

ANÁLISIS ANTROPÓGENICO Y DEL CAMBIO CLIMATICO QUE
IMPACTAN LOS PARAMOS, COMPLEJO CRUZ VERDE

Yuli Hernández Sanabria

Programa de Ingeniería Ambiental
Faculta de ingeniería Ambiental y Civil
Universidad Antonio Nariño
Bogotá D.C.
2023

ANÁLISIS ANTROPÓGENICO Y DEL CAMBIO CLIMATICO QUE
IMPACTAN LOS PARAMOS, COMPLEJO CRUZ VERDE

Yuli Hernandez Sanabria

Documento presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero Ambiental

Directora: MsC Vanessa Rodriguez

Programa de Ingeniería Ambiental
Faculta de ingeniería Ambiental y Civil
Universidad Antonio Nariño
Bogotá D.C.
2023

ANÁLISIS ANTROPÓGENICO Y DEL CAMBIO CLIMATICO QUE IMPACTAN LOS PARAMOS, COMPLEJO CRUZ VERDE

ANTHROPOGENIC AND CLIMATE CHANGE ANALYSIS IMPACTING THE PARAMOS, CRUZ VERDE COMPLEX

Hernandez Sanabria, Yuli¹; Rodríguez Rueda, Vanessa²;

¹ universidad Antonio Nariño, Colombia yhernandez48@uan.edu.co

² universidad Antonio Nariño, Colombia, docente, vanrodriguez@uan.edu.co

Resumen:

Los páramos son ecosistemas ubicados en regiones tropicales y subtropicales conocidos por su amplia diversidad especies y brindan una variedad de diversos servicios ecológicos a comunidades locales y ciudades cercanas. Sin embargo, estos complejos están presentando amenazas significativas por factores estresantes globales, como al cambio climático e impactos del uso de la tierra.

Se prevé que el cambio climático tenga un impacto desfavorable en la prestación de estos servicios, pero el nivel de impacto aun no es claro. Por lo cual se analizaron los impactos y retos que los páramos enfrentan debido al cambio climático se evidencia repercusiones cambio de cobertura e hidrología además de esto el aumento gradual de la temperatura y la afectación de biodiversidad en el ecosistema.

Además, se indagan estrategias para la preservación y cuidado del complejo, se hace énfasis en páramo Cruz verde- Parque tecnológico Matarredonda para plantear una medida de preservación, por medio de la metodología de capacidad de carga como una iniciativa para el uso sostenible de las zonas públicas de la reserva

Palabras claves: Paramo, cambio climático, preservación, amenazas, paramo Cruz Verde

Abstract: Paramos are ecosystems located in tropical and subtropical regions known for their wide diversity of species and provide a variety of diverse ecological services to local communities and nearby cities. However, these complexes are leading to important threats from global stressors, global such as climate change and impacts on earth.

Climate change is expected to have an unfavorable impact on the provision of these services, but the level of impact is not clear yet. Therefore, the impacts and challenges that the paramos face due to climate change were analyzed, the repercussions of changes in coverage and hydrology were obvious, in addition to the gradual increase in temperature and the impact of biodiversity in the ecosystem.

In addition, strategies are investigated for the preservation and care of the complex, emphasis is placed on the Cruz Verde moor - Matarredonda Technology Park to propose a preservation measure, through the carrying capacity methodology as an initiative for the sustainable use of the areas. public reservation

In addition, strategies are investigated for the preservation and care of the complex, emphasis is placed on the Cruz Verde moor - Matarredonda Technology Park to propose a preservation measure, through the carrying capacity methodology as an initiative for the sustainable use of the areas. public reservation

Key words: Páramo. Climate change, ecosystems impact, preservación, threats, páramo Cruz Verde

1. INTRODUCCIÓN:

Los Páramos son ecosistemas de montaña alpinos y se encuentran situados en altitudes 3.100 m.s.n.m hasta más de 4.100 m.s.n.m, considerables dentro de la cadena montañosa de los Andes. Las altas precipitaciones cada año, las temperaturas que varían entre 2°C y los 10°C, la singular de la vegetación en el Páramo y esto sumado que la gran mayoría de los suelos del páramo tiene su origen en procesos volcánicos, hacen de estos entornos el lugar óptimo para el acopio y control de las aguas superficiales y subterráneas (Buytaert et al,2006). Sin embargo, están enfrentando diversos desafíos que ponen en peligro su supervivencia. En los últimos años, se ha incrementado la inquietud por la condición de los páramos, debido a las consecuencias del cambio climático, las labores agrícolas, el incremento de actividades humanas y el crecimiento del sector turismo (Cresso,2020).

