



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v12i2.4880>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

Current state of the high Andean wetlands in the Chimborazo Wildlife Production Reserve: floristic composition, threats and conservation strategies

Estado atual dos pântanos andinos de altitude na Reserva de Produção de Vida Selvagem de Chimborazo: composição florística, ameaças e estratégias de conservação

Maritza Lucía Vaca Cárdenas ^I
maritza.vaca@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4474-4354>

Erika Lissette Tenelema Luisa ^{II}
erika.tenelema@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0003-6600-4290>

Wilian Marcelo Bravo Morocho ^{III}
wilian.bravo@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2599-6532>

Marcela Yolanda Brito Mancero ^{IV}
mybrito@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2689-3516>

Correspondencia: maritza.vaca@esPOCH.edu.ec

***Recibido:** 28 de abril de 2026 ***Aceptado:** 12 de mayo de 2026 * **Publicado:** 16 de junio de 2026

- I. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Decanato de Investigaciones, Ecuador.
- III. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Ecuador.
- IV. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Ecuador.

Resumen

Los bofedales de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo constituyen ecosistemas altoandinos de gran importancia ecológica e hídrica, ubicados entre los 3.260 y 5.000 m s. n. m. Estos humedales actúan como reservorios naturales de agua, almacenes de carbono orgánico y hotspots de biodiversidad, brindando servicios ecosistémicos esenciales para la seguridad hídrica regional, los sistemas agropastoriles y la mitigación del cambio climático.

La composición florística de estos bofedales se caracteriza por la dominancia de plantas formadoras de cojines, gramíneas, ciperáceas y briofitas. Estudios locales identifican hasta 85 especies vegetales o más, con predominio de familias como Asteraceae, Poaceae y Apiaceae, de las cuales la mayoría son nativas y algunas endémicas. La estructura vegetal responde fuertemente a factores hidrológicos, altitudinales y edáficos, permitiendo una alta capacidad de almacenamiento de agua y carbono.

Sin embargo, estos ecosistemas enfrentan graves amenazas derivadas del cambio climático (retroceso glaciar, alteración de precipitaciones y sequías), combinadas con presiones antropogénicas como sobrepastoreo, quemas, expansión agrícola, turismo no regulado y posibles actividades mineras. Estas presiones comprometen la funcionalidad hidrológica, la diversidad florística y los servicios ecosistémicos que sustentan a las comunidades locales.

Por lo que la preservación de este patrimonio requiere encaminarse hacia una gobernanza participativa que integre el monitoreo científico y comunitario con la restauración hidrológica. Se recomienda fortalecer la resiliencia climática mediante incentivos por servicios ecosistémicos, el manejo sostenible del pastoreo y la regulación del turismo de bajo impacto. Solo una gestión coordinada y basada en investigación aplicada asegurará la funcionalidad de los bofedales y la sostenibilidad socioeconómica de las poblaciones locales frente al cambio global.

Palabras clave: bofedales; Reserva Chimborazo; composición florística; especies dominantes; humedales altoandinos; cambio climático; conservación; servicios ecosistémicos; páramo; biodiversidad andina.

Abstract

The peatlands of the Chimborazo Wildlife Production Reserve are high-Andean ecosystems of great ecological and hydrological importance, located between 3,260 and 5,000 meters above sea level. These wetlands act as natural water reservoirs, organic carbon sinks, and biodiversity hotspots, providing essential ecosystem services for regional water security, agro-pastoral systems, and climate

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

change mitigation. The floristic composition of these peatlands is characterized by the dominance of cushion-forming plants, grasses, sedges, and bryophytes. Local studies identify up to 85 or more plant species, with a predominance of families such as Asteraceae, Poaceae, and Apiaceae, most of which are native and some endemic. The plant structure responds strongly to hydrological, altitudinal, and edaphic factors, allowing for a high capacity for water and carbon storage. However, these ecosystems face serious threats stemming from climate change (glacial retreat, altered precipitation patterns, and droughts), combined with anthropogenic pressures such as overgrazing, burning, agricultural expansion, unregulated tourism, and potential mining activities. These pressures compromise hydrological functionality, floristic diversity, and the ecosystem services that sustain local communities. Therefore, the preservation of this heritage requires a shift towards participatory governance that integrates scientific and community monitoring with hydrological restoration. Strengthening climate resilience through incentives for ecosystem services, sustainable grazing management, and the regulation of low-impact tourism is recommended. Only coordinated management based on applied research will ensure the functionality of the peatlands and the socioeconomic sustainability of local populations in the face of global change.

Keywords: peatlands; Chimborazo Reserve; floristic composition; dominant species; high-Andean wetlands; climate change; conservation; ecosystem services; páramo; Andean biodiversity.

Resumo

As turfeiras da Reserva de Produção de Vida Selvagem de Chimborazo são ecossistemas andinos de grande importância ecológica e hidrológica, localizados entre 3.260 e 5.000 metros acima do nível do mar. Essas áreas úmidas atuam como reservatórios naturais de água, sumidouros de carbono orgânico e pontos de alta biodiversidade, fornecendo serviços ecossistêmicos essenciais para a segurança hídrica regional, sistemas agropastoris e mitigação das mudanças climáticas.

A composição florística dessas turfeiras é caracterizada pelo predomínio de plantas rasteiras, gramíneas, ciperáceas e briófitas. Estudos locais identificam até 85 ou mais espécies vegetais, com predominância de famílias como Asteraceae, Poaceae e Apiaceae, a maioria nativa e algumas endêmicas. A estrutura vegetal responde fortemente a fatores hidrológicos, altitudinais e edáficos, permitindo uma alta capacidade de armazenamento de água e carbono.

No entanto, esses ecossistemas enfrentam sérias ameaças decorrentes das mudanças climáticas (recuo glacial, alteração dos padrões de precipitação e secas), combinadas com pressões antropogênicas

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

como sobrepastoreo, quemadas, expansión agrícola, turismo desregulado e potenciales actividades de mineración. Essas pressões comprometem a funcionalidade hidrológica, a diversidade florística e os serviços ecossistêmicos que sustentam as comunidades locais.

Portanto, a preservação desse patrimônio exige uma mudança para uma governança participativa que integre o monitoramento científico e comunitário à restauração hidrológica. Recomenda-se o fortalecimento da resiliência climática por meio de incentivos aos serviços ecossistêmicos, manejo sustentável do pastoreio e regulamentação do turismo de baixo impacto. Somente uma gestão coordenada, baseada em pesquisa aplicada, garantirá a funcionalidade das turfeiras e a sustentabilidade socioeconômica das populações locais diante das mudanças globais.

Palavras-chave: turfeiras; Reserva Chimborazo; composição florística; espécies dominantes; zonas úmidas andinas; mudanças climáticas; conservação; serviços ecossistêmicos; páramo; biodiversidade andina.

Introducción

Los bofedales y humedales altoandinos constituyen ecosistemas de importancia mundial gracias a su capacidad para proveer servicios ecossistémicos esenciales (Correa et al., 2020). A pesar de su extensión limitada, estos biomas actúan como pilares de la seguridad hídrica regional y reservorios de carbono, desempeñando un papel clave en la mitigación del cambio climático (Buytaert et al., 2010; Correa et al., 2020). Asimismo, su valor como hotspots de biodiversidad los vuelve indispensables, aunque enfrentan una vulnerabilidad extrema bajo la presión de actividades antropogénicas (Buytaert et al., 2010). Estos ecosistemas acuáticos, que pueden alcanzar los 6000 m s. n. m., presentan características únicas moldeadas por el aislamiento geográfico y condiciones ambientales extremas (Caziani et al., 2001; Oyague, 2020).

