frena la escorrentía en cabecera evitando fuertes crecidas e inundaciones y

regulando, por tanto, la erosión, produciéndose una **regulación de las amenazas naturales**, dando lugar a una reducción de desastres y catástrofes a escala local y en la parte baja de las cuencas. Este aspecto es muy importante en toda la cordillera ya que el recuerdo de las catástrofes ocurridas durante el pasado siglo en la región todavía está presente.

Este servicio mencionado en la literatura, se encuentra estrechamente relacionado con los suelos característicos de estos ecosistemas, y en especial de los páramos, los cuales al poseer alta concentración de materia orgánica y ser muy profundos, tienen la capacidad de retener agua y carbono, controlando posibles inundaciones y procesos erosivos (Hofstede, 2002).

En los estudios realizados con anterioridad se expresa que la **regulación de la erosión** del suelo es otro de los servicios ecosistémicos del páramo, al permitir la regulación del ciclo de nutrientes y energía (Recharte et al, 2002). Este servicio, se relaciona con el servicio de regulación hídrica, ya que al regular el agua (reteniéndola y liberándola lentamente), se controlan las inundaciones y la erosión. Por su parte, los actores locales entrevistados no dieron demasiada relevancia a este servicio.

Respecto a la **regulación de enfermedades**, en la bibliografía consultada no se encontraron registros de este servicio. En contraste, varias personas de las comunidades locales afirman que uno de los mayores beneficios que reciben de vivir en la alta montaña es tener buena salud por la excelente calidad del aire y la buena calidad de los alimentos que consumen. Podemos añadir que en ambos ecosistemas existen especies de fauna como el cóndor (*Vultur gryphus*) o el puma (*Puma con color*) que se alimentan de animales muertos que pueden generar enfermedades (Figura 4).

FIGURA 4.
Cóndor (*vultur gryphus*)



Fuente: ONG Guías de Espeleología y Montaña. Proyecto CRYOPERU.

En la literatura se cita un estudio de biodiversidad en el Ecuador donde existen insectos propios del páramo que desempeñan el servicio de **regulación de plagas** en el ecosistema (Mena, 2002). El bajo reconocimiento de este servicio tanto en la literatura como en la comunidad, puede deberse a que dadas las condiciones climáticas de las tierras altas, las plagas no son tan frecuentes, lo cual genera poco interés científico y comunitario (Carolina Laverde, 2008).

Los insectos que habitan el ecosistema del páramo cumplen una función polinizadora para algunas plantas propias de esta zona (Mena, 2002) lo mismo ocurre con la dispersión de semillas. En comparación, la población entrevistada no identificó este servicio en el páramo ni en los glaciares. Esto ocurre porque probablemente la comunidad desconoce este proceso, lo tiene interiorizado como algo normal o piensa que no les beneficia directamente.

Finalmente, aunque los glaciares tropicales afectan marcadamente y en menor medida el volumen de los océanos y de los niveles globales del mar, cuando tienen cambios pueden afectar el balance energético del clima mundial. A escala global según el National Snow and Ice Data Center (NSIDC), el aumento del nivel del mar responde a un efecto combinado entre la expansión térmica de los océanos y el deshielo de los glaciares.

3. SERVICIOS CULTURALES

El turismo es un servicio ecosistémico gracias a la belleza paisajística que alberga la cordillera Blanca tal y como manifiestan la población local, el personal técnico del Parque Nacional del Huascarán y los propios turistas. Desde un punto de vista técnico, considero que existe un alto potencial para realizar un geoparque donde el glaciario y cambio climático sean los ejes principales, además de potenciar la educación ambiental. El Parque Nacional Huascarán recibe cerca de 200 000 visitantes al año (Figura 5), por lo que sí se sabe regular y enfocar correctamente podría beneficiar más a la población local sin dañar al medio. El turismo es una actividad de gran importancia y genera el mayor ingreso económico para el área protegida y para los pobladores locales.

FIGURA 5.

Turistas en la quebrada de Cojup, cordillera Blanca



Fuente: ONG Guías de Espeleología y Montaña. Proyecto CRYOPERU.

Estos paisajes constituyen verdaderos escenarios que **inspiran tranquilidad**, animan el espíritu y conducen a la contemplación, el disfrute y bienestar de la población local y de los turistas. Por lo tanto, hacen falta lineamientos e infraestructura para que esta actividad se desarrolle dentro de un marco ecoturístico, y que garantice el mantenimiento de los ecosistemas a largo plazo (Bacci, 2001). Las personas de las comunidades y las instituciones de la cordillera Blanca mostraron su apuesta por el ecoturismo como única vía para mejorar la calidad de vida de las personas por su riqueza de fauna, flora y paisajística.

