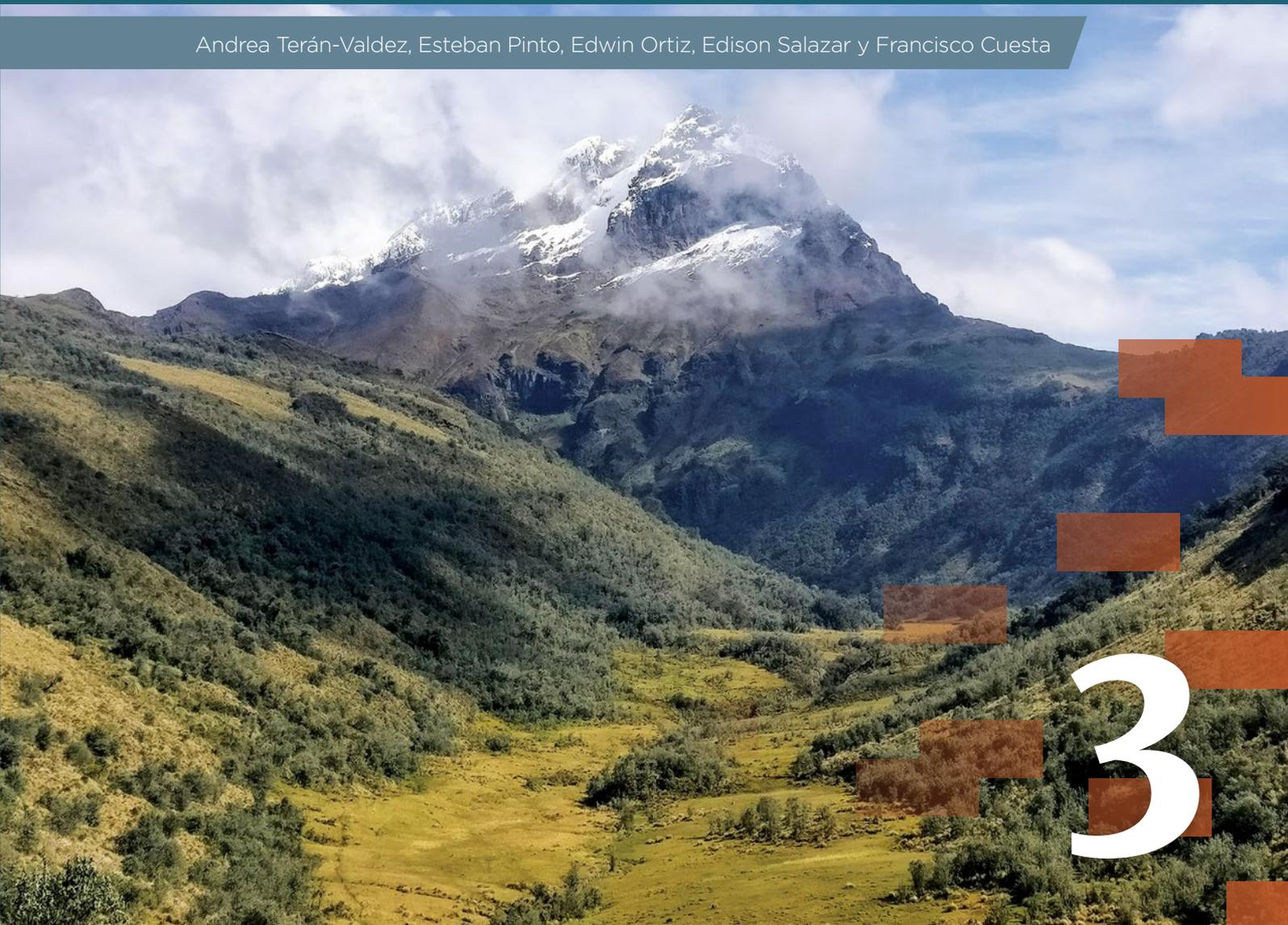


Conservación y uso sostenible de los páramos de Tungurahua.

| Conocer para manejar.

Andrea Terán-Valdez, Esteban Pinto, Edwin Ortiz, Edison Salazar y Francisco Cuesta





Conservación y uso sostenible de los páramos de Tungurahua. Conocer para manejar.

Andrea Terán-Valdez, Esteban Pinto, Francisco Cuesta, Edwin Ortiz, Edison Salazar y Christian Suárez

3

Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina - CONDESAN

Oficina en Lima-Perú:

Las Codornices 253
Surquillo
Tel. +51 1 618 9400

Oficina en Quito-Ecuador:

Germán Alemán E12-123 y
Carlos Arroyo del Río
Tel. +593 2 2248491

condesan@condesan.org | www.condesan.org

©CONDESAN. 2019

ISBN: 978-9942-809-04-9

Autores: Andrea Terán-Valdez¹, Esteban Pinto¹, Francisco Cuesta¹⁻³, Edwin Ortiz², Edison Salazar y Christian Suárez

Mapas elaborados por: Edwin Ortiz²

1 Área de biodiversidad CONDESAN.

2 Área de medios de vida y paisajes sostenibles CONDESAN.

3 Department of Ecosystem & Landscape Dynamics, University of Amsterdam, Netherlands.

Corrección de estilo, ilustración, diseño gráfico y diagramación:

Manthra Comunicación · www.manthra.ec · info@manthra.net

Fotografía portada:

Esteban Pinto

Favor citar este documento de la siguiente forma: Terán-Valdez, A., Pinto, E., Cuesta, F., Ortiz, E., Salazar, E., y Suárez, C. 2019. Conservación y uso sostenible de los páramos de Tungurahua. Conocer para manejar. Proyecto EcoAndes, CONDESAN, Quito, Ecuador.

Esta publicación fue desarrollada en el marco del Proyecto EcoAndes, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). El Proyecto EcoAndes se implementó a través del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ONU-Medio Ambiente) y ejecutado por el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN) en Ecuador y Perú.



ECOANDES

Con el apoyo de:

MINISTERIO DEL AMBIENTE



| Presentación

Los páramos son ecosistemas esenciales para las personas por los múltiples beneficios que brindan, principalmente el de provisión de agua y almacenamiento de carbono. Históricamente se han utilizado para actividades agropecuarias, extracción de leña y obtención de materiales de construcción. Estas prácticas han llevado al deterioro progresivo de muchos páramos.

Los páramos del centro del país, del lado occidental de la Cordillera Oriental y de la Cordillera Occidental, se encuentran en las peores condiciones de degradación (Hofstede *et al.*, 2002). Estas zonas han sido muy afectadas por prácticas agrícolas de pastoreo y quemas. Es el caso de los páramos de Tungurahua (Podwojewski *et al.*, 2002; Poulenard *et al.*, 2004). Dados los altos niveles de degradación y la creciente demanda de agua y tierra para producción, surgieron los planes de manejo de páramos como herramientas para recuperar y conservar estos ecosistemas, bajo un enfoque de planificación territorial y modelos de gobernanza colectivos. Estos planes se basan en acuerdos sociales, cuyo objetivo es garantizar la provisión de agua, recurso que mantiene los modos de vida y sus sistemas productivos asociados (Carrera *et al.*, 2016).

Este documento presenta los resultados principales del monitoreo de diversidad, carbono y cambios de cobertura de la tierra, realizado en seis localidades de los páramos occidentales de Tungurahua (Figura 1). Estas localidades están incluidas en los planes de manejo de páramo del Frente Sur Occidental (FSO) y de la cuenca del Río Ambato, a través de las corporaciones de Organizaciones Campesinas de Pilahuín (COCAP) y de Organizaciones Populares y Campesinas Cristóbal Pajuña (COCP).

Se caracterizó la diversidad y la capacidad de acumulación y captura de carbono de páramos que se encuentran en diferentes grados de recuperación, páramos muy degradados como Rumipata y localidades en un estado de recuperación más avanzado como Yatzaputzán. Los resultados obtenidos durante dos años de monitoreo (2015 a 2017) pueden fortalecer los planes de manejo de páramos que se elaboren en el futuro, pues constituyen una línea base confiable y verificable para evaluar la efectividad de ciertas medidas y acciones de manejo (prácticas de restauración, acuerdos comunitarios de conservación, educación ambiental, entre otras). Este factor fue identificado como una debilidad de los planes de manejo pasados (Carrera *et al.*, 2016).