Los Páramos constituyen hábitats complejos que se encuentran bajo la presión de la alteración del clima, la utilización del suelo y la actividad minera. En cuanto al fenómeno del cambio climático a causa de las emisiones de gases de efecto invernadero, las perspectivas de un incremento significativo en calentamiento, la alteración de la frecuencia y los patrones de las precipitaciones en zonas de mayor altitud ponen en peligro el bienestar de los ecosistemas de los complejos (Buytaert et al, 2011).

Este trabajo, busca analizar los efectos en los páramos ocasionados por el cambio climático cada vez más desafiante, lo que implica explorar estrategias para preservar y resguardar su existencia, se toma como posible propuesta la capacidad de carga turística sostenible lo cual es un desafío crucial entre el equilibrio entre el aprovechamiento turístico con la necesidad indispensable de preservar los ecosistemas únicos y frágiles. A medida que los páramos se han vuelto destinos turísticos populares, se han convertido en un tema importante. Se realiza énfasis en el Complejo Cruz Verde caso de estudio Parque Matarredonda (Laverde,2008)

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los Páramos son ecosistemas ubicados en zonas tropicales y subtropicales. Estas áreas están cubiertas de vegetación de musgos y vegetación adaptadas a condiciones frías y húmedas. Los páramos proveen valiosos recursos a la humanidad como la provisión hídrica, energía, regulación climática y diversidad biológica (Hofstede,2014). En los últimos años existe un incremento en el interés por el turismo y cultural de este ecosistema.

Los páramos se enfrentan a diversos desafíos que amenazan su estado y supervivencia. Los cambios en los patrones climáticos, la deforestación, el crecimiento desmesurado de la agricultura y la explotación minera son elementos que han impactado negativamente en estos ecosistemas. Estos desafíos plantean preguntas acerca de cómo conservar y preservar los páramos, así como la sostenibilidad de los beneficios que brindan en términos de servicio ecológicos (Aguilar,2022)

El páramo cruz verde había sufrido las consecuencias negativas de la urbanización , la agricultura y la explotación del territorio para plantación de cultivos de especies exóticas y minería (Laverde,2008), alguno de los datos entregados por la CAR en el 2015, revelan la cantidad de hectáreas donde el territorio se le ha dado uso para la agricultura, minería, ganadería y urbanización en total son 118.175,91 (ha) equivalen a un 16.11 % de la extensión del páramo, por medio de la implementación del Parque Matarredonda, se prioriza la protección del recurso hídrico y preservación del hábitat (Rene,2018) por lo cual se surge la necesidad de analizar una propuesta para optimizar y garantizar la continuidad de la conservación del ecosistema.

¿Cuáles son las amenazas evidenciadas en los páramos frente a los efectos del cambio climático y su impacto en estos ecosistemas?

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 Páramo

Son ecosistemas localizados en la alta montaña, las altitudes en las que se ubica este ecosistema están entre los 2.900 m.s.n.m hasta los 5.000 m.s.n.m. En este predominan comunidades vegetales tipo matorrales tales como pajonales, arbustos, praderas, tuscales y 73 especies de espeletias más conocidas como frailejones. Los páramos tienen vital importancia en el ciclo hídrico, son únicos en su capacidad de almacenar agua razón por la cual suministrar este para el consumismo humano y el desarrollo de actividades económicas. Dentro de los afluentes que podemos encontrar en el ecosistema están los humedales actuales como ríos, riachuelos, arroyos entre otros.

Figura 1 Complejo situado en Cruz Verde



Fuente: El Tiempo, (2023)

3.1.1 Importancia del páramo

El páramo ha sido conocido por sus significativos roles ecológicos y su aporte ambiental, son estos ecosistemas son reconocidos como estratégicos gracias a su relevancia actuando como regulador en el ciclo del agua, contribuyendo al abastecimiento para consumo de esta, en Colombia a más del 70 % (MADS,2021) y su riqueza biótica y/o flora, además, de su valor científico y ecológico. Una de las funciones que se considera de mayor relevancia es que actúa como fuente primordial de agua catalogando como la fábrica de agua, las esponjas que reciben y almacenan agua continuamente (Hofstede,1997).