Los ecosistemas de alta montaña en los Andes tropicales, como la Reserva Chimborazo, proporcionan recursos hídricos esenciales a base del deshielo que sustentan múltiples funciones socioeconómicas. Además de actuar como vitales "reservorios de agua" que mantienen los medios de vida pastoriles, la producción agrícola, el abastecimiento de agua potable y la generación hidroeléctrica (Sandoval & Maldonado, 2019; Manosalvas et al., 2023). Estos preciados ecosistemas tienen la capacidad de proveer grandes proporciones de agua dulce para consumo doméstico además de otros servicios ecossistémicos a la mitad de la humanidad y en zonas altas incluso es utilizada directamente en la

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

agricultura contribuyendo con aportaciones que oscilan entre el 45% y 100% en diferentes países y regiones (Rasul & Molden, 2019).

En los Andes tropicales, la Reserva Chimborazo alberga ecosistemas que sustentan funciones socioeconómicas vitales mediante el suministro de agua proveniente del deshielo. Además de mantener medios de vida pastoriles y producción hidroeléctrica (Sandoval & Maldonado, 2019; Manosalvas et al., 2023), estos entornos aportan entre el 45% y 100% del agua dulce necesaria para el consumo doméstico y agrícola en diversas regiones altoandinas (Rasul & Molden, 2019).

Sin embargo, el retroceso glaciar y la alteración de las precipitaciones por el cambio climático constituyen la principal amenaza para estos recursos, aumentando la dependencia de agua subterránea (Rasul y Molden, 2019; Baldassarre et al., 2023). Este escenario se agrava por el conflicto de usos, donde el 80,5% de las concesiones hídricas en Ecuador se destinan a la generación hidroeléctrica (Páez y Salazar, 2023), y por presiones como el sobrepastoreo y el turismo que degradan la capacidad reguladora del ecosistema. Esta situación evidencia la necesidad urgente de fortalecer la gobernanza y el monitoreo.

A pesar de la información dispersa, no existe una síntesis actualizada para la Reserva Chimborazo que integre la composición florística con las implicaciones sociales de su conservación. Los estudios previos han abordado de forma fragmentada la estructura vegetal o el retroceso glaciar, sin ofrecer una visión integrada (Carrasco, 2023; Maldonado-Erazo et al., 2022; Torres et al., 2023). Por consiguiente, esta revisión bibliográfica sistemática analiza la composición florística y las especies dominantes en los bofedales de la Reserva, evaluando los factores ambientales y sociales necesarios para su preservación.

Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica sistemática de enfoque cualitativo-sintético con el propósito de integrar el conocimiento disponible sobre la composición florística, el estado de conservación y las implicaciones ambientales y sociales de los bofedales en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. La búsqueda se efectuó en bases de datos Scopus, Web of Science, SciELO, Google Scholar y repositorios nacionales (Senescyt, repositorios universitarios ecuatorianos) utilizando combinaciones de palabras clave como: “bofedales Chimborazo”, “florística bofedales Ecuador”, “humedales altoandinos”, “páramo humedales Chimborazo”, “conservación bofedales Andes” y sus equivalentes en inglés. Se incluyeron artículos científicos, informes técnicos oficiales (MAE), tesis

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

de pregrado y posgrado, y reportes institucionales publicados entre 2000 y 2025. Se seleccionaron 16 bofedales representativos dentro de la reserva según criterios de complejidad, extensión, permanencia hídrica y disponibilidad de información florística, hidrológica y de amenazas. Se excluyeron documentos no relacionados con la región andina o sin componente ecosistémico/florístico relevante. La información recopilada fue organizada temáticamente y analizada mediante síntesis narrativa cualitativa, permitiendo identificar patrones, brechas de conocimiento y recomendaciones de manejo.

Resultados y discusión

- **Contexto geográfico de la Reserva Chimborazo**

La Reserva de Chimborazo se encuentra entre las provincias de Tungurahua, Bolívar y Chimborazo con una extensión de 58.560 hectáreas (MAE, 2014), con precipitación frecuente en forma de nieve o escarcha en zonas altas registrando una precipitación promedio anual de 998 mm que varía entre 809 mm en las zonas menos lluviosas y los 1300 mm en zonas más húmedas (MAE, 2013). Dentro de sus límites se encuentran se localizan más de 40 comunidades, distribuidas en toda el área de la reserva además de los 1'146 805 habitantes de las provincias de Tungurahua, Chimborazo y Bolívar, siendo 592 746 hombres y 554 059 mujeres quienes se benefician indirectamente de los servicios ecosistémicos de la Reserva Chimborazo (INEC, 2010).

De acuerdo al Mapa de Ecosistemas del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2013) y el análisis realizado en el reporte MARISCO (Romero, y otros, 2018), la RPFCH alberga ocho principales ecosistemas, predominando el ecosistema tipo páramo altoandino. Estos abarcan herbazales del páramo que incluyen el herbazal húmedo montano alto superior, uno de los más extensos, herbazal ultrahúmedo subnival, herbazal húmedo subnival, herbazal inundable, arbustal siempreverde y herbazal de páramo, bosque siempreverde del páramo, herbazal y arbustal siempreverde subnival, entre otros. Estas características son idóneas para la presencia de distintos ecosistemas en donde se pueden encontrar bofedales que pueden ser clasificados por su estacionalidad (menor profundidad de turba y bajo almacenamiento de agua) y permanencia (almacenan agua y carbono por ser turberas) así como por su posición cartográfica: los de ladera que suelen ser estacionales y con turba superficial, y los de planicie ubicados en áreas planas que suelen ser profundos y permanentes (MINAM, 2019). Estos bofedales actúan como importantes reservorios de agua, regulando los recursos hídricos para la agricultura, la generación de energía hidroeléctrica y el aprovechamiento de los usuarios aguas abajo, al tiempo que proporcionan valiosos servicios

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

ecosistémicos, destacando su rol fundamental en el mantenimiento de los ciclos hídricos regionales, el almacenamiento de carbono y el ciclo de nutrientes (Correa et al., 2020; Rasmussen, 2018; Durana et al., 2023).

- **Bofedales**

Al hablar de bofedales hablamos de humedales de gran altitud que presentan características climáticas extremas a las que ciertas especies vegetales han sido capaces de adaptarse, en especial aquellos taxones formadores de cojines que suelen encontrarse principalmente a 3500 m.s.n.m. cuya hidrología subterránea sostiene la saturación persistente del suelo, acumulación de turba y una productividad alta de biomasa que es aprovechada tanto por la biodiversidad como los medios de subsistencia pastoril (Lane et al., 2022; López, M. et al., 2020; White-Nockleby et al., 2021). Estos bofedales forman parte de un mosaico de humedales andinos que incluyen turberas, pantanos y prados húmedos, caracterizados por vegetación resiliente compuesta por plantas en cojín, pastos en matas y briofitas, con una importante capacidad adaptativa a los ciclos de congelación-descongelación y variabilidad hídrica (Correa et al., 2020; Duchicela et al., 2024). Su composición florística y dominancia de especies responden fuertemente a factores hidrológicos influenciados por el ENSO (El Niño-Southern Oscillation), el retroceso glaciar y cambios en la precipitación, pudiendo favorecer la colonización de Poaceae en periodos húmedos o reducir la dominancia de cojines durante sequías (Dangles et al., 2017; Frau et al., 2021).