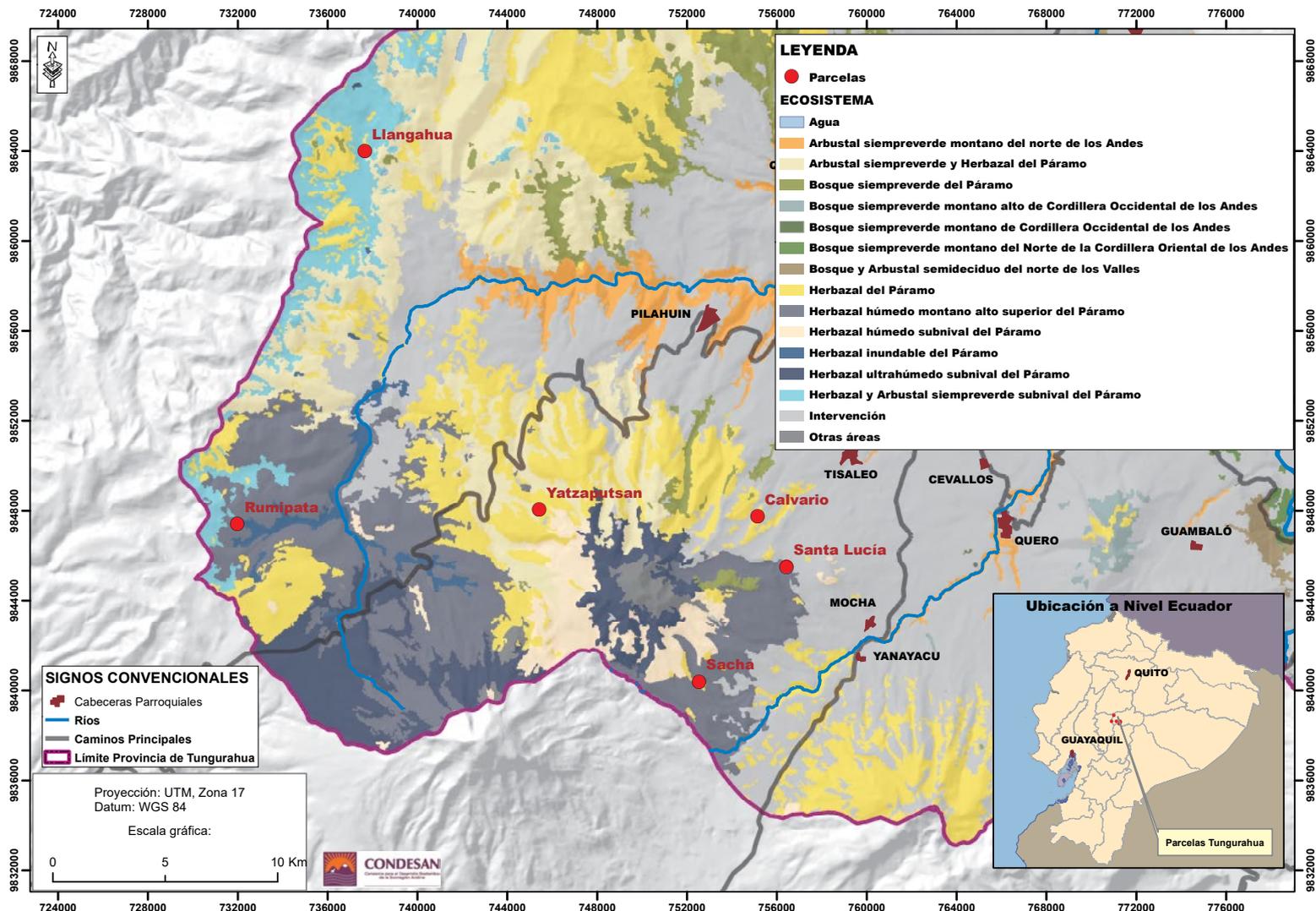


Figura 1. Ubicación de las seis localidades donde se realizó el monitoreo de diversidad y carbono (Pinto y Cuesta, 2018).

¿Qué son los páramos y cuál es su importancia?

Los páramos son ecosistemas de montaña no arbolados, localizados en elevaciones muy altas de las regiones tropicales. Comienzan en Colombia y Venezuela, pasan por Ecuador y se extienden hasta la depresión de Huancabamba en el norte de Perú. Generalmente se ubican sobre los 3.500 msnm, por encima de la línea de bosques continuos, bajo del límite de nieve perpetua. Sin embargo, el límite inferior del páramo varía según la región geográfica. Al sur de Ecuador, por ejemplo, puede empezar desde los 2.800 msnm (Sklenár y Ramsay, 2001; Mena Vásconez y Hofstede, 2006). Es un ecosistema muy importante en términos de diversidad. En Ecuador se estima que existen 2.000 especies de plantas vasculares, y 60% de ellas pueden ser endémicas de los páramos (Sklenár *et al.*, 2005). Los servicios ecosistémicos generados por el páramo, como regulación de agua y almacenamiento de carbono, son fundamentales para la subsistencia humana.

A pesar de su importancia para la provisión de agua y la mitigación del cambio climático, los páramos enfrentan fuertes amenazas antrópicas, que ponen en riesgo su conservación. La ganadería bovina y ovina, los cultivos, la forestación con especies exóticas, la minería, la construcción de vías, acueductos y represas son algunas de las amenazas más comunes y de mayor impacto (Hofstede, 2001; Hofstede *et al.*, 2002).

En Ecuador, el páramo representa aproximadamente 6,1% del territorio nacional, equivalente a 1.515.273 ha (MAE, 2017a). Se identifican 10 tipos de ecosistemas de páramo, definidos principalmente por su clima, estructura de vegetación, piso altitudinal y régimen de inundación. En los páramos del occidente de Tungurahua, se encuentran 6 de estos ecosistemas (ver Figura 1) y son descritos brevemente a continuación, a partir de la información del mapa de ecosistemas del Ecuador (MAE, 2013).

Herbazal del páramo: se caracteriza por su vegetación densa, compuesta principalmente por gramíneas superiores a 50 cm de altura. Es el ecosistema de páramo con mayor extensión a nivel nacional. Se ubica desde 3.400 hasta 4.300 msnm en el norte, y desde 2.900 hasta 3.900 msnm en el sur.



Herbazal húmedo montano alto superior del páramo: se caracteriza por una vegetación abierta, dominada por los géneros *Stipa*, *Plantago*, y *Senecio*. Su ubicación se limita a páramos del volcán Cotopaxi y Chimborazo, desde 3.500 hasta 4.200 msnm.

Herbazal húmedo subnival del páramo: se caracteriza por una vegetación dispersa en las zonas más altas de las montañas de los Andes, dominada por pastos de tallo corto, rosetas acaulescentes y hierbas en cojines. Se ubica en los Illinizas, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Antisana, entre 4.200 y 4.900 msnm.

Herbazal inundable del páramo: se caracteriza por vegetación que forma cojines o parches aislados de vegetación flotante. Su presencia se relaciona a condiciones locales microclimáticas o edáficas, y no a factores climáticos asociados al gradiente altitudinal. Se ubica a lo largo de toda la cordillera, de norte a sur, desde 3.300 hasta 4.500 msnm.

Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo: su vegetación está dominada por arbustos prostrados y almohadillas dispersas. Se ubica en los páramos del norte y centro de la cordillera que están expuestos a los vientos húmedos de la Amazonía, desde 4.400 hasta 4.900 msnm.

Herbazal y arbustal siempreverde subnival del páramo: se caracteriza por una vegetación fragmentada, donde mezcla el suelo desnudo con herbazales y arbustos de hasta 1,5 m de altura. Se ubican entre 4.100 y 4.500 msnm.

¿Cómo y por qué están cambiando los páramos de Tungurahua?

La presión sobre los páramos es un fenómeno que ocurre a nivel nacional. En el periodo 1990-2016, se perdieron aproximadamente 51.000 ha de páramo en Ecuador (MAE, 2014, 2017b). Solo en Tungurahua, en los últimos 26 años, desde 1991 hasta 2017, hubo una pérdida de aproximadamente 17% (11.382 hectáreas) de la cobertura de los páramos occidentales. Esto equivale a una tasa anual de pérdida de páramo de 0,65% para Tungurahua, muy por encima de la tasa de pérdida anual nacional de 0,13% (Suárez, 2017).