Es prioritaria la conservación de vestigios arqueológicos, sitios de interés histórico y cultural, así como lugares sagrados, relacionados con la cosmovisión de etnias indígenas y tradiciones de las comunidades. Entre ellos destacan las chulpas o torres funerarias prehispánicas, muy abundantes en toda la cordillera. Otro atractivo turístico que en la actualidad no se aprovecha correctamente son las innumerables fuentes de agua termal.

Por otro lado, está el **servicio asociado a valores estéticos**, el cual varios autores lo reconocen al afirmar que los ecosistemas de alta montaña tienen valores escénicos y atractivos (Castaño, 2002). Además, poseen los paisajes más espectaculares del planeta (Alarcón et al, 2002). Es decir, en la literatura consultada, se hace mención a la belleza paisajística de estos ecosistemas.

Existe una sensación de bienestar general entre las personas que habitan cerca a la cordillera Blanca, potenciándose de este modo el servicio ecosistémico de **sentido de pertenencia e identidad territorial**. Esto indica satisfacción por el paisaje que ven diariamente e incluso van a determinados lugares del páramo y lagunas glaciares en familia a recrearse dentro de su tiempo de ocio.

Se observa que si los servicios ecosistémicos culturales son elevados y generan identidad entre las personas que residen en el territorio, el grado de conservación es alto debido al vínculo afectivo entre el territorio y las personas que ahí viven, es más, si las personas viven del páramo y la criósfera estas también trabajan en su conservación para poder continuar con su medio de vida (Lorca, Soley & Boyano, 2015).

Desde el punto de vista sociocultural, estas áreas montañosas han jugado un papel relevante con respecto a la relación hombre-montaña como **lugar sagrado** y de gran valor en mitos y leyendas. En la etapa prehispánica, el páramo y la criósfera fueron considerados lugares sagrados por las poblaciones indígenas originarias porque en ambos se concentraban los elementos fundamentales para la vida y el equilibrio del cosmos. En la actualidad, aunque con menor frecuencia que en el pasado, en la cordillera Blanca se practican ceremonias religiosas relacionadas con lagunas, glaciares y montañas o apus. Esto puede estar asociado a que las zonas montañosas en su conjunto suelen ser objeto de admiración, culto y misticismo para casi todas las culturas, dado su complejo acceso, su intrínseca hostilidad y los grandes procesos naturales que se desarrollan en estas áreas.

Recientemente, una de las amenazas para el ecosistema son los restos de residuos inorgánicos existentes y que están próximos a varias lagunas relacionadas con el turismo y los pagos en ceremonias (Boyano, 2015).

4. SERVICIOS DE SOPORTE O APOYO

Este grupo de servicios son los menos considerados por la población local, probablemente por su carácter intangible. Por esta razón, aunque son vitales para el funcionamiento del ecosistema y el suministro de los demás servicios ecosistémicos de los cuales se benefician directamente, no les resulta fácil reconocerlos.

Entre estos se encuentra el servicio ecosistémico de **formación de suelo**, el cual se relaciona con otros servicios como la provisión de agua, alimento, regulación hídrica y climática. La vegetación, aunque escasa, es uno de los principales factores en la formación de los suelos, a través del proceso de acumulación de la materia orgánica. La evolución de este material orgánico es muy restringida debido a que las temperaturas bajas aletargan la actividad microbial. Por esta razón, los procesos de formación de humus y la mineralización de los restos orgánicos ocurren de forma muy lenta y esto hace que la materia orgánica tienda a acumularse, parcialmente descompuesta, y que esté conformada por sustancias húmicas de baja polimerización y escaso vínculo con los coloides inorgánicos. De esta forma, se generan horizontes superficiales espesos de color negro o de tonos muy oscuros (Podwojewski P. y J. Poulenard, 2000).

A pesar de no haber encontrado reporte en las fuentes a comparar, se infiere que el servicio de **ciclaje de nutrientes** debe desarrollarse en periodos prolongados, debido a las particularidades climáticas (bajas temperaturas, fuertes vientos, menor presión atmosférica) propias de estos ecosistemas (Carolina Laverde, 2008).