A continuación, en la tabla 1 se presenta un inventario de los bofedales representativos de la reserva con su ubicación por provincia, coordenadas UTM, clasificación hidrológica y grado de intervención antrópica. La tabla se ha incluido para ilustrar la diversidad y estado actual de los bofedales permitiendo así visualizar patrones de distribución y el nivel de presión humana siendo estas, la quema, apertura de zanjas de drenaje y conversión de uso, factores que han sido identificados en estudios locales y reportes de manejo de la reserva (Andrade, 2016). Así también, se presenta la clasificación hidrológica principalmente entre hidromórficos permanentes con saturación o inundación continua del suelo que favorece una mayor acumulación de turba y vegetación típica de cojines y méxicos estacionales que tienen presencia temporal de agua y son más susceptibles a las variaciones climáticas y drenaje (MAE, 2013).

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

Tabla 1: Cuadro de bofedales dentro de la reserva con coordenadas de ubicación

Nombre del bofedal	Provincia	Coordenadas UTM	Clasificación	Grado de intervención
Cruz del arenal BNI	Bolívar	732671; 9840421	Hidromórfico permanente	Medio
Casa Condor BI	Chimborazo	739244; 9831672	Mésico estacional	Alto
Cruz del arenal ANI	Bolívar	731162; 9844778	Hidromórfico permanente	Bajo
Culebrillas AI	Bolívar	735446; 9831848	Hidromórfico permanente	Medio
Puente Ayora BNI	Bolívar	726486; 9839401	Permanente	Bajo
Pachancho BI	Bolívar	728315; 9847854	Hidromórfico permanente	Muy alto
Puente Ayora ANI	Bolívar	728478; 9841941	Mésico estacional	Medio
Puente Ayora AI	Bolívar	728013; 9841127	Mésico estacional	Medio
Coop Santa Teresita BNI	Chimborazo	744365; 9831911	Mésico estacional	Bajo
Cóndor Samana BI	Chimborazo	750800; 9839425	Hidromórfico permanente	Alto
Los Hieleros AI	Chimborazo	745741; 9833916	Hidromórfico permanente	Medio
Portal Andino AI	Chimborazo	750019; 9837891	Hidromórfico permanente	Muy alto
Lazabanza BNI	Tungurahua	746734; 9850338	Hidromórfico permanente	Alto
Pampas Salasaca BI	Tungurahua	754972; 9845283	Hidromórfico permanente	Alto
Mechahuasca ANI	Tungurahua	743954; 9844037	Hidromórfico permanente	Medio
Río Blanco AI	Tungurahua	746179; 9849003	Hidromórfico permanente	Alto

Fuente: (Andrade, 2016)

Elaborado por: Equipo de trabajo

• **Composición general de la flora en la reserva Chimborazo**

Las gramíneas (Poaceae) y las plantas formadoras de cojines dominan la flora de los bofedales altoandinos, destacando especies como *Distichia muscoides*, *Oxychloe andina* y *Calamagrostis spp.*, las cuales contribuyen a la formación de turba, el almacenamiento de agua y la estructura del hábitat, al tiempo que confieren resistencia a la sequía, tolerancia al frío y rápida colonización tras perturbaciones (Lane et al., 2022; Suárez et al., 2023; White-Nockleby et al., 2021). Las ciperáceas

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

(Cyperaceae), especialmente *Carex* spp., son codominantes en praderas y turberas húmedas, contribuyendo significativamente a la riqueza y diversidad estructural (Sklenář & Ramsay, 2001; Montoya et al., 2021; García et al., 2019). Hierbas de las familias Asteraceae y Geraniaceae aumentan la diversidad florística, con algunos taxones endémicos de estos sistemas (García et al., 2019; Murillo et al., 2020). Los taxones formadores de cojines, como *Silene*, aparecen en parches húmedos de mayor elevación, adaptados a microclimas fríos y sustratos pobres (Sklenář & Ramsay, 2001; García et al., 2019). Las briofitas (musgos y hepáticas), entre las que destaca *Sphagnum*, forman extensas alfombras en turberas, cumpliendo funciones clave en la dinámica del carbono y la hidrología de los humedales (Schäfer-Verwimp et al., 2013; García et al., 2019).

De acuerdo a Carrasco et al., 2021 en estudios realizados en 16 bofedales dentro de la Reserva se ha detectado una gran diversidad llegando a identificarse las siguientes especies: *Eleocharis albibracteata*, *Elodea canadensis*, *Myriophyllum quitense*, *Potamogeton filiformis*, *Ranunculus flagelliformis*, *Ranunculus peruvianus*, *Rorippa pinata*, *Achyrocline alata*, *Agostis brevivulmis*, *Agrostis foliata*, *Alsophila*, *Azorella aretioides*, *Azorella biloba*, *Azorella pedunculata*, *Baccharis caespitosa*, *Bartramia potosica*, *Bartsia laticrenata*, *Bidens andicola*, *Brachythecium austroglareosum*, *Brautelia chrysea*, *Bromus pitensis*, *Bunodophoron melanocarpum*, *Carex bonplandii*, *Cortaderia sericantha*, *Culcitium*, *Cyclodictyon roridum*, *Disterigma empetrifolium*, *Distichia muscoides*, *Drymaria ovata*, *Elaphoglossum engelii*, *Eleocharis dombeyana*, *Ephedra rupestris*, *Epilobium denticulatum*, *Equisetum bogotense*, *Eragrostis nigricans*, *Erigeron ecuadoriensis*, *Erigeron L.*, *Eryngium humile*, *Galium hypocarpium*, *Galium pumilio*, *Gamochoaeta americana*, *Gentiana cerastioides*, *Gentiana sedafolia*, *Gentianan cerastioides*, *Gentianella cerastioides*, *Gentianella corybosa*, *Geranium diffusum*, *Gnaphalium chimborazense*, *Gnaphalium purpureum*, *Gnaphalium spicatum*, *Halenia pulchella*, *Huperzia crassa*, *Hypericum laricifolium*, *Hypochaeris sessiliflora*, *Lachemilla andina*, *Lachemilla galioides*, *Lachemilla orbiculata*, *Lejeunea*, *Leptodontium longicaule*, *Leptodontium ulocalyx*, *Leptodontium wallisii*, *Leptodontium ulocalux*, *Lupinus microphyllus*, *Lupinus pubescens*, *Marchantia L.*, *Melpomene moniliformis*, *Monticalia arbutifolia*, *Muhlenbergia angustata*, *Nertera granadensis*, *Nototriche hartwegii*. Hill, *Oreomyrrhis andicola*, *Oritrophium peruvianum*, *Pernettya prostrata*, *Phalaris minor*, *Plagiomnium rynchophorum*, *Plantago australis*, *Plantago rigida*, *Polystichum orbiculatum*, *Ranunculus peruvianus*, *Rhodobryum*, *Rorippa pinnata*, *Rumex acetosella*, *Sibthorpia repens*, *Thuidium*

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

peruvianum, *Trifolium repens*, *Vaccinium floribundum*, *Valeriana rigida*, *Werneria nubigena* y *Xenophyllum humile*.