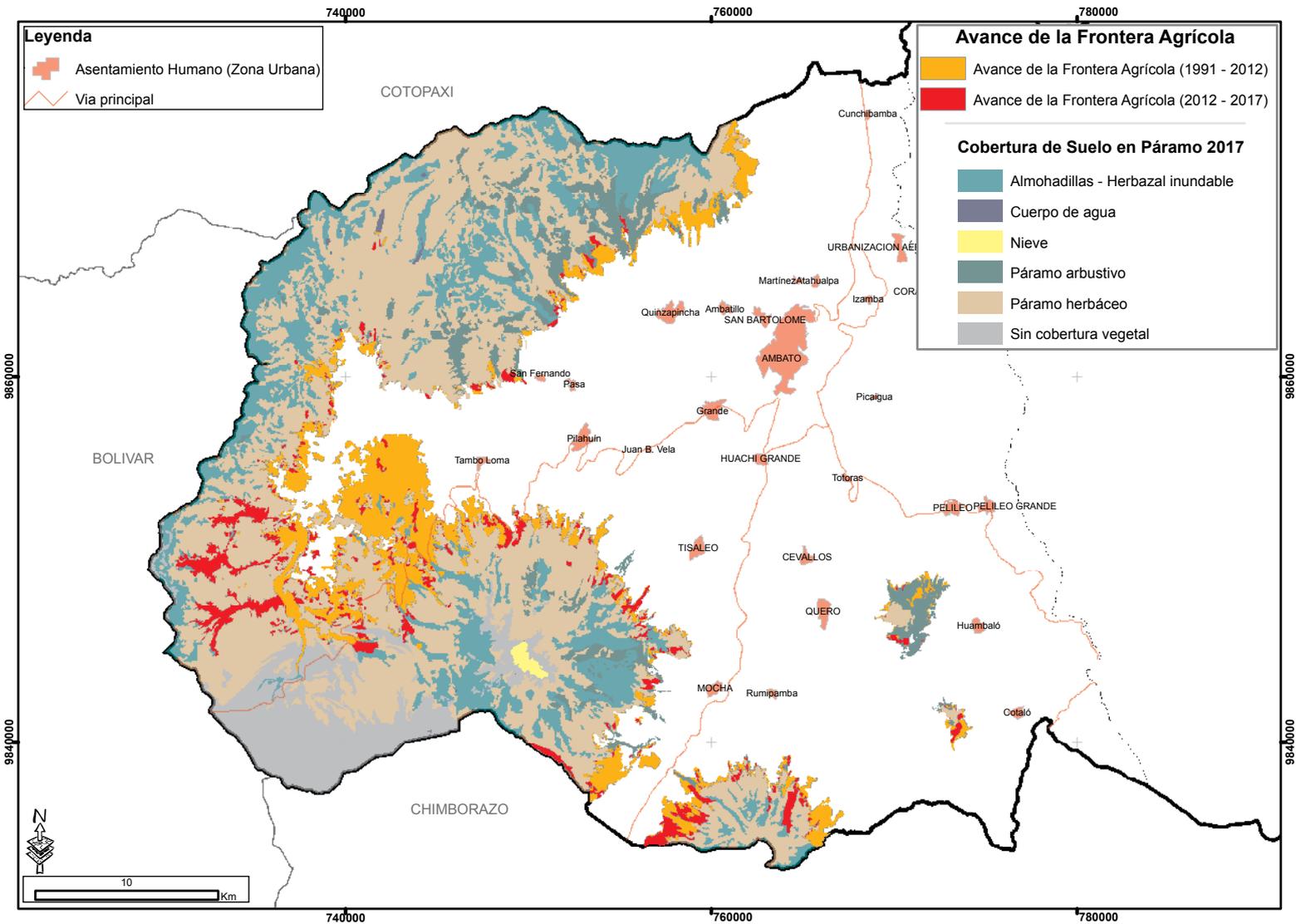


Figura 2. Cambio de uso de la tierra de páramo a agricultura. Se muestra el avance de la frontera agrícola en dos periodos de tiempo (1991-2012 y 2012-2017); la extensión del páramo en el año 1991 era de 67.378 ha, y en el 2017 de 55.996,4 ha (Suárez, 2017).

Esta pérdida se ha dado principalmente por el avance de la frontera agrícola (Figura 2). Dado que la agricultura es una de las amenazas más importantes en el páramo, las áreas más afectadas están a elevaciones más bajas. En altas elevaciones las actividades productivas son muy limitadas, por las fuertes condiciones climáticas que impiden el desarrollo agrícola (Ortiz y Peralvo, 2016).

¿Cuál es la relación entre el monitoreo y los planes de manejo?

Un plan de manejo se lleva a cabo por fases, desde la planificación hasta la evaluación, tal como lo muestra el esquema de la Figura 3 (Carrera *et al.*, 2016).



Figura 3. Etapas de un plan de manejo de páramo para su gestión efectiva.

Cada fase está descrita en detalle en Carrera *et al.* (2016). En este documento se abordarán las fases relevantes en el contexto del monitoreo de diversidad y carbono.

Idealmente, el monitoreo debe ser parte de la etapa de diagnóstico y de evaluación. Durante el diagnóstico, permite conocer el estado de recuperación/degradación del páramo, un insumo necesario para definir estrategias y priorizar actividades en la siguiente etapa. En la evaluación, el monitoreo es un componente integral e imprescindible porque permitirá responder a una pregunta clave: ¿Cuál es el grado de conservación¹ de los páramos de Tungurahua y en qué medida se van recuperando por la acción de los planes de manejo? Si no se cuenta con un sistema de seguimiento confiable, no se podrá conocer si las estrategias desarrolladas e implementadas están siendo efectivas para la recuperación y conservación del páramo.

¹ La conservación de un páramo en este documento hace referencia a niveles de recuperación del ecosistema que permitan la generación de servicios ecosistémicos, particularmente regulación y provisión de agua.



Los resultados de estos primeros dos censos del monitoreo dejan una línea base sobre el estado actual de los páramos occidentales de Tungurahua, y sobre su grado de recuperación. Además, se definieron un conjunto de indicadores pertinentes y sensibles que pueden ser medidos en el futuro, para conocer los cambios que se generan en los páramos como respuesta a las acciones de manejo propuestas desde diferentes organizaciones, a través de los planes de manejo.

¿Cómo se realizó el monitoreo?

Se seleccionaron seis localidades con diferentes niveles de degradación (Tabla 1), distribuidas en toda la zona occidental de los páramos de Tungurahua (Figura 1).

Tabla 1. Localidades donde se realizó el monitoreo. El estado de degradación fue determinado por la cobertura de vegetación del suelo (continua, discontinua, suelo desnudo) y la pendiente de la parcela de monitoreo.

Localidad	Cantón	Parroquia	Altitud (m)	Estado de degradación
Rumipata	Ambato	Pilahuin	4.100	Alto
Santa Lucía Arriba	Tisaleo	La Matriz	3.793	Medio alto
Sachahuaico	Mocha	La Matriz	3.940	Bajo
Llangahua	Ambato	Pilahuin	4.131	Medio alto
Yatzaputzán	Ambato	Pilahuin	4.100	Bajo
El Calvario	Tisaleo	La Matriz	3.883	Medio bajo

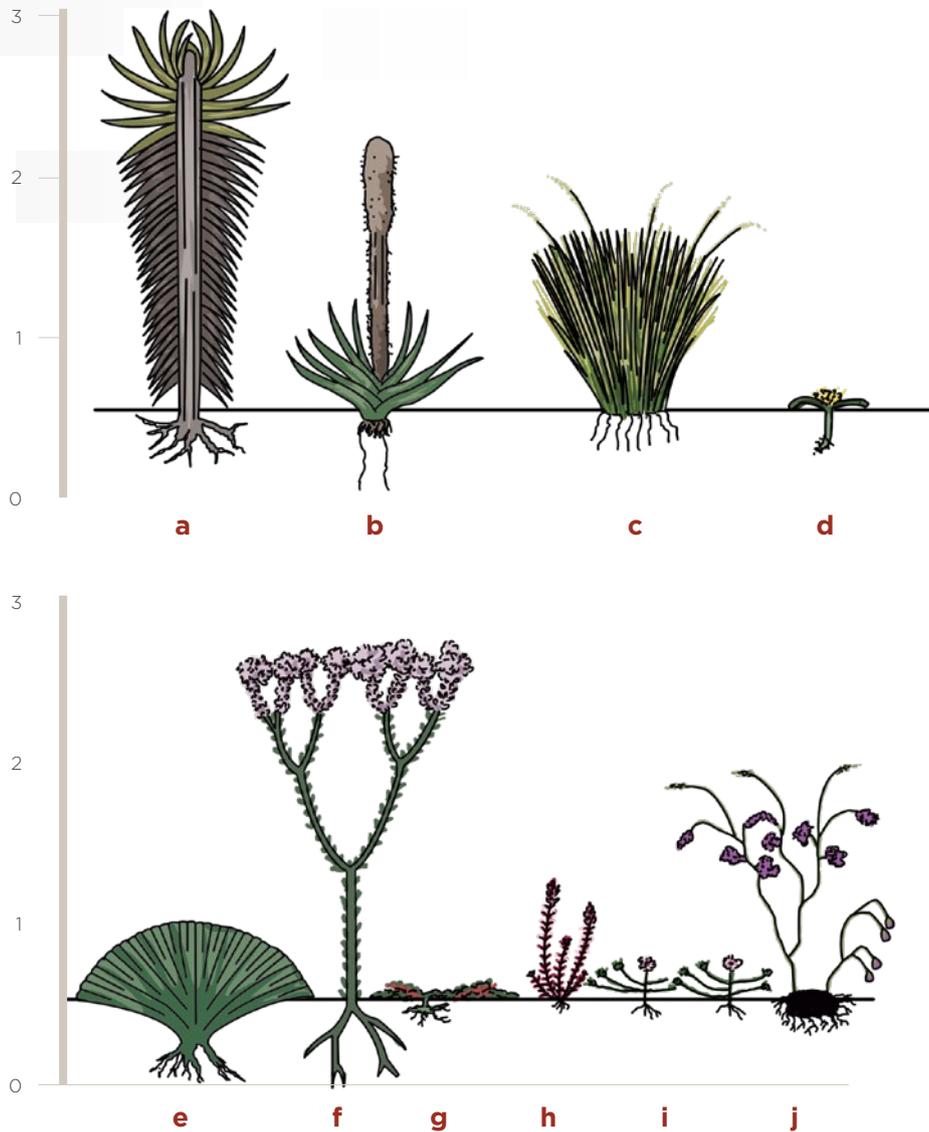


Figura 4. Formas de crecimiento presentes en los páramos: a) roseta con tallo, b) roseta basal, c) penacho, d) roseta acaulescente, e) cojín, f) arbusto erecto, g) arbusto postrado, h) hierba erecta, i) hierba postrada, j) hierba trepadora. Modificado de Ramsay y Oxley (1997).



En cada localidad se instaló un bloque con parcelas anidadas (Pinto y Cuesta, 2018). Cada parcela se subdividió en subunidades, cuadrantes y subcuadrantes, delimitados y marcados con tubos plásticos para llevar a cabo un monitoreo continuo (Figura 5). Se realizaron dos mediciones, la primera o línea base en 2015, y la segunda o censo en 2017. Las variables medidas fueron las siguientes:

Diversidad de plantas vasculares: en la subunidad A, se selecciona 1 cuadrante donde se registran todas las especies y el porcentaje de cobertura que ocupan en un metro cuadrado.

Diversidad de formas de crecimiento: en la subunidad A, se realiza una estimación del porcentaje de cobertura que tienen las distintas formas de crecimiento (Figura 4).