La regulación hídrica es un factor crucial que depende de los páramos, preservación de la diversidad biológica y retención del carbono en suelo 1700 TonC/ha y 20 TonC/ ha en la vegetación (Galvis et al, 2021). Además, estos lugares albergan una alta biodiversidad de especies de animales y plantas exclusivas de estos ecosistemas, las que en gran parte se encuentran en riesgo de desaparecer. También son espacios de esparcimiento y turismo, lo que también aporta beneficios económicos a las comunidades locales.

A nivel internacional, los páramos son considerados estratégicos e indispensables, son reconocidos por su aporte a la mitigación de los efectos por el cambio climático y la preservación de la biodiversidad. Por esta razón, el Nudo de Almaguer que aloja aproximadamente el 28 % de los páramos del país entre estos Coconucos ha sido declarado Reservas de la Biosfera y Sitios de Patrimonio Mundial por la UNESCO (Minambiente,2022).

3.1.2 Distribución del Páramo:

Los límites del páramo pueden cambiar de acuerdo a diferentes condiciones específicas de cada región en la que se encuentra. La ubicación geográfica, la topografía, los eventos geológicos y evolución histórica del lugar, así como la latitud, son componentes claves en la determinación de la altitud a la que se ubican los páramos alrededor a nivel global. Según la lluvia, humedad y temperatura promedio anual de la zona, la altura mínima de los páramos puede variar entre los 3000 y 4000 metros (Morales & Estevez, 2006).

En América, los páramos abarcan países como Colombia, Venezuela y Ecuador hasta el norte de Perú (Luteyn,1999) además de encontrarse en las montañas de Costa Rica, a alturas que oscila entre los 3300-4800m, se consideran las cabeceras de América del Sur al recolectar, almacenar y suministrar agua dulce (Buytaert et al,2010). Al norte de Perú, el páramo da paso a la Jalca, un ecosistema que todavía aún está por determinarse si es un ecosistema independiente o hace parte del páramo.

Tabla 1

Extensión de Páramos en Sudamérica

País	Extensión (Ha)
Colombia	2.857.891
Ecuador	1.050.000
Perú	85.496
Venezuela	266.854
Total	3.028.625

Fuente: Informe Regional Grupo Páramo (2001)

3.1.2.1 Colombia

En Colombia el páramo se sitúa entre las tres cordilleras (Oriental, Central y Occidental) y en la Sierra Nevada de Santa Marta. Estos a su vez están distribuidos en 36 páramos. Aproximadamente el 51% se ubican en áreas protegidas para su conservación. Entre estos el complejo Cruz verde, que se encuentra protegido dentro de la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá, esta reserva abarca alrededor de 13,224 ha , de acuerdo a lo establecido con la resolución 076 de 1997, este sirve como ruta conectando los macizos de Chingaza Sumapaz incluyen zonas resguardadas y los parques nacionales naturales en la región están centrados en preservación del medio ambiente de manera sostenible y en garantizar el adecuado suministro de agua (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2006).

Colombia destaca como el país con mayor cantidad de páramos, que equivale aproximadamente al 50 % de los complejos del mundo. Estos están repartidos de la siguiente manera: Boyacá lidera con la mayor superficie, representando un 17.9 % del total nacional, así como la mayor expansión de páramos húmedos. Le siguen en términos de superficie Cundinamarca (13 %) Santander (9.5 %) Cauca (7.9%); Tolima (7.6 %) y Nariño (7.4%) (Instituto Humboldt,2020).

Tabla 2

Clasificación de Complejos de Páramo de Colombia

Sector	Páramo	Número de Complejos
Cordillera Oriental	Perijá	1
	Satanderes	4
	Boyacá	5
	Cundinamarca	4
	Los Picachos	1
	Miraflores	1
Cordillera Central	Belmira	1
	Viejo Caldas- Tolima	2
	Valle- Tolima	1
	Macizo Colombiano	2
Nariño Putumayo	Nariño-Putumayo	3
	Paramillo	1
Cordillera Occidental	Páramos Frontino-Tatamá	3
	Duende-Cerro Plateado	3
Sierra Nevada de Santa Marta	Páramos de Santa Marta	1

Fuente: Los Páramos del mundo, (2007).