En estudios posteriores se llegaron a identificar y contabilizar 85 especies de plantas, de las cuales el 85% corresponden a vasculares y el 15% a no vasculares, y del total un 7,5% presentan características acuáticas. Además, se determinó que la familia más abundante fue Asteraceae con 15 especies, Poaceae con 7 especies y Apiaceae con 5 especies, de las cuales el 85% son nativas, 7% no se pudo identificar, 4% introducidas y 4% endémicas del país (Carrasco J. C., 2023).

Este acoplamiento entre formas de crecimiento vegetal, hidrología y suelos permite un alto almacenamiento de carbono y estabiliza los regímenes de humedad, favoreciendo la persistencia de la flora bajo estrés climático y sustentando los servicios ecosistémicos que apoyan los sistemas pastoriles (Buytaert et al., 2010; White-Nockleby et al., 2021).

- **Evidencia del cambio climático y la variabilidad hidrológica en la flora en bofedales**

El cambio climático representa la amenaza más significativa para los bofedales de la RPFCH, evidenciándose en una marcada variación hidrológica con una alteración de los regímenes de esorrentía y la disponibilidad hídrica superficial, manifestada a través de fluctuaciones significativas en el caudal de los ríos, las precipitaciones y la disponibilidad general de agua a lo largo del tiempo. Entre 1986 y 2013 la capa de hielo del volcán Chimborazo ha disminuido en un 21% demostrando los efectos tangibles del cambio climático en los geositos y ecosistemas de la zona, generándose fluctuaciones críticas en el caudal de los aportes hídricos: inicialmente, se produce un incremento temporal por fusión glaciaria, luego se da una reducción drástica en la disponibilidad de agua a largo plazo y una mayor irregularidad en las precipitaciones (Carrión-Mero et al., 2021).

Esta inestabilidad en el flujo hídrico impacta de manera directa en el período hídrico de los bofedales, lo que provoca una rápida expansión de Poaceae durante años más húmedos y una reducción de las turberas en cojín en períodos secos, lo que modifica la estructura del dosel y la dominancia de especies (Dangles et al., 2017). Además, plantea desafíos en la gestión de los recursos hídricos y conservación de los ecosistemas asociados durante los períodos de sequía, especialmente para las comunidades vecinas y la región (Carrión-Mero et al., 2023). El cambio climático atrae riesgos particulares para las especies endémicas, especializadas y adaptadas a pequeños ecosistemas con microclimas específicos, ya que cualquier alteración rápida en los patrones climáticos puede tener graves consecuencias para su supervivencia (Ulloa et al., 2025).

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

Lo dicho, se evidencia con estudios en donde se realizaron comparaciones de datos entre los años 1802 con re-muestreo en 2012 (210 años) por Morueta-Holme et al., (2015) en donde se documentó un ascenso del límite de vegetación superior a 500m con un avance promedio estimado de 675 m en el 86% de las especies, esto a causa del calentamiento global. Por otro lado, Sklenář et al. (2021) registraron un ascenso medio de 91,7 m en el límite superior de especies de zonas más altas y especializadas desde 1880 con un estimado de 6,6 m por década, asociado al incremento de temperaturas y variabilidad de humedad, dando como resultado un conjunto de especies endémicas que enfrentan migración forzada hacia mayores altitudes, reducción de hábitats y alto riesgo de extinción local en la cima de la reserva.

- **Influencia antropogénica y capacidad adaptativa**

La estructura de los bofedales en la Reserva Chimborazo ha sido moldeada por un sistema socioecológico donde el pastoreo, las quemadas, la expansión de pastizales y el cambio de uso de suelo determinan la capacidad adaptativa de la flora y la protección del carbono orgánico (Domic et al., 2018; Suárez et al., 2023). Esta capacidad se refiere a la habilidad específica de las plantas para responder ante los cambios ambientales, mediante ciertos mecanismos que permiten mantener su funcionamiento y persistir en su lugar de origen o migrar hacia hábitats adecuados (Nicotra et al., 2015), dicha capacidad surge de la interacción entre componentes ecológicos, genéticos y fisiológicos que facilitan la aclimatación o evolución rápida, lo que es clave para la vulnerabilidad de las especies ante cualquier perturbación (Cook et al., 2021). Sin embargo, la interacción entre el cambio climático y presiones como la minería, la urbanización además de la pérdida diaria de hasta 4 hectáreas de páramo, alteran la hidrología y la formación de turba. Esto hace imperativo un monitoreo integrado para salvaguardar la funcionalidad de estos humedales frente a la degradación antrópica y la pérdida de la biodiversidad (Cano et al., 2023; Frau et al., 2021; Torres et al., 2023).

En la reserva, la expansión de la frontera agrícola y los incendios provocados reducen sistemáticamente la calidad del hábitat (Ulloa et al., 2025). La introducción de ganado y los asentamientos humanos han fragmentado el paisaje, donde la diversidad del forraje y la calidad del agua se ven afectadas por el sobrepastoreo a pequeña escala. Estos factores, condicionados por la topografía, determinan que la estructura vegetal actual dependa directamente de la intensidad y el tipo de uso del suelo en los bofedales (Gauthier et al., 2013; McLaren et al., 2018). Estos cambios de uso de suelo se evidencian mediante análisis multitemporales que evidencian una clara transformación, entre los años 1986-1966 y 2020-2011 se evidenció un claro incremento en el uso agrícola y ganadero

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

pasando de 0,26% (140 ha) a 9,54% (5.065 ha), mientras que el herbazal del páramo ha disminuido al igual que la nieve perdiendo alrededor de 3.104 ha (Paula et al., 2018). Debido a este incremento se ha notado un aumento significativo de vegetación hidrofílica oportunista con un crecimiento de más de 3.419 ha entre los años 1986 y 2022, esto se asocia a la degradación de los humedales y pajonales influenciados por factores antropogénicos y climáticos (Carrasco et al., 2025).

Por último, el turismo masivo en la reserva se encuentra en una balanza entre el beneficio económico y el impacto ambiental por pisoteo y extracción de materiales en rutas transitadas (Moret et al., 2021; Vizúete et al., 2021). Con 17 atractivos y diversa infraestructura detectada, el número creciente de turistas ha ido creciendo exponencialmente llegando a presentar un crecimiento anual de hasta 47% en comparación a períodos previos (Vaca et al., 2020), llegando a atraer más de 100.000 turistas al año de acuerdo a informes del Ministerio de Ambiente y Energía (MAE) siendo uno de los destinos de mayor preferencia en la región interandina.

Debido a este crecimiento de la demanda turística dentro de la reserva se ha generado una saturación de rutas existentes, aglomeración de visitantes y disminución de la satisfacción turística a causa del uso insostenible de los senderos (Castillo et al., 2021) lo que genera presiones antrópicas significativas, que incluyen erosión de suelos, compactación, generación de residuos y disturbio a la fauna silvestre así como a los ecosistemas frágiles de páramo, contribuyendo a la pérdida de biodiversidad y fragmentación del paisaje en esta área protegida (Menstanz-Ramón et al., 2023). Por ello, la sostenibilidad de los bofedales depende de una gestión que equilibre la recreación con la conservación. Es fundamental planificar el desarrollo turístico para prevenir la degradación de hábitats sensibles y garantizar la persistencia de la flora altoandina (Vizúete et al., 2020; Vizúete et al., 2021).