Productividad primaria: en la subunidad B, se selecciona 1 cuadrante donde se poda todo el material vegetal durante la línea base, para determinar el crecimiento de vegetación en el siguiente censo.

Biomasa aérea y necromasa aérea: en las subunidades C y D se recolecta la vegetación viva y muerta para su posterior procesamiento en laboratorio.

Densidad aparente del suelo, porcentaje de materia orgánica, y biomasa subterránea: en las subunidades C y D se toman muestras de suelo para su análisis posterior en laboratorios certificados.

Pinto y Cuesta (2018) describen con mayor detalle la metodología aplicada para el monitoreo.





Figura 5. Diseño experimental aplicado en todas las localidades. El bloque de 13 x 34 m contiene a las 10 parcelas o unidades experimentales de 6 x 6 m. Las parcelas a su vez están divididas en 4 sub-unidades de 3 x 3 m (A, B, C, D). Cada sub-unidad se divide en cuadrantes de 1 x 1 m. En las parcelas C y D, estos cuadrantes se subdividieron en 4 partes de 0,5 x 0,5 m. Fuente: Pinto y Cuesta (2018)

¿Cuáles fueron los resultados obtenidos y cómo aportan a los planes de manejo?

En la introducción se mencionaron algunos servicios ecosistémicos clave de los páramos: captura y almacenamiento de carbono, y regulación y provisión de agua. Para que estos servicios sean generados, se debe mantener un ciclo de funcionamiento entre la vegetación y el suelo (Figura 6). A medida que los páramos se degradan, algunos atributos de cada componente se pierden paulatinamente, generando un desbalance del ciclo y, en casos de alta degradación, una ruptura que impide la generación de servicios ecosistémicos.

Por ejemplo, si se pierde la cobertura de vegetación, no hay un aporte de materia orgánica ni protección del suelo. Esto causará pérdida de suelo, disminución en la captación de agua vertical y horizontal, aumento de evaporación del agua almacenada en el suelo, decremento de la captura de carbono en el aire y en el suelo, emisiones de CO_2 a la atmósfera por la descomposición vegetal y la remoción del suelo, entre otros.



Figura 6. Esquema de los atributos de la vegetación y del suelo. Ambos generan un ciclo de mutua protección. La vegetación protege al suelo y le aporta materia orgánica y otros nutrientes. El suelo aporta nutrientes para el crecimiento de la vegetación. El funcionamiento de los dos provee de servicios ecosistémicos clave para la subsistencia humana.



Como resultado de este monitoreo, se establecen algunos indicadores útiles para determinar el estado de conservación/degradación del páramo (Figura 6). Se recomienda su medición en los programas de evaluación de los planes de manejo. Se han seleccionado estos indicadores por su fácil medición y por la información que proveen acerca del ciclo entre la vegetación y el suelo: diversidad de formas de vida, cobertura de suelo, biomasa aérea, productividad, contenidos de carbono en el sistema y densidad aparente del suelo.

Diversidad de plantas vasculares

Una de las medidas más sencillas de la diversidad de un sitio es la riqueza, que hace referencia al número de especies en un área. Este atributo no fue seleccionado como un indicador, pero es incluido en la descripción porque se usa usualmente para determinar el estado de salud de los ecosistemas. Sin embargo, si este criterio se considera sin un análisis profundo, las conclusiones pueden ser erróneas, por las características de la dinámica de los páramos.

En el proceso de recuperación de los páramos, el número de especies va a cambiar en el tiempo. Esto dependerá del tipo de disturbio que sufrió el páramo, de las presiones que permanecen o que son removidas y del paisaje que rodee al área. Además, especies que son más competitivas y aprovechan de mejor manera los recursos, se convertirán en dominantes, impidiendo el desarrollo de más diversidad, aunque haya mayor recuperación del páramo.

Por eso, la diversidad no es un buen indicador del estado de degradación o de recuperación del páramo, porque una zona altamente degradada puede presentar mayor riqueza que áreas más conservadas. Es el caso de Rumipata, que contiene más especies que Yatzaputzán (Tabla 2).

En Yatzaputzán, el páramo tiene un estado de degradación bajo, pero la riqueza es también baja por una dominancia de *Calamagrostis intermedia*, que limita el desarrollo de otras especies. Es decir, no hay una relación directa lineal entre mayor recuperación y mayor riqueza. Llangahua y El Calvario tienen el mismo número de especies por parcela. Sin embargo, en el primer caso el páramo tiene un estado alto de degradación, y en el segundo, un estado bajo.

En conclusión, esta variable sirve para determinar la dinámica y los cambios de la composición y el número de especies en un mismo páramo a lo largo del

tiempo, pero no es el indicador más adecuado para detectar diferencias en el estado de degradación entre diferentes páramos, ni para determinar el estado de salud de una zona.

Tabla 2. Riqueza presente en todas las localidades monitoreadas. Se incluye el estado de degradación para evidenciar que la relación entre estos atributos no está relacionada de una manera directa y lineal.

Localidad	Riqueza (S)	Estado de degradación
Sachahuaico	40	Bajo
El Calvario	35	Medio bajo
Llangahua	35	Medio alto
Santa Lucía Arriba	29	Medio alto
Rumipata	23	Alto
Yatzaputzán	19	Bajo

Diversidad de formas de crecimiento

Las diferentes formas de crecimiento que existen en el páramo son rasgos de las plantas, y son producto de un proceso evolutivo en el que la vegetación se adaptó a las condiciones climáticas extremas de estos ecosistemas (Ramsay y Oxley, 1997). Estos rasgos determinan los requerimientos de hábitat de una planta, su tolerancia ambiental, su tipo de interacción con otras plantas y su rol en el funcionamiento del ecosistema (p. ej. el tipo de crecimiento influye en la manera en que las plantas aprovechan los nutrientes y los almacenan). Así, la composición de las formas de crecimiento en un sitio, y su abundancia, determinan la diversidad funcional de dicho sitio. La diversidad funcional representa la diversidad de nichos o funciones que hay dentro de un ecosistema. Una mayor diversidad funcional significa un mayor estado de recuperación (Cadotte *et al.*, 2011).

En el monitoreo realizado, se observa que Yatzaputzán, que ha pasado por un proceso de varios años de recuperación, tiene una baja diversidad funcional, pues su vegetación está dominada por pajonal, *Calamagrostis intermedia* (Figura 7). Este hecho es común en páramos que han sufrido disturbios, ya que esta especie es muy competitiva e impide el desarrollo de otras especies. Yatzaputzán ha sido considerada una localidad con un estado bajo de degradación. Sin embargo, este estado hace referencia a la capacidad del ecosistema para generar servicios ecosistémicos, específicamente de regulación y provisión de agua, no necesariamente al mantenimiento de la biodiversidad. Al considerar las formas de crecimiento de las plantas del páramo (i.e. diversidad funcional), se puede determinar que este páramo fue degradado y todavía no está totalmente recuperado.

La diversidad funcional de las otras localidades estudiadas muestra un proceso de recuperación donde distintas formas de crecimiento se han desarrollado. Cabe recalcar que no se puede tomar decisiones ni llegar a conclusiones sobre el estado de salud de un páramo basándose únicamente en este indicador. Si se compara Rumipata con Yatzaputzán, la diversidad funcional de Rumipata será mayor, sin embargo, su cobertura de suelo tiene un alto porcentaje de suelo desnudo (indicador que se describe en los párrafos posteriores).



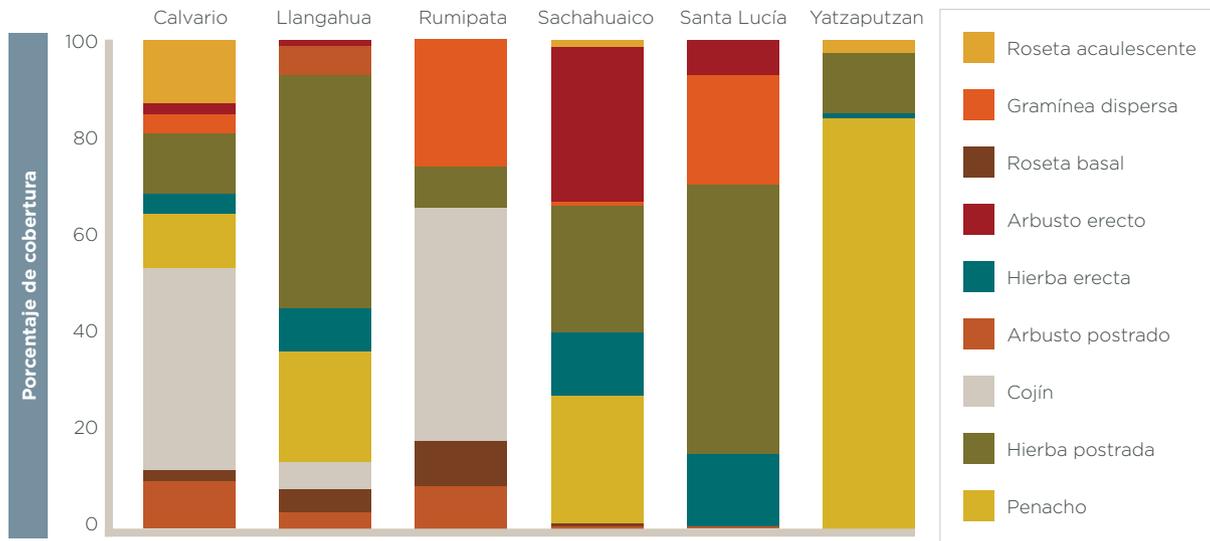


Figura 7. Abundancia de las formas de crecimiento de la vegetación en las diferentes localidades. Durante el monitoreo se añadió la categoría de gramínea dispersa debido a que, por el nivel de degradación de algunos sitios, se encontraban algunas gramíneas creciendo de manera dispersa sin formar todavía un penacho.