Los microorganismos del suelo, que cumplen el papel de **descomponedores**, no representan la mayor proporción del conjunto de nutrientes en el ecosistema, pero pueden ser considerados como su principal agente transformador y como una fuente importante de alimento para las plantas durante sus ciclos de renovación.

La riqueza de especies durante las últimas etapas de la sucesión vegetal significa una mayor coexistencia, debido a la mejora en las condiciones edáficas y microclimáticas; esto se refleja en el éxito de un mayor número de formas de crecimiento, en el que dominan las rosetas, macollas y arbustos, formas con alta especialización en la captura, distribución, acumulación y liberación de recursos, así como en el desarrollo de mecanismos de protección de los meristemas o yemas de renovación.

El **servicio de producción primaria** en los páramos es lento, debido a las condiciones de estrés a las cuales está adaptada la vegetación propia de estos ecosistemas altoandinos. Dichas condiciones son baja presión atmosférica, alta radiación solar, bajas temperaturas y disturbios naturales relacionados con los fuertes vientos y las heladas (Vargas et al, 2002).

En general, el servicio de **mantenimiento de hábitat** es reconocido tanto en la literatura como por las personas locales. Inicialmente, la bibliografía reconoce que estas áreas son importantes por la gran diversidad de fauna y flora que albergan. En este momento, existe preocupación entre los científicos porque la intervención antrópica está ocasionando pérdida de la biodiversidad en ambos ecosistemas (Alarcón et al, 2002; Ruíz, 2007).

Como ya se ha indicado, los ecosistemas altoandinos de la cordillera Blanca, fundamentalmente el páramo, inmovilizan nutrientes por la acumulación de una gran cantidad de hojas muertas adheridas a las plantas. Así, a nivel local constituyen un importante porcentaje de los almacenes aéreos y en el

suelo de carbono. Algunos estudios han estimado, con base en análisis realizados por expertos como Hofstede, una capacidad de retención hídrica de 10 m³ por hectárea al día y una capacidad de **almacenamiento de CO₂** aproximada de 1000 toneladas de carbono por hectárea.

La producción de oxígeno es uno de los servicios más característicos del ecosistema páramo mediante fotosíntesis. La población local destacó este servicio como un servicio ecosistémico del cual se benefician a nivel local y global.

TABLA 1.

Esquema de los servicios ecosistémicos de los ecosistemas de la cordillera Blanca

Ecosistema de Páramos y Criósfera	Servicios de abastecimiento o aprovisionamiento	Servicios de regulación	Servicios culturales	Servicios de soporte o apoyo
	<ul style="list-style-type: none"> • Captación y almacenamiento de agua para agricultura y ganadería. • Provisión de agua. • Potencial generar energía hidroeléctrica. • Recursos genéticos o biodiversidad. • Aprovechamiento de plantas medicinales curativas. • El hielo del glaciar se utiliza para mantener productos perecederos. • Minería artesanal (material de construcción). • Aprovechamiento micológico. • Pesca y piscicultura. • Provisión de fibras, madera y leña. 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación del clima. • Regulación hídrica (caudal hídrico de manera estable) y calidad de agua por parte del páramo y de los glaciares. • Indicadores más evidentes del calentamiento global. • Regulación de amenazas naturales. • Mantenimiento de humedad durante periodos secos y formación de reservorios de agua • Regulación de la erosión. • Regulación de enfermedades. • Regulación de plagas. • Polinización. 	<ul style="list-style-type: none"> • Turismo • Valores estéticos paisajísticos • Sentido de pertenencia e identidad territorial. • Significado religioso y espiritual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formación de suelo. • Servicio de producción primaria. • Producción de oxígeno. • Almacenamiento de CO₂. • Ciclaje de nutrientes. • Producción primaria.