- **Factores ambientales que configuran la flora del Chimborazo**

La altitud constituye el principal factor de estructuración de las comunidades vegetales en los Andes tropicales, influyendo tanto en las formaciones de páramo y puna-pastizal como en los humedales altoandinos a través de gradientes de temperatura y regímenes de heladas (Cuesta et al., 2017; Sklenář & Ramsay, 2001; García et al., 2019). Este gradiente altitudinal (3.200 a 6.310 m.s.n.m.), junto con los regímenes de precipitación y temperatura modulados por la nubosidad, los vientos y la orientación de las pendientes, genera patrones zonales y un marcado recambio florístico. Las cumbres aisladas, como las del Chimborazo, exhiben floras diferenciadas debido a la variabilidad climática y edáfica, favoreciendo además un alto endemismo producto de la dispersión limitada y la fragmentación

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

histórica del hábitat (Safford, 2007; Sklenář et al., 2013; Cardoso et al., 2017; Cupertino-Eisenlohr et al., 2021).

En los bofedales del Chimborazo, la composición y abundancia de especies están determinadas principalmente por la hidrología y el tipo de suelos (68,75% de tipo arena franca, 25% franco arenosa y 6,25% arena pura). El régimen hídrico (permanencia, profundidad y estacionalidad del agua) y el contraste entre turba y suelos minerales controlan la distribución de las comunidades vegetales, favoreciendo briofitos como *Sphagnum* en turberas, ciperáceas en pantanos y plantas formadoras de cojines en suelos permanentemente saturados (Sklenář & Ramsay, 2001; Montoya et al., 2021; Keddy & Fraser, 2000; García et al., 2019). Adicionalmente, la variabilidad edáfica (pH y contenido de materia orgánica) y la microtopografía (montículos y depresiones) promueven la especialización de microhábitats, incrementando la diversidad local en estos sistemas (Cupertino-Eisenlohr et al., 2021; Keddy & Fraser, 2000; García et al., 2019).

- **Medidas de conservación existentes en la reserva**

En la Reserva Chimborazo, las medidas de conservación de los humedales altoandinos combinan acciones gubernamentales y comunitarias son implementadas por medio del MAE como autoridad ambiental nacional designando a guardaparques, técnicos de la reserva y apoyando a comunidades aledañas además de centros de investigación con proyectos como ProCambio (GIZ), Socio Bosque, co-gestión comunitaria y estudios realizados por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) y otros. Los programas oficiales incluyen el manejo de la vida silvestre, protección de recursos naturales y desarrollo turístico, complementados por iniciativas locales como la restauración de páramos en cojín y pastizal para recuperar fuentes de agua, reintroducción de camélidos y declaración de áreas de conservación comunales (Maldonado-Eraza et al., 2022). La red CORDTUCH, conformada por 11 organizaciones de turismo comunitario con 1772 beneficiarios, impulsa el turismo como herramienta de diversificación productiva, promoviendo una gestión equitativa de la tierra, valoración del patrimonio y fortalecimiento organizacional, con propuestas para retirar ovejas de las zonas altas y crear reservas de agua comunitarias que difieren en enfoque y resultados de las áreas protegidas estatales (Maldonado-Eraza et al., 2022; Torres et al., 2023). A nivel provincial, el programa Socio Bosque paga por servicios ecosistémicos para conservar tierras y capturar carbono (McBurney et al., 2022), mientras que el geoturismo se propone como estrategia para generar beneficios económicos sin comprometer los ecosistemas sensibles, siempre que se gestione con cuidado (Carrión-Mero et al., 2021).

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

La implementación de distintas medidas de conservación dentro de la Reserva ha generado resultados positivos medibles, como el crecimiento poblacional de las vicuñas llegando a alcanzar 7.185 individuos de acuerdo al censo realizado por el MAE en el 2016, estimándose una cantidad ligeramente mayor en la actualidad (Morales et al., 2017). En cuanto a cobertura vegetal y degradación el incremento de zonas intervenidas fue mínimo del 9,26% entre los años 2013-2016 lo que se atribuye al trabajo conjunto entre las comunidades y Socio Bosque, lo que evidencia la productividad del control de la actividad humada y sobrepastoreo (Romero, y otros, 2018). El almacenamiento de carbono en ocho formaciones vegetales se estima en 4'379.581 mg de carbono orgánico total en suelos mayormente en zonas de bosque siempreverde y herbazal de páramo resaltando el potencial para bonos de carbono y mitigación climática gracias al mantenimiento de cobertura vegetal nativa (Vistin et al., 2022).

- **Desafíos y brechas en los esfuerzos de conservación**

A pesar de las medidas existentes, persisten brechas importantes en la protección de los humedales altoandinos de la Reserva Chimborazo. La ausencia de programas de monitoreo integrales y de un protocolo estándar de muestreo de arroyos representa una debilidad crítica para la gestión sostenible, especialmente ante proyectos hidroeléctricos (Gauthier et al., 2013). La ausencia de información sobre la calidad del agua de ríos y vertientes es escasa, así como de estudios realizados en humedales para la evaluación del cambio en su dinámica, así como su calidad y con la única información que se cuenta es con la de Carrasco et al., (2025) quien manifiesta que la calidad de agua de 16 humedales estudiados resulta apta para el riego y consumo animal sin embargo no lo es para el consumo humano por distintos contaminantes presentes en el agua.

La fragmentación de los esfuerzos de conservación es otro desafío clave, ya que mientras unas comunidades logran proteger el páramo, otras áreas adyacentes siguen degradándose debido a la falta de líderes capacitados, escasa comunicación con autoridades, baja credibilidad comunal, aislamiento y ausencia de alternativas económicas (Torres et al., 2023). Además, la conectividad insuficiente entre áreas protegidas limita la efectividad para especies de amplia distribución, a pesar del corredor Llanganates-Sangay; se necesitan corredores adicionales que vinculen la Reserva Chimborazo con otras áreas de la región centro-sur (Mestanza-Ramón et al., 2021; Ortega-Andrade et al., 2015).

Las medidas de conservación implementadas en la reserva se aplican de manera integral, sin embargo, muestran diferencias notables por provincia debido a la extensión, presión antrópica y nivel de implementación de acciones. En Chimborazo el incremento de zonas intervenidas ha sido mínimo

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

pasando de 1.111,97 ha intervenidas a 1.215,03 ha de zona de uso múltiple en donde las estrategias colaborativas han dado mejores resultados, por otro lado, está Tungurahua en donde se ha incrementado de 1.209 ha a 4.448 ha para uso mayormente agrícola siendo estas actividades la mayor problemática para el éxito de los planes, por último, Bolívar en donde se pasó de 239 ha a 814 ha de uso múltiple. De manera general se evidencia una efectividad en la provincia de Chimborazo gracias a la articulación interinstitucional y Socio Bosque en comparación a las otras provincias en donde se requiere un mayor control de expansión agrícola (Romero, y otros, 2018).

La Reserva Chimborazo además enfrenta desafíos en la aplicación de la ley y limitaciones de recursos. El monitoreo de la calidad del agua ha sido limitado, sin un protocolo estándar de muestreo de arroyos ni un programa regional, lo que representa una debilidad crucial ante proyectos hidroeléctricos y desarrollos económicos (Gauthier et al., 2013).