Este indicador puede ser difícil de interpretar. No se recomienda su comparación entre páramos y otros ecosistemas u otras historias de uso de la tierra², porque la diversidad funcional dependerá totalmente de estos atributos. Sin embargo, las mediciones sistemáticas en un mismo sitio permiten conocer en qué medida se va recuperando el ecosistema a lo largo del tiempo, y en ese sentido su estimación es importante.

Cobertura de suelo

Se refiere a la proporción de superficie que cubren los diferentes tipos de vegetación (plantas vasculares, hojarasca, briofitas, líquenes) o material (suelo desnudo, roca y grava).

² Historia de uso de la tierra hace referencia al tipo de actividades que se han llevado a cabo en un sitio a lo largo del tiempo, p. ej. agricultura, quemadas, pastoreo, entre otras.

Este indicador se ha priorizado por su sensibilidad para detectar cambios generados por la recuperación del páramo. Zonas con alta degradación presentarán una proporción mayoritaria de suelo desnudo y discontinuidad en la cobertura de plantas vasculares, mientras que áreas conservadas tendrán vegetación continua mayoritariamente. En la Figura 9 se ilustra un ejemplo de los cambios en la cobertura de vegetación cuando existe degradación por sobrepastoreo. La presencia de líquenes será indicadora de degradación, ya que estos organismos son capaces de colonizar áreas muy pobres en nutrientes y, a medida que modifican el ambiente, dan paso al desarrollo de plantas vasculares. Así, mientras más recuperado esté un páramo, presentará mayor porcentaje de cobertura de plantas vasculares y hojarasca, que alimentará al suelo con materia orgánica y otros nutrientes.

En los resultados del monitoreo, se observa que Rumipata es la localidad más degradada, con una gran proporción de suelo desnudo y presencia de líquenes (Figura 8). A medida que avanza la recuperación, se va perdiendo la proporción de suelo desnudo. Llangahua, por ejemplo, tiene una proporción menor que Rumipata, pero mayor que El Calvario. La presencia de hojarasca es un indicador de mejoría en las condiciones del páramo. Enriquece el suelo con materia orgánica y otros nutrientes a medida que se va degradando.

Este indicador es muy informativo sobre las condiciones de degradación de un páramo, y sobre el avance en su recuperación o restauración. También es útil para comparar el nivel de recuperación entre diferentes localidades. Además, el cambio puede ser relativamente rápido en comparación con otros indicadores, como por ejemplo los de suelo.



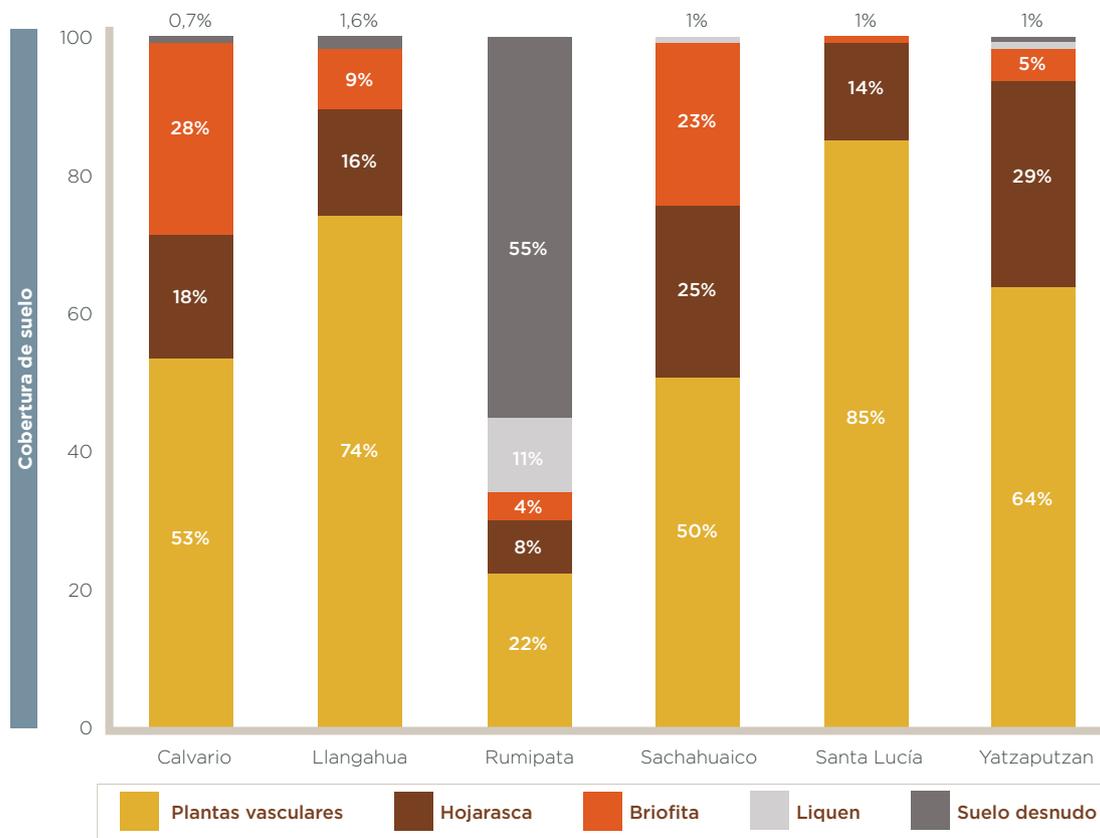


Figura 8. Cobertura de suelo en las diferentes localidades. Se incluyen los tipos de cobertura que presentan más de 0,5%.



Páramo húmedo	Erosión	Cubierta de vegetación alta	Cubierta de vegetación baja	% de Inclinación	Representación esquemática
no degradado	ninguna	continua	continua	0 - >60	
vegetación recolonizada	ninguno	ninguna	continua	0 - 15	
degradada	débil	discontinua	continua	15 - >60	
muy degradada	débil a fuerte	discontinua	discontinua	15 - >60	

Páramo seco	Erosión	Cubierta de vegetación alta	Cubierta de vegetación baja	% de Inclinación	Representación esquemática
no degradado	ninguna	continua	continua	0 - >60	
degradada	débil	discontinua	discontinua	0 - >60	
pendiente muy degradada	fuerte	discontinua	discontinua	15 - >60	
piso muy degradado	fuerte	ninguna	discontinua	0 - 15	

Figura 9. Características de la vegetación y del suelo de acuerdo a su nivel de degradación. La degradación que muestra la figura es ocasionada por sobrepastoreo en páramos secos y húmedos. Traducido de Podwojewski *et al.* (2006).



Biomasa aérea, subterránea y productividad

La biomasa es la cantidad de material vegetal vivo que se encuentra en un área, y la productividad es la capacidad del sistema de producir nueva biomasa. La biomasa aérea es la que se encuentra en tallos, ramas, hojas, flores y frutos. La biomasa subterránea se encuentra en las raíces.

Estos atributos son buenos indicadores de recuperación de páramo. En términos generales, mientras haya un mejor estado de conservación, habrá una mayor cantidad de biomasa y mayor productividad.

Como se observa en la Figura 10, los páramos con mejor estado de conservación como El Calvario, Sachahuaico y Yatzaputzán presentan los valores más altos de biomasa aérea, subterránea y de necromasa, mientras que Llangahua, Santa Lucía Arriba y Rumipata tienen menor cantidad de material vegetal.

Si bien este indicador es útil para determinar el estado de conservación de un páramo, se debe realizar un análisis y una interpretación de los resultados de productividad, considerando factores adicionales, como la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo y el clima. A temperaturas más altas (elevaciones más bajas) hay una mayor productividad. Además, suelos más ricos por naturaleza (debido a su historia geológica) presentarán un crecimiento más rápido de la vegetación.

Si las condiciones del paisaje y de clima son diferentes entre páramos, será difícil realizar una comparación de la productividad. Sin embargo, se puede usar esta variable para medir el cambio en un mismo páramo a lo largo del tiempo.