Fuente: Boyano, 2016. Elaborado por el autor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, J.P. et al (2002). *Transformación y cambio en el uso del suelo en los páramos de Colombia en las últimas décadas. En: Páramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en condición HotSpot & Global Climatic Tensor*. IDEAM. Bogotá.
- Autoridad Nacional del Agua, Ministerio de Agricultura de Perú (2010). *Inventario de los glaciares de la cordillera Blanca. Huaraz*.
- Cáceres, D. et al (2007). *Servicios Ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario*. En Gaceta Ecológica Julio- Diciembre, número especial 84-85. Instituto Nacional de Ecología.
- Castaño. C (2002). *Colombia Alto Andina y la significancia ambiental del bioma Páramo en el contexto de los Andes Tropicales: una aproximación a los efectos de un tensor adicional por el cambio climático global (Global Climatic Tensor)* En: Páramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en condición HotSpot & Global Climatic Tensor. IDEAM.
- Calle Z. Méndez, L. E. (2008). *Estructura y composición de la vegetación arbórea en el agropaisaje del río La Vieja*. Informe final proyecto GEF
- Banco Mundial "Enfoques silvo pastoriles integrados para el manejo de ecosistemas".
- Conte, M., et el (2011). *Retention of nutrients and sediments by vegetation* En: Kareiva, P., Tallis, H., Ricketts, T.H., Daily, G.C., Polasky, S. (eds.). Natural Capital. Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services.
- Chará J. et al (2011). *Servicios ambientales de la biodiversidad en paisajes agropecuarios*. CIPAV, CALI.
- Durán, M.J. (2004). *Bases de un Programa de Capacitación Interdisciplinario dirigido a gente que trabaja en Páramos*. Proyecto Conservación de la Biodiversidad del Páramo en el Norte y Centro de los Andes. Instituto Alexander Von Humboldt
- Hofstede, R. (2005). *El manejo del páramo como ecosistema estratégico*. V Simposio Internacional para de desarrollo sustentable de los Andes. San Salvador de Jujuy. Argentina.
- Hofstede, R. (2002). *Los páramos andinos; su diversidad, sus habitantes, sus problemas y sus perspectivas. Un breve diagnóstico regional del estado de conservación de los páramos*. Congreso Mundial de Páramos. Memorias Tomo II.
- Laverde Martínez, C. (2008). *Servicios ecosistémicos que provee el páramo de la cuenca alta del río Teusacá: Percepción de los actores campesinos y su relación con los planes ambientales en la vereda Verjón Alto, Bogotá D.C.* 2008
- Lieberman, D. et al (1996). *Tropical Forest Structure and Composition on a Large-Scale Altitudinal Gradient in Costa Rica*. Journal of Ecology 84.
- Lorca, P., Soely, R., BoyanoSotillo, D. (2015). *Diagnóstico e identificación de los servicios ecosistémicos en el municipio de Santa Rosa Cauca y San Juan Nepomuceno, Colombia*. Identificar, espacializar y

caracterizar los servicios ecosistémicos de abastecimiento, regulación y culturales que proveen las áreas protegidas en la escala local, regional y nacional. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2003). *Ecosystems and Human Well-being: A Framework For Assessment.*
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis Report.* Island Press.
- Mena. P. (2002). *La biodiversidad de los páramos en el Ecuador.* Congreso Mundial de Páramos. Memorias Tomo I.
- Monasterio. M & Molinillo. M. (2002). *La integración del desarrollo agrícola y la conservación de áreas frágiles en los páramos de la cordillera de Mérida, Venezuela.* Congreso Mundial de Páramos. Memorias Tomo II.
- Navarro Ortega, M. (2012). *Evaluación participativa del aporte de fincas integrales a los servicios ecosistémicos y a la calidad de vida de las familias en el Área de Conservación Tortuguero, Costa Rica.* Tesis. Mag. Sc., Turrialba, CR. CATIE.
- Philpott, S. et al (2008). A multi-scale assessment of hurricane impacts on agricultural landscapes based on land use and topographic features. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 128.
- Postel, S. y B. Richter (2010). *Ríos para toda la vida. La gestión del agua para las personas y la naturaleza.*
- Rangel O.J. (2002). *Biodiversidad en la región del páramo: Con especial referencia a Colombia.* Congreso Mundial de Páramos. Memorias Tomo I.
- Recharte J. et al (2002). *El grupo Páramos Jalcas y Punas del Perú: instituciones y acciones en beneficio de comunidades y ecosistemas alto andinos.* Congreso Mundial de Páramos. Memorias Tomo II.
- Rey C et al (2002). *Informe de Estado y Gestión de los Páramos Colombianos.* Congreso Mundial de Páramos. Memorias Tomo II.
- Segovia Rocha, A. (2014). *Caracterización glaciológica de Chile y valoración de servicios ecosistémicos de glaciares en base a mercados reales (estudio de caso del monumento natural el morado).* Tesis de UNIVERSIDAD DE CHILE Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza.
- Vargas O. et al (2002). *Impacto de fuego y ganadería sobre la vegetación de páramo.* Congreso Mundial de Páramos.