Conclusiones y recomendaciones

Los bofedales de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo representan un patrimonio natural de valor estratégico incalculable para el Ecuador, al actuar como pilares de la seguridad hídrica regional, reservorios críticos de carbono orgánico y hotspots de biodiversidad altoandina. La flora de estos ecosistemas, caracterizada por la dominancia de plantas formadoras de cojines, gramíneas y briofitas de familias como Asteraceae, Poaceae y Apiaceae, evidencia una adaptación evolutiva excepcional a condiciones climáticas extremas.

Sin embargo, la investigación revela que estos humedales enfrentan una vulnerabilidad extrema debido a la convergencia del cambio climático y presiones antropogénicas. El retroceso glaciar del volcán Chimborazo, que registró una pérdida del 21% de su capa de hielo entre 1986 y 2013, ha desencadenado fluctuaciones críticas en la disponibilidad de agua, provocando la migración forzada de especies endémicas hacia mayores altitudes y alterando la estructura del dosel vegetal. Esta inestabilidad ambiental se ve agravada por actividades como el sobrepastoreo, las quemadas y la expansión de la frontera agrícola, que en provincias como Tungurahua ha mostrado un incremento alarmante del uso de suelo para agricultura y ganadería.

A pesar de la implementación de medidas de conservación como el programa Socio Bosque y el fortalecimiento del turismo comunitario a través de redes como CORDTUCH, persisten desafíos significativos que amenazan la funcionalidad de la Reserva. La fragmentación de los esfuerzos de protección, la ausencia de programas de monitoreo integrales de la calidad del agua y la falta de

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

protocolos estandarizados para la evaluación de ecosistemas representan brechas críticas en la gestión actual.

Se ha evidenciado que la efectividad de las estrategias varía notablemente entre provincias, siendo Chimborazo la que presenta mejores resultados gracias a la articulación interinstitucional. No obstante, la saturación de rutas por el turismo masivo y la pérdida diaria de áreas de páramo exigen una transición hacia una gobernanza participativa más robusta. La sostenibilidad a largo plazo de estos bofedales dependerá de la integración del monitoreo científico con el saber comunitario, la creación de corredores ecológicos que aseguren la conectividad regional y la implementación de incentivos por servicios ecosistémicos que permitan a las poblaciones locales adaptarse con éxito al cambio global.

Referencias

1. Andrade, J. (2016). Determinación del estado de conservación de los bofedales de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/9ba141d4-5f1a-4e59-a004-7cda6aa3dc23/content>
2. Baldassarre, G., Piemontese, L., Terzi, S., Schwieger, D., Castelli, G., & Bresci, E. (2023). Over-reliance on water infrastructure erodes the resilience of drylands pastoralists. Research Square. doi:<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2788723/v1>
3. Branstrator, D. (2015). Orígenes de los tipos de cuencas lacustres. Ciencias de la Tierra y Planetarias. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09550-6>
4. Buytaert, W., Cuesta, F., & Tobón, C. (2010). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 19-33. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00585.x>
5. Cano, D., Pizarro, S., Cacciuto, C., Peñaloza, R., Yaranga, R., & Gandini, M. (2023). Study of Ecosystem Degradation Dynamics in the Peruvian Highlands: Landsat Time-Series Trend Analysis (1985–2022) with ARVI for Different Vegetation Cover Types. *Sustainability*, 15(21). doi:<https://doi.org/10.3390/su152115472>
6. Cardoso, D., Särkinen, T., Alexander, S., Amorim, A., Bittrich, V., Celis, M., & Forzza, R. (2017). Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. *Proceedings*

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

- of the National Academy of Sciences, 114(40), 10695-10700. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.1706756114>
7. Carrasco Baquero, J., Caballero Serrano, V., Romero Cañizares, F., Carrasco López, D., León Gualán, D., Vieira Lanero, R., & Cobo-Gradín, F. (2023). Determinación de la calidad del agua utilizando comunidades de suelo y vegetación en los humedales de los Andes del Ecuador. *Tierra*, 12(8), 1586. doi:<https://doi.org/10.3390/land12081586>
 8. Carrasco, J. C. (2023). Determinación de la calidad del agua utilizando comunidades de suelo y vegetación en los humedales de los Andes del Ecuador. *Tierra*, 12(8), 1586. doi:<https://doi.org/10.3390/land12081586>
 9. Carrasco, J., Caballero, V., Santander, F., & Vieira, R. (2021). Biodiversidad asociada a humedales altoandinos. Macrófitas, vegetación de ribera y familias de macroinvertebrados. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de https://publicaciones.esPOCH.edu.ec/docs/books/2021-08-18-180527-libro_antoandino.pdf
 10. Carrasco, J., Carrasco, M., Córdova, J., Guzmán, A., León, D., Parra, V., & Caballero, V. (2025). Multitemporal Analysis Using Remote Sensing and GIS to Monitor Wetlands Changes and Degradation in the Central Andes of Ecuador (Period 1986–2022). *Resources*, 14(61). doi:<https://doi.org/10.3390/resources14040061>
 11. Carrión-Mero, P., Borja-Bernal, C., Herrera-Franco, G., Morante-Carballo, F., Jaya-Montalvo, M., Maldonado-Zamora, A., . . . Berrezueta, É. (2021). Geosites and Geotourism in the Local Development of Communities of the Andes. *Sustainability*, 13(9), 4624. doi:<https://doi.org/10.3390/su13094624>
 12. Carrión-Mero, P., Tiviano, I., Hervas, E., Jaya-Montalvo, M., Malavé-Hernández, J., Solórzano, J., . . . Morante-Carballo, F. (2023). Water Sowing and harvesting application for water management on the slopes of a volcano. *Heliyon*, 9(5). doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16029>
 13. Castillo, D., Gavilanes, A., Chávez, C., Benalcázar, P., & Menstanzana, C. (2021). Diseño de una ruta de turismo de naturaleza en la Reserva de Vida Silvestre Chimborazo, Ecuador. *Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5293. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph18105293>
 14. Caziani, S., Derlindati, E., Tálamo, A., Sureda, A., Trucco, C., & Nicolossi, G. (2001). Riqueza de aves acuáticas en los humedales del altiplano del noroeste de Argentina. *Revista*