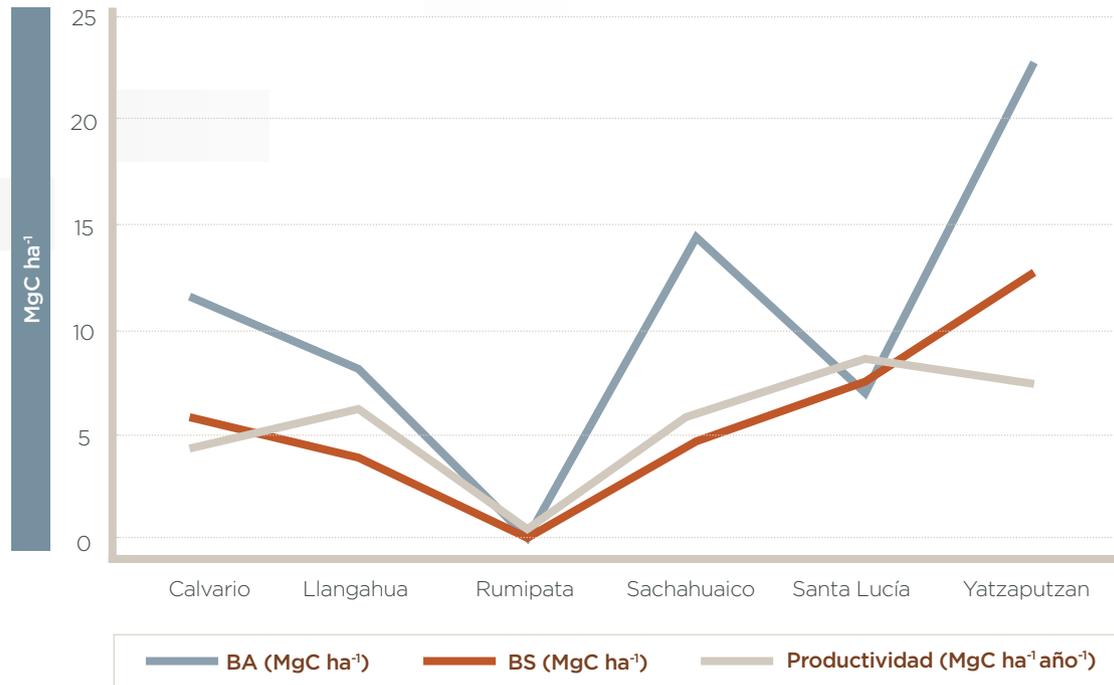


Figura 10. Biomasa aérea (BA), subterránea (BS) y productividad medidas en cada sitio de monitoreo.

Contenidos de carbono

Este indicador hace referencia a la capacidad del páramo para capturar y almacenar carbono. Éste está almacenado en 4 reservorios: biomasa aérea (material vegetal vivo), biomasa subterránea (raíces), necromasa (material vegetal muerto) y suelo (Figura 11).

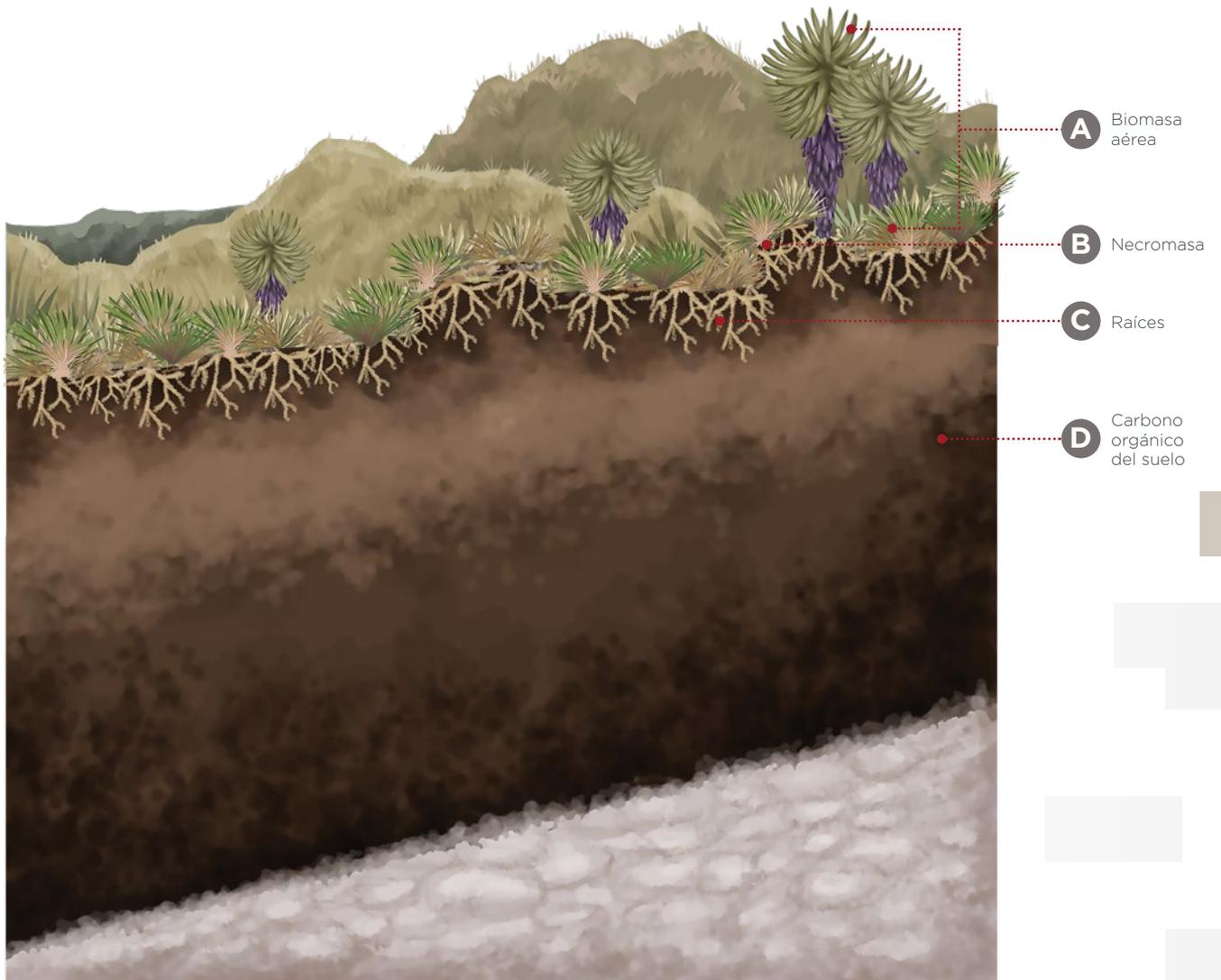


Figura 11. Reservorios de carbono en el páramo: a) biomasa aérea, b) necromasa, c) raíces y d) carbono orgánico del suelo.





© Esteban Pinto

Las localidades de páramo monitoreadas pueden almacenar de 90 a 191 MgC ha⁻¹ en total (Tabla 3). La mayor cantidad de carbono está almacenada en el suelo, mientras que la biomasa aérea y necromasa representan fracciones más pequeñas (Figura 12).

Yatzaputzán, El Calvario y Sachahuaico, localidades con niveles más bajos de degradación, presentan los mayores contenidos de carbono en la biomasa aérea y en la necromasa. Mientras que Rumipata, con alta degradación, tiene los valores más bajos.

La productividad informa sobre el carbono que se está capturando anualmente en la biomasa aérea y necromasa. Por eso las localidades más conservadas capturan una mayor cantidad de carbono.

Cuando se observa el carbono almacenado en el suelo, el patrón de mayor almacenamiento en lugares más conservados no se cumple, ya que Rumipata presenta altos valores de carbono a pesar de su fuerte degradación. Esto puede ser producto del tipo de disturbio al que estuvo sujeto el páramo en el pasado: la ganadería ovina. Si bien este tipo de actividad ocasiona un deterioro directo de la cobertura vegetal y de la estructura del suelo (compactación), el carbono almacenado no es liberado. En general, el carbono orgánico almacenado en el suelo es estable y no varía en el tiempo, pero su exposición al oxígeno estimula su liberación. Es el caso de los cultivos donde se realiza arado de la tierra. Esta actividad rompe la estructura del suelo, lo expone al oxígeno y el carbono es liberado.

Tabla 3. Carbono almacenado en la biomasa aérea (BA), Necromasa aérea (NA) y Carbono orgánico del suelo (COS). Los datos corresponden al censo realizado en el año 2017.

Localidad	BA (MgC ha ⁻¹)	NA (MgC ha ⁻¹)	COS (MgC ha ⁻¹)	Total (MgC ha ⁻¹)	Productividad (MgC ha ⁻¹ año ⁻¹)
Calvario	4,5	7,3	78,4	90,2	4,6
Llangahua	3,8	4,4	109,4	117,5	6,3
Rumipata	0,2	0,3	165,5	166,0	0,5
Sachahuaico	3,8	10,6	102,6	117,0	6,0
Santa Lucía Arriba	2,6	4,6	84,2	91,4	8,6
Yatzaputzán	4,1	18,7	168,3	191,1	7,5

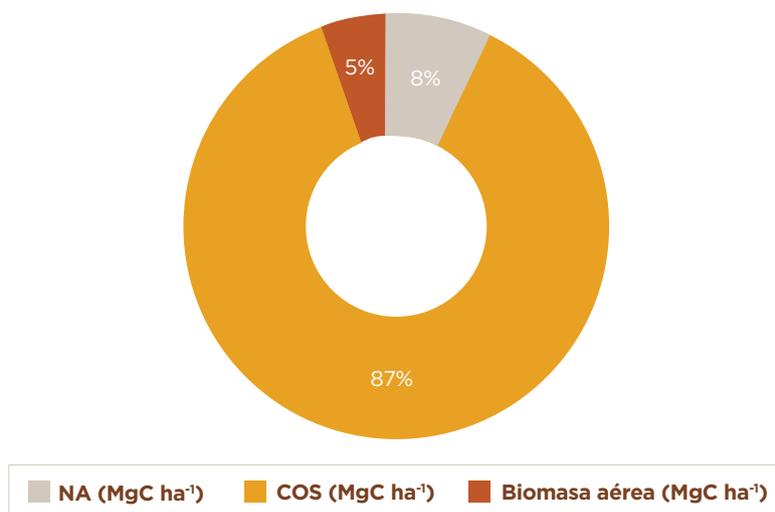


Figura 12. Proporción de carbono que albergan los diferentes reservorios. NA-Necromasa aérea, COS-Carbono orgánico del suelo, y biomasa aérea.