3.1.2.1 Ecuador

Los páramos en el Ecuador se sitúan por encima de los 3.500-3.000 metros, son una fracción importante de la admirable diversidad ecológica de Ecuador, un país considerado pequeño, cuenta con diversidad de escenarios ambientales y biológicos mayor que la de naciones mucho más extensas (Mittermeier et al, 1997). La notoriedad y el estudio de esta diversidad ecológica se han dado a lo largo de siglos, gracias principalmente a su ubicación tropical, y a la existencia de las

cadena montañosas, a las corrientes marinas cálidas y frías que fluyen a lo largo de sus litorales. No obstante, solo en las últimas cuatro o cinco décadas se ha intentado establecer un sistema preciso de clasificación para esta diversidad.

3.1.2.2 Perú:

Los Páramos en Perú se ubican entre los 3.000 m y pocas veces sobrepasan los 4.300 m de altura, se encuentra un ecosistema que domina las cumbres y localmente es conocido como Jamaica. Sin embargo, podemos considerarlo como una extensión hacia el Sur del complejo andino (Sánchez, 2012). Es este amplio ecosistema que abarca un área de 21.860 Km^2 y ocupa alrededor del 1,7 % del territorio peruano, las áreas con mayor relevancia están la Cordillera Occidental en la Sierra, que es el centro del Sur Cajamarca. Este cuenta con un área destacada: extensa franja que se extiende desde el Sur del departamento de la región amazónica y la libertad. También, corresponde al grupo y áreas dispersas más pequeñas que hacen parte del Departamento de Piura, este se encuentra cerca al Páramo Sureño del Ecuador (Llambí et al, 2012).

Estos complejos son de alta importancia para el norte del país, ya que de aquí nacen los ríos que van desde las Sierra y los valles de Costa, además de regar los ríos de la Cordillera central, por este motivo la preservación y manejo adecuado son prioritarios para el estado y podría colapsar los ríos de Piura, la leche, zaña, entre otros, si se arruina este ecosistema, puesto que la erosión y la pérdida de la vegetación perjudica el ciclo hidrológico (Hofstede, 2003).

3.1.2.3 Venezuela

En Venezuela, las áreas de Páramo cubren aproximadamente 266.854 hectáreas, de las cuales aproximadamente el 80 % se encuentran en el estado de Mérida, con casi 200.000 hectáreas. Las áreas del complejo se distribuyen a lo largo de la cordillera serranía de Tama, Sierra Nevada Mérida y Perijá. Se han identificado 121 zonas de páramo en la región andina de Venezuela. Una gran parte de estas zonas se localizan a una altitud superior de los 3.000 m.s.n.m, pero en el sur del estado, en el área entre Trujillo y Lara, una gran cantidad de lugares se sitúan a altitudes inferiores a los 3.000 msnm (Monasterio, 1980).

Entre estos páramos se destacan las regiones de alta montaña húmeda de santo Domingo, Apure en la Sierra Nevada; y las áreas estacionales más secos de los buitres, Mucuchíes, los granates que

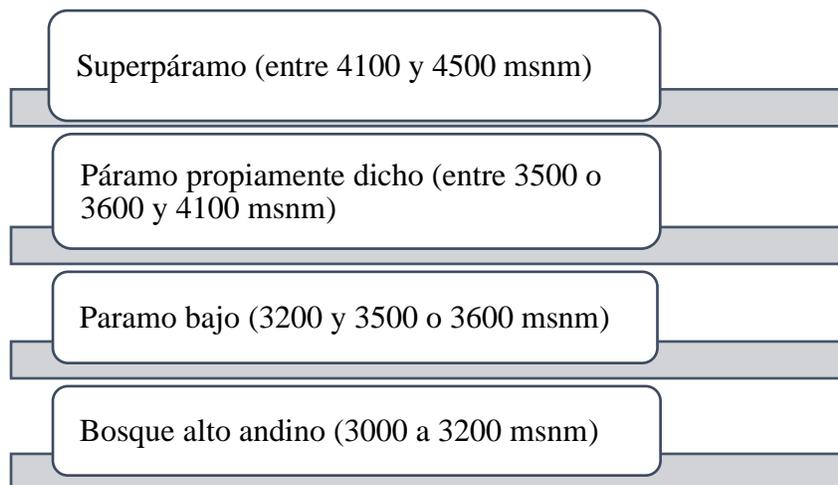
incluyen extensiones de páramo desértico, los páramos se fragmentan al norte de este núcleo central, en las fronteras entre Trujillo y Lara, así como en la serranía de Guaramacal. En la Cordillera de Mérida, contiene una diversidad de ecosistemas debido tanto a la adaptación al medio ambiente como a la injerencia humana. En los distintos niveles ecológicos se ubican los ecosistemas del Bosque altoandinos y Parameros, los cuales destacan por ser uno de los bosques más altos del mundo. También se encuentran hábitats extremos, como el Periglacial y el páramo Desértico (Monasterio,1980).