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

- internacional de biología de aves acuáticas, 24(1), 103-117.
doi:<https://doi.org/10.2307/1522249>
15. Cook, C., Beaver, E., Thurman, L., Thompson, L., Gross, J., Whiteley, A., . . . Sgrò, C. (2021). Supporting the adaptive capacity of species through more effective knowledge exchange with conservation practitioners. *Evolutionary Applications*, 14(8), 1969–1979. doi:<https://doi.org/10.1111/eva.13266>
 16. Correa, A., Ochoa-Tocachi, B. B., Ochoa-Sánchez, A., Zogheib, C., Tovar, C., & Buytaert, W. (2020). concerted research effort to advance the hydrological understanding of tropical páramos. *Hydrological Processes*, 34(24), 4609-4627. doi:<https://doi.org/10.1002/hyp.13904>
 17. Correa, A., Ochoa-Tocachi, B., Birkel, C., Ochoa-Sánchez, A., Zogheib, C., Tovar, C., & Buytaert, W. (2020). A concerted research effort to advance the hydrological understanding of tropical páramos. *Hydrological Processes*, 34(24), 4609-4627. doi:<https://doi.org/10.1002/hyp.13904>
 18. Cuesta, F., Muriel, P., Llambí, L., Halloy, S., Aguirre, N., Beck, S., . . . Gosling, W. (2017). Latitudinal and altitudinal patterns of plant community diversity on mountain summits across the tropical Andes. *Ecography*, 40(12), 1381-1394. doi:<https://doi.org/10.1111/ecog.02567>
 19. Cupertino-Eisenlohr, M., Eisenlohr, P., Barros-Rosa, L., Oliveira-Filho, A., & Simon, M. (2021). Environmental variables and dispersal barriers explain broad-scale variation in tree species composition across Neotropical non-flooded evergreen forests. *Journal of Vegetation Science*, 32(3). doi:<https://doi.org/10.1111/jvs.13026>
 20. Dangles, O., Rabatel, A., Kraemer, M., Zeballos, G., Soruco, Á., Jacobsen, D., & Anthelme, F. (2017). Ecosystem sentinels for climate change? Evidence of wetland cover changes over the last 30 years in the tropical Andes. *Plos One*, 12(5). doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175814>
 21. Domic, A., Capriles, J., Escobar-Torrez, K., Santoro, C., & Maldonado, A. (2018). Two Thousand Years of Land-Use and Vegetation Evolution in the Andean Highlands of Northern Chile Inferred from Pollen and Charcoal Analyses. *Quaternary*, 1(13). doi:<https://doi.org/10.3390/quat1030032>
 22. Duchicela, S., Llambí, L., Bonnesoeur, V., & Román-Dañobeytia, F. (2024). Pastoralism in the high tropical Andes: A review of the effect of grazing intensity on plant diversity and

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

- ecosystem services. Applied Vegetation Science, 27(3). doi:<https://doi.org/10.1111/avsc.12791>
23. Durana, C., Murgueitio, E., & Murgueitio, B. (2023). Sustainability of dairy farming in Colombia's High Andean region. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7. doi:<https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1223184>
24. Frau, D., Moran, B., Arengo, F., Marconi, P., Battauz, Y., Mora, C., & Boutt, D. (2021). Hydroclimatological Patterns and Limnological Characteristics of Unique Wetland Systems on the Argentine High Andean Plateau. *Hydrology*, 8(4), 164. doi:<https://doi.org/10.3390/hydrology8040164>
25. García, V., Márquez, C., Isenhardt, T., Rodríguez, M., Crespo, S., & Cifuentes, A. (2019). Evaluating the conservation state of the páramo ecosystem: An object-based image analysis and CART algorithm approach for central Ecuador. *Heliyon*, 5(10). doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02701>
26. Gauthier, P., Pelster, D., & McLaren, B. (2013). A MONITORING TECHNIQUE FOR HIGH-ALTITUDE HEADWATER STREAMS: A CASE STUDY IN THE HIGH ANDES. *Oecologia Australis*, 17(4), 527-532. doi:<https://doi.org/10.4257/oeco.2013.1704.07>
27. Gauthier, P., Pelster, D., & McLaren, B. (2013). A MONITORING TECHNIQUE FOR HIGH-ALTITUDE HEADWATER STREAMS: A CASE STUDY IN THE HIGH ANDES. *Oecologia Australis*, 17(4), 527-532. doi:<https://doi.org/10.4257/oeco.2013.1704.07>
28. INEC. (2010). Evolución de variables investigadas en los censos de población y vivienda del Ecuador. 1950, 1962, 1974, 1982, 1990, 2001 y 2010. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Publicaciones/Evolucion_variables_1950_2010_24_04_2014.pdf
29. Keddy, P., Gaudet, C., & Fraser, L. (2000). Effects of low and high nutrients on the competitive hierarchy of 26 shoreline plants. *Journal of Ecology*, 413-423. doi:<http://www.jstor.org/stable/2648448>
30. Lane, K., Beresford-Jones, D., Coll, L., Marsh, E., Scaife, R., Greco, C., & French, C. (2022). Pre-Hispanic anthropogenic wetlands in the upper Ica drainage, south-central Andes: dating and context. *Antiquity*, 98(389), 1251-1271. doi:<https://doi.org/10.15184/aqy.2022.103>

31. López González, M., Hergoualc'h, K., Angulo Núñez, Ó., Panadero, T., Chimner, R., del Águila Pasquel, J., . . . Lilleskov, E. (2020). What do we know about Peruvian peatlands? doi:<https://doi.org/10.17528/cifor/007848>
32. MAE. (2013). Metodología para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Obtenido de Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito-Ecuador.
33. MAE. (2013). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Quito, Ecuador: Subsecretaría de Patrimonio Natural.
34. MAE. (2014). Actualización del Plan de Manejo de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Riobamba: Ecuador.
35. Maldonado-Erazo, C., Río-Rama, M., Miranda-Salazar, S., & Tierra-Tierra, N. (2022). Strengthening of Community Tourism Enterprises as a Means of Sustainable Development in Rural Areas: A Case Study of Community Tourism Development in Chimborazo. *Sustainability*, 14(7), 4314. doi:<https://doi.org/10.3390/su14074314>
36. Manosalvas, R., Hoogesteger, J., & Boelens, R. (2023). Imaginaries of place in territorialization processes: Transforming the Oyacachi páramos through nature conservation and water transfers in the Ecuadorian highlands. *Environment and Planning C Politics and Space*, 45(1), 1010-1028. doi:<https://doi.org/10.1177/23996544231168050>
37. McBurney, M., Castro, L., & Johnson, C. (2022). Paying for ecological services in Ecuador: The political economy of structural inequality. *Journal of Agrarian Change*, 23(2), 385-403. doi:<https://doi.org/10.1111/joac.12523>
38. McLaren, B., MacNearney, D., & Siavichay, C. (2018). Livestock and the functional habitat of vicuñas in Ecuador: a new puzzle. *Ecosphere*, 9(1). doi:<https://doi.org/10.1002/ecs2.2066>
39. Mestanza-Ramón, C., Herrera-Fejoo, R., Chicaiza-Ortiz, C., Domínguez-Gaibor, I., & Mateo, R. (2021). Estimation of Current and Future Suitable Areas for *Tapirus pinchaque* in Ecuador. *Sustainability*, 13(20). doi:<https://doi.org/10.3390/su132011486>
40. Mestanza-Ramón, C., Monar-Nuñez, J., Guala-Alulema, P., Montenegro-Zambrano, Y., Herrera-Chávez, R., Milanés, C., . . . Toledo-Villacís, M. (2023). A Review to Update the Protected Areas in Ecuador and an Analysis of Their Main Impacts and Conservation Strategies. *Environments*, 10(5), 79. doi:<https://doi.org/10.3390/environments10050079>