La biomasa aérea, la necromasa y la productividad son indicadores de degradación del páramo, y su medición en el tiempo permite conocer la recuperación del mismo. Además, la cantidad de carbono almacenada y capturada en las diferentes localidades determina su aporte a la mitigación al cambio climático.

Densidad aparente del suelo

La densidad aparente es la proporción de la masa del suelo seco y del volumen total del mismo (g cm^{-3}), que incluye el volumen de las partículas y los poros (Arshad *et al.*, 1996). Esta es una medida de compactación del suelo.

Los suelos de páramo se caracterizan por ser altamente porosos, y con altos contenidos de materia orgánica por su origen volcánico. De ahí viene su alta capacidad de almacenamiento de agua y carbono. A través de la densidad aparente se puede determinar el potencial del suelo para cumplir con estos servicios. Algunas actividades agrícolas, como la ganadería, causan compactación³ de suelo por el pisoteo constante de los animales. Esta condición impide la infiltración de agua y su almacenamiento. Además, reduce los espacios para seguir capturando carbono en el tiempo.

Los valores de densidad aparente son relativamente bajos en páramos, pero varían según el tipo de páramo. Por ejemplo, un área de pantano o humedal puede tener densidades tan bajas como $0,11 \text{ g cm}^{-3}$ en las capas superiores, y un área de páramo húmedo de $0,68 \text{ g cm}^{-3}$ (Podwojewski *et al.*, 2006). Rumipata y Sachahuaico presentan valores relativamente altos (Tabla 4), secuelas de las actividades ganaderas del pasado. Las otras localidades tienen valores cercanos a lo esperado en un páramo con niveles bajos de degradación, que mantiene su estructura del suelo.

3. Compactación es la pérdida de estructura del suelo, donde la porosidad disminuye, y se expresa en una mayor cantidad de partículas de suelo en una unidad de área.

Tabla 4. Densidad aparente en las diferentes localidades de páramo.

Localidad	Densidad aparente (g cm ⁻³)
El Calvario	0,55
Llangahua	0,6
Rumipata	0,9
Sachahuaico	0,83
Santa Lucía Arriba	0,6
Yatzaputzán	0,72

Este indicador es muy informativo sobre el estado estructural del suelo (nivel de compactación por efecto del pisoteo de ganado) y por eso se recomienda su medición. Sin embargo, su cambio es lento y mostrará diferencias en el largo plazo.



¿Qué medidas de manejo se pueden tomar frente a la degradación de los páramos?

La degradación de los páramos está afectando al ciclo del ecosistema, disminuyendo la capacidad de regulación y provisión de agua, y la capacidad de captura y almacenamiento de carbono. Esto tiene un efecto en las poblaciones a nivel local, regional y global.

La realidad ambiental y social de los páramos es soportar la vida humana, al proveer agua y aportar a la regulación del clima. También son usados para la producción de alimentos, y en general para la subsistencia humana. Por eso se debe trabajar desde diferentes enfoques, para asegurar la conservación de los páramos sin comprometer la calidad de vida de las comunidades que los habitan. El manejo de páramos se debe realizar desde tres ejes: conservación, restauración y producción sostenible. La conservación debe priorizarse en áreas que conserven gran parte de su vegetación natural, que son importantes para la conservación del agua y vulnerables a degradación. Bajo estos criterios, se realizó un análisis considerando la cobertura de suelo en páramo hasta 2017, en áreas planas con pendiente menor a 7°. Estas constituyen zonas de recarga hídrica, que presentan periodos de sequía intensos (Suárez, 2017). La Figura 13 muestra las microcuencas, que resultaron prioritarias para su protección con el fin de evitar el cambio de uso de suelo. Estas áreas deben incluirse en los planes de ordenamiento territorial como zonas protegidas, y deben excluirse de cualquier uso productivo.

De manera complementaria, se debe trabajar en la restauración de los páramos. Sin bien la producción es fundamental para la gente local, hay zonas que han sido dedicadas a la agricultura, que deben ser liberadas de cualquier uso y recuperadas por su importancia para la conservación del agua y la acumulación de carbono en la vegetación y el suelo. Mediante un análisis que tomó en cuenta criterios de presencia de bocatomas, embalses y del avance de la frontera agrícola, se determinó las áreas que deben ser destinadas a la recuperación del páramo (Figura 14). Es importante que los planes de manejo incluyan programas de restauración e inviertan recursos para llevarlos a cabo.

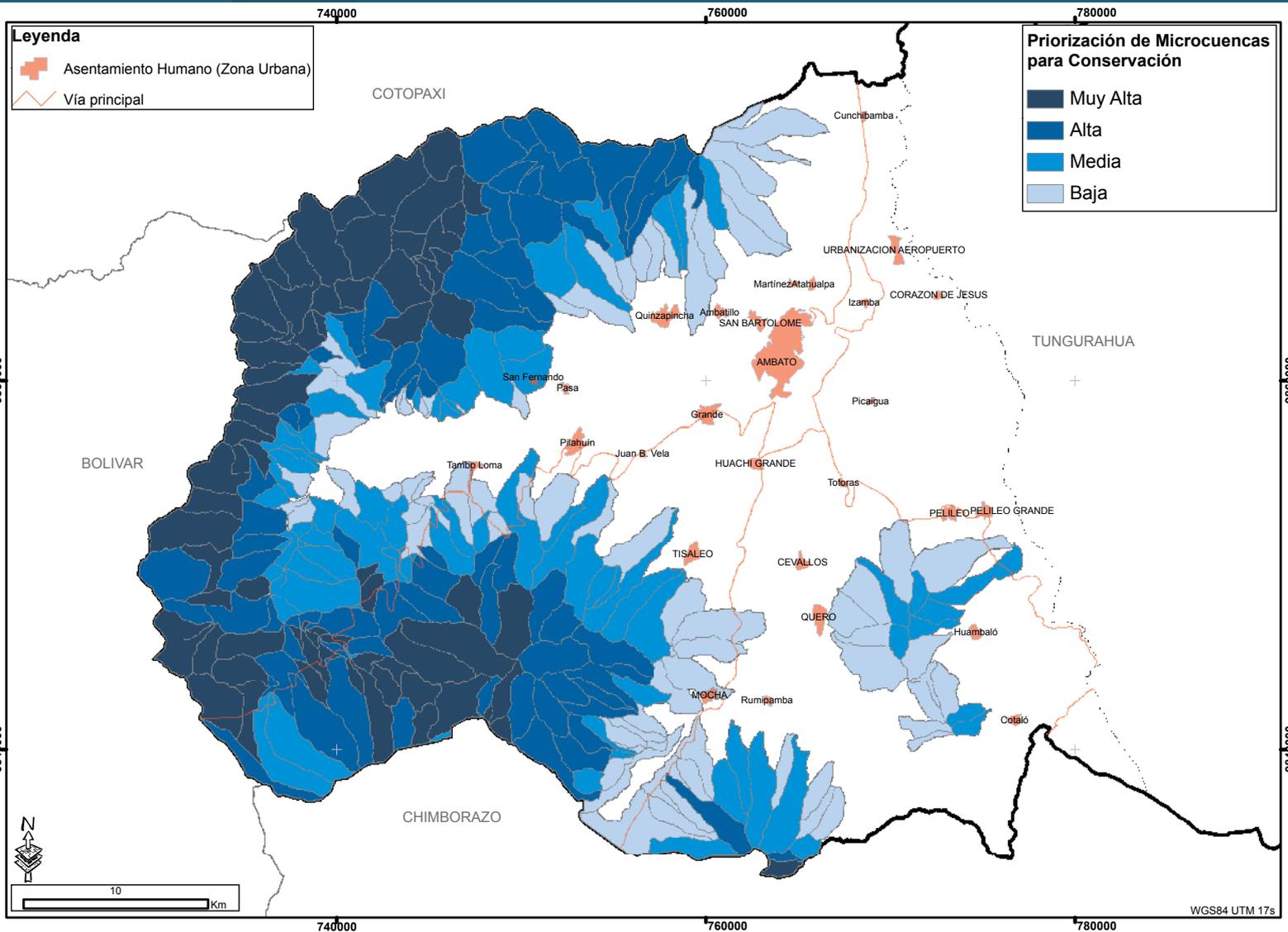


Figura 13. Mapa de priorización de microcuencas para su conservación. **Fuente:** Suárez (2018)