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

41. MINAM. (2019). Guía de evaluación de evaluación del estado del ecosistema de bofedal. Obtenido de Perú: Ministerio del Ambiente: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-evaluacion-estado-ecosistema-bofedal>
42. Montoya, A., Parra, J. V., Guanuche, P., Vintimilla, G., Mestanza-Ramón, C., & Vizúete, D. (2021). A Nature Tourism Route through GIS to Improve the Visibility of the Natural Resources of the Altar Volcano, Sangay National Park, Ecuador. *Land*, 10(8), 884. doi:<https://doi.org/10.3390/land10080884>
43. Morales, A., Vaca, M., Chacaguasay, B., & Rodríguez, N. (2017). Situación de las vicuñas en Ecuador. En P. E. MFC/PSF Ministerio del Ambiente de Ecuador, La vicuña ecuatoriana y su entorno (págs. 15-19). ASTERISCO D.G. Obtenido de http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/Biodiversidad/LA_VICU%C3%91A_ECUATORIANA.pdf
44. Moret, P. M., Pruna, W., & Sklenář, P. (2021). Resurvey of vascular plants and soil arthropods on the summit of Mount Corazón (Andes of Ecuador) after 140 years. *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 238-245. doi:<https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1940056>
45. Morueta-Holme, N., Engemann, K., Sandoval-Acuña, P., Jonas, J. D., Segnitz, R. M., & Svenning, J.-C. (2015). Strong upslope shifts in Chimborazo's vegetation over two centuries since Humboldt. *Ecology*, 112(41), 12741-12745. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1509938112>
46. Murillo, R., León, V., Moreno, J., & Tubon, B. (2020). Determinación y georreferenciación de la estructura y composición florística del ecosistema herbazal páramo en la reserva de producción de fauna Chimborazo. *Concienciadigital*, 3(1), 168-180. doi: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3il.1.1138>
47. Nicotra, A., Beever, E., Robertson, A., Hofmann, G., & O'Leary, J. (2015). Assessing the components of adaptive capacity to improve conservation and management efforts under global change. *Conservation Biology*. doi:<https://doi.org/10.1111/cobi.12522>
48. Ortega-Andrade, H., Prieto-Torres, D., & Gómez-Lora, I. &. (2015). Ecological and Geographical Analysis of the Distribution of the Mountain Tapir (Tapirus pinchaque) in Ecuador: Importance of Protected Areas in Future Scenarios of Global Warming. *Plos One*, 10(13). doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137111>

- (*Tapirus pinchaque*) in Ecuador: Importance of Protected Areas in Future Scenarios of Global Warming.
49. Oyague, E. (2020). Peatlands of the Central Andes Puna, South America. 37(4), 255-260. doi:<https://doi.org/10.1672/ucrt083-204>
50. Páez, C., & Salazar, O. (2023). Energy Security in Ecuador: An Analysis Considering the Interrelationships of the WEF Nexus. *Energies*, 7166. doi:
<https://doi.org/10.3390/en16207166>
51. Paula, P., Zambrano, L., & Paula, P. (2018). Multitemporal Analysis of vegetation change at Chimborazo Reserve as a result of climate change. *Enfoque UTE Revista*, 9(2), 125 - 137. doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.252>
52. Rasmussen, M. (2018). Rewriting conservation landscapes: protected areas and glacial retreat in the high Andes. *Regional Environmental Change*, 19(5), 1371-1385. doi:
<https://doi.org/10.1007/s10113-018-1376-9>
53. Rasul, G., & Molden, D. (2019). The Global Social and Economic Consequences of Mountain Cryospheric Change. *Frontiers in Environmental Science*, 7. doi:
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00091>
54. Romero, F., Muñoz, E., Argüello, C., Zurita, M., Danilo, R., & Ana, G. (2018). Sistematización de la aplicación de la metodología Manejo Adaptativo de Riesgo y Vulnerabilidad en Sitios de Conservación (MARISCO). En ESPOCH, GIZ, & GmbH, Hacia un manejo adaptativo de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo y su zona de amortiguamiento. Quito, Ecuador: ESPOCH.
55. Safford, H. (2007). Brazilian Páramos IV. Phytogeography of the campos de altitude. *Journal of Biogeography*, 34(10), 1701-1722. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01732.x>
56. Sandoval, M., & Maldonado, P. (2019). Change, Collective Action, and Cultural Resilience in Páramo Management in Ecuador. *Mountain Research and Development*, 39(4). doi:<https://doi.org/10.1659/mrd-journal-d-19-00007.1>
57. Schäfer-Verwimp, A. (2013). Contribución al conocimiento de la flora de briofitas de Ecuador. *Phytotaxa*. doi:<http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.128.1.1>
58. Sklenár, P., & Ramsay, P. (2001). Diversidad de comunidades de plantas de páramo zonal en Ecuador. *Diversity and Distributions*, 7(3), 113-124. doi:<https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2001.00101.x>

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

59. Sklenář, P., Hedberg, I., & Cleef, A. (2013). Island biogeography of tropical alpine floras. *Journal of Biogeography*, 41(2), 287-297. doi:<https://doi.org/10.1111/jbi.12212>
60. Sklenář, P., Romoleroux, K., Muriel, P., Jaramillo, R., Bernardi, A., Diazgranados, M., & Moret, P. (2021). Cambios en la distribución de plantas de páramo de los Andes ecuatoriales en respuesta a la creciente variación de temperatura y humedad desde 1880. *Alp Botany*, 131(2), 201-212. doi:<https://doi.org/10.1007/s00035-021-00270-x>
61. Suárez, F., Sarabia, A., Sanzana, P., Latorre, C., & Muñoz, J. (2023). The Quebrada Negra wetland study: An approach to understand plant diversity, hydrology, and hydrogeology of high-Andean wetlands. *Wiley Interdisciplinary Reviews Water*, 11(1). doi:<https://doi.org/10.1002/wat2.1683>
62. Torres, M., Naranjo, E., Fierro, V., & Carchipulla-Morales, D. (2023). Social Technology for the Protection of the Páramo in the Central Andes of Ecuador. *Mountain Research and Development*, 43(4). doi:<https://doi.org/10.1659/mrd.2022.00022>
63. Torres, M., Naranjo, E., Fierro, V., & Carchipulla-Morales, D. (2023). Social Technology for the Protection of the Páramo in the Central Andes of Ecuador. *Mountain Research and Development*, 43(4). doi:<https://doi.org/10.1659/mrd.2022.00022>
64. Ulloa, C., Sánchez-Lara, E., & Oleas, N. (2025). Conservation profile of endemic species of *Berberis* from Ecuador (Berberidaceae, Ranunculales). *Biodiversity*, 13. doi:<https://doi.org/10.3897/bdj.13.e157827>
65. Vaca, P., Vaca, M., Cushquicullma, D., & Vaca, M. (2020). Visit Sites Monitoring at the Chimborazo Fauna Production Reserve - Ecuador and its contribution to the fulfillment of conservation objectives. *RECUS. Revista Electrónica Cooperación Universidad Sociedad*, 5(1). doi:<https://doi.org/10.33936/recus.v5il.2071>
66. Vistin, D., Muñoz, E., Ati, G., & Vaca, M. (2022). Bonos de carbono, una alternativa de sustentabilidad en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. *Madera y Bosques*, 28(1). doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2022.2812089>
67. Vizuete, D., Montoya, A., Velásquez, C., Benalcázar-Vergara, P., & Mestanza-Ramón, C. (2021). Design of Nature Tourism Route in Chimborazo Wildlife Reserve, Ecuador. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5293. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph18105293>

Estado actual de los bofedales altoandinos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: composición florística, amenazas y estrategias de conservación

68. Vizúete, D., Velásquez, C., Marcu, M., & Montoya, A. (2020). The Use of Cultural Ecosystem Services: A Comparison Between Locals and Tourists in the Chimborazo Natural Reserve. Series Ii - Forestry • Wood Industry • Agricultural Food Engineering, 13(62), 1-18. doi:<https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2020.13.62.2.1>
69. White-Nockleby, C., Prieto, M., Yager, K., & Meneses, R. (2021). Understanding Bofedales as Cultural Landscapes in the Central Andes. Wetlands, 41(8). doi:
<https://doi.org/10.1007/s13157-021-01500-y>

©2026 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons

Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).