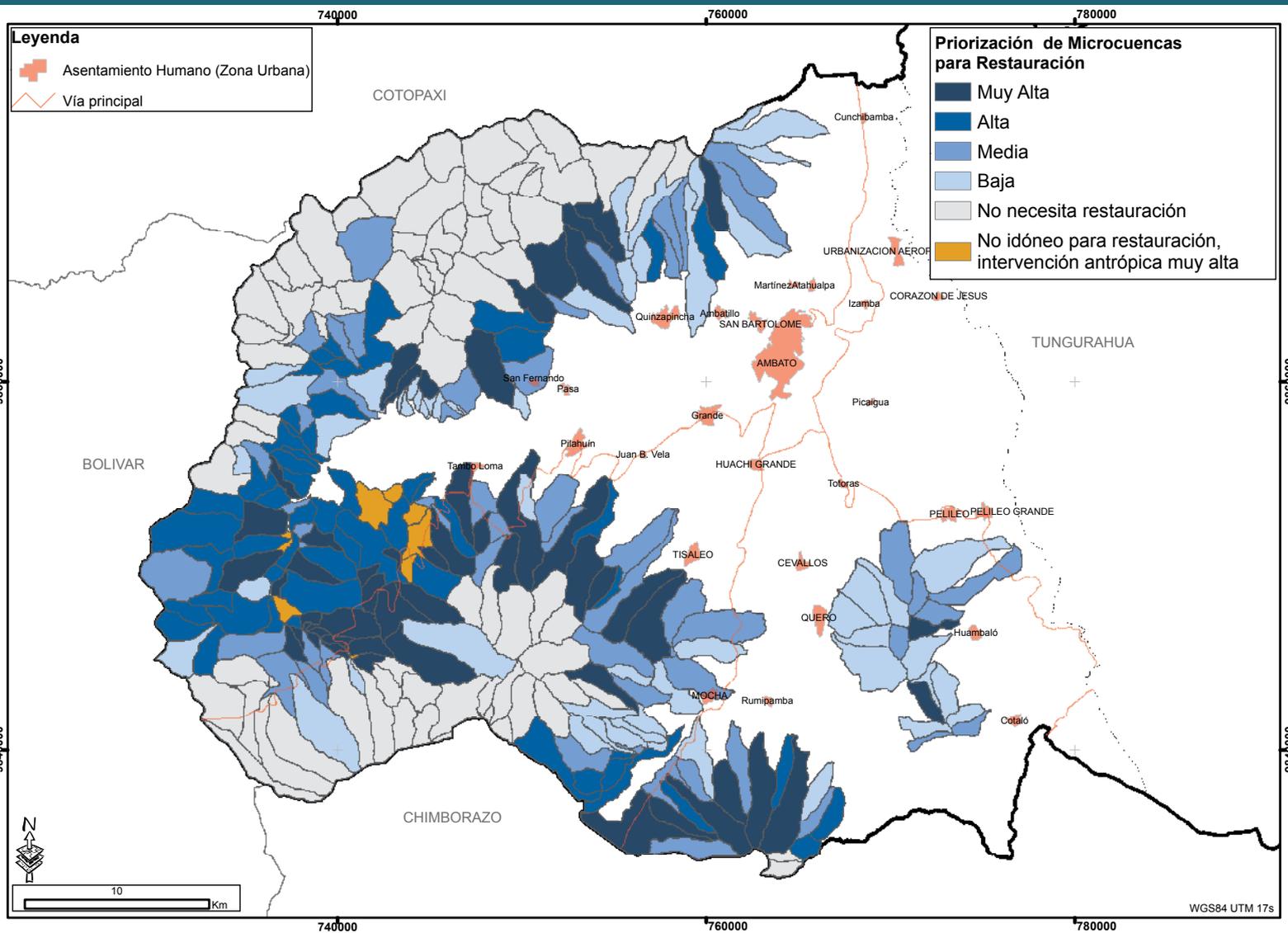


Figura 14. Priorización para restauración de áreas degradadas. Considera aspectos de provisión de agua y avance de la frontera agrícola. **Fuente:** Suárez (2018)

Finalmente, para lograr un manejo integral de los páramos, se deben promover prácticas agrícolas sostenibles, que no atenten contra la conservación del suelo y del agua. Hoy en día, la mayoría de la producción en páramo se realiza con tecnologías convencionales, basadas en el uso de agroquímicos que deterioran la calidad del suelo y contaminan las fuentes de agua. Algunos ejemplos de técnicas agrícolas sostenibles son la construcción de terrazas para evitar pérdida de suelo, producción orgánica de alimentos, enriquecimiento del suelo con insumos orgánicos para evitar plagas, uso de plaguicidas orgánicos, entre otros.

Todos los programas que se planifiquen e implementen como parte del manejo de los páramos deben ser evaluados. Por eso es importante darle continuidad al monitoreo (se puede realizar cada 2 o 3 años), midiendo los indicadores presentados en este documento, para determinar los cambios a lo largo del tiempo. Cuantificar los cambios aporta a la toma de decisiones informadas, a la aplicación de acciones correctivas oportunas en el manejo de los páramos y a la actualización de los planes de manejo de acuerdo a la información generada.



Referencias bibliográficas

- Arshad, M. A., B. Lowery y B. Grossman. 1996. *Physical Tests for Monitoring Soil Quality*. Pág. 123-141 *Methods for Assessing Soil Quality*. SSSA Special Publication, Madison, Estados Unidos.
- Begon, M., C. R. Townsend y J. L. Harper. 2006. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. 4ta Edición. Blackwell Publishing, Reino Unido.
- Cadotte, M. W., K. Carscadden y N. Mirotnick. 2011. *Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services*. *Journal of Applied Ecology* 48: 1079-1087.
- Carrera, M. I., M. Sáenz y M. Bustamante. 2016. *Lineamientos para la actualización de los planes de manejo de páramos de la provincia de Tungurahua*. Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua/ Fondo de Páramos Tungurahua/CONDESAN-Proyecto EcoAndes., Ambato, Ecuador.
- Daily, G. C., S. Alexander, P. R. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P. A. Matson, H. A. Mooney, S. Postel, Schneider, S. y D. Tilman. 1997. *Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems*. Ecological Society of America Washington (DC). Washington, Estados Unidos.
- Hofstede, R., R. Coppel, P. Mena-Vásquez, P. Segarra, J. Wolf y J. Sevink. 2002. *The conservation status of tussock grass paramo in Ecuador*. *Ecotropicos* 15: 3-18.
- Hofstede, R. G. M. 2001. *El impacto de las actividades humanas en el páramo*. Pág. 161-185 in P. Mena, G. Medina, and R. G. . Hofstede, editors. *Los Páramos del Ecuador*. Proyecto Páramo y Abya Yala, Quito.
- MAE. 2013. *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural, Quito.
- MAE. 2014. *Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental año 1990*. Ministerio de Ambiente de Ecuador, Quito, Ecuador.
- MAE. 2017a. *Mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental año 2016*. Ministerio de Ambiente de Ecuador.

- MAE. 2017b. *Mapa de bosque-no bosque del Ecuador Continental año 2016*. Ministerio de Ambiente de Ecuador, Quito, Ecuador.
- Mena Vásconez, P., y R. Hofstede. 2006. *Los páramos ecuatorianos*. Pág. 91-109 in R. Moraes, B. Ollgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius, and H. Baslev, editors. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- Ortiz, E. y Peralvo. 2016. *Mapeo de patrones de cambio de uso y cobertura de los páramos occidentales de la provincia de Tungurahua*. Pág. 31. Reporte de resultados, CONDESAN, Quito.
- Pinto, E. y F. Cuesta. 2018. *Monitoreo de biodiversidad y contenidos de carbono en un gradiente de degradación en los páramos de Tungurahua*. Pág. 30. Reporte de línea base, Fondo de Páramos de Tungurahua y Lucha contra la Pobreza, CONDESAN, Ministerio de Ambiente del Ecuador, Quito.
- Podwojewski, P., J. Poulenard, T. Zambrana y R. Hofstede. 2006. *Overgrazing effects on vegetation cover and properties of volcanic ash soil in the páramo of Llangahua and La Esperanza (Tungurahua, Ecuador)*. *Soil Use and Management* 18: 45-55.
- Podwojewski, P., J. Poulenard, T. Zambrana y R. Hofstede. 2002. *Overgrazing effects on vegetation cover and properties of volcanic ash soil in the páramo of Llangahua and La Esperanza (Tungurahua, Ecuador)*. *Soil Use and Management*, 18: 45-55.
- Poulenard, J., J.C. Michel, F. Bartoli, J.M. Portal y P. Podwojewski. 2004. *Water repellency of volcanic ash soils from Ecuadorian páramo: effect of water content and characteristics of hydrophobic organic matter*. *European Journal of Soil Science*, 55: 487-496.
- Ramsay, P. M. y E. R. B. Oxley. 1997. *The Growth Form Composition of Plant Communities in the Ecuadorian Páramos*. *Plant Ecology* 131: 173-192.
- Sklenár, P., J. L. Luteyn, C. U. Ulloa, P. M. Jørgensen y M. O. Dillon. 2005. *Generic flora of the Páramo: illustrated guide of the vascular plants*. Page (P. Sklenár, J. L. Luteyn, C. Ulloa Ulloa, P. M. Jørgensen y M. O., Dillon, Eds.). New York Botanical Garden, Bronx, Estados Unidos.

Sklenár, P. y P. M. Ramsay. 2001. *Diversity of zonal páramo plant communities in Ecuador*. Diversity and Distributions 7: 113-124.

Suárez, C. 2017. *Estudio sobre el estado de conservación de los páramos de Tungurahua*. Page 22. Reporte de resultados, CONDESAN, Quito.

Agradecimientos

Fondo de páramos Tungurahua y lucha contra la pobreza

Organizaciones Campesinas de Pilahuín (COCAP)

Organizaciones Populares y Campesinas Cristóbal Pajuña (COCP)

Frente Sur Occidental (FSO)

Honorable Gobierno provincial de Tungurahua

Instituto de Ecología y Desarrollo de las Comunidades Andinas (IEDECA)



Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina - CONDESAN

Oficina en Lima-Perú:

Las Codornices 253
Surquillo
Tel. +51 1 618 9400

Oficina en Quito-Ecuador:

Germán Alemán E12-123 y
Carlos Arroyo del Río
Tel. +593 2 2248491

condesan@condesan.org • www.condesan.org

Con el apoyo de:

MINISTERIO DEL AMBIENTE



ECOANDES



PERÚ Ministerio del Ambiente