3.1.3 Caracterización Páramo

El páramo según sus formaciones se cataloga en El superpáramo que se encuentra en su margen superior. El páramo propiamente dicho, el subpáramo o franja alto andina límite inferior. (Cuatrecasas, 1998). De la clasificación del páramo, el de mayor extensión el más asentado ecológicamente es el páramo propiamente dicho, considerado por tener vegetación procedente de los dos ecosistemas previamente mencionados (Arias y Piñeros 2008).

Figura 1

Clasificación del Páramo



Fuente: Restauración Ecológica en el Páramo (2022). Nota: Autoría

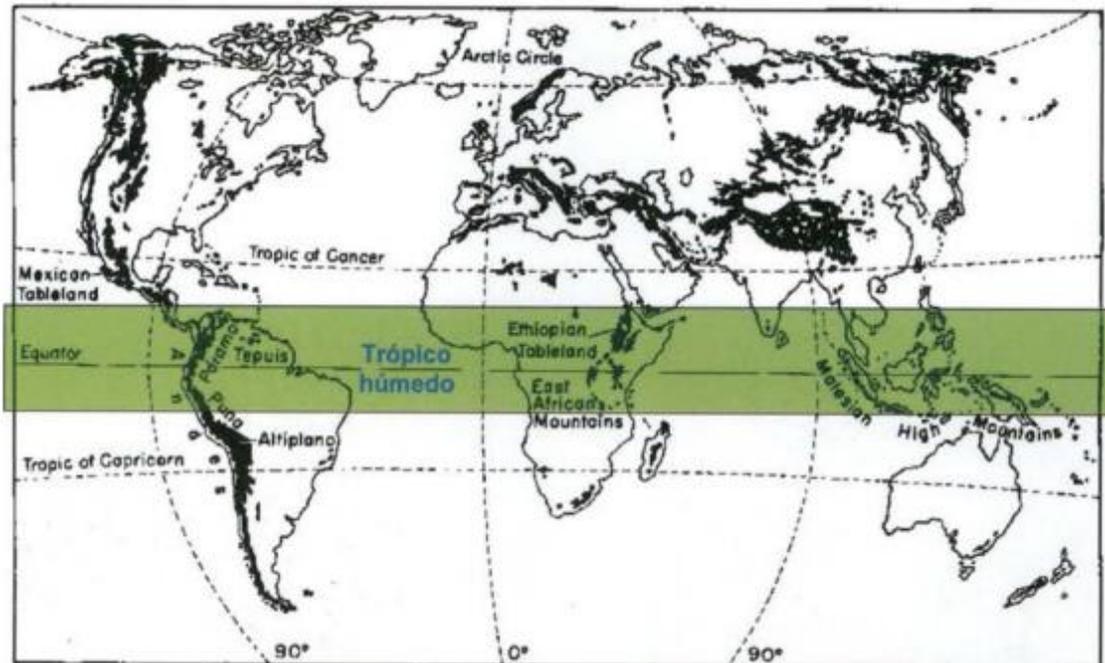
3.1.4 Contexto y Ubicación de los Páramos

En las montañas tropicales se localizan los Páramos donde el bosque se encuentra con la nieve;

estos ecosistemas están restringidos a las regiones ecuatoriales humedad y semihúmeda (Wilhelm,1981). Estos ecosistemas tienen en común que su localización está en áreas de elevada altitud dentro de las regiones tropicales en Asia, Sudamérica y África (Cuesta et al, 2008).

Figura 2

Ubicación de los Páramos



Fuente: Ecología, Hidrología y suelos de Páramos (2012).

3.1.4.1 En África: En este ecosistema también se hallan algunas montañas de clima tropical, ubicadas en las islas que se hallan en medio de los continentes de Asia y Australia, teniendo en cuenta el grupo de islas de Indonesia y Nueva Guinea que comprende seis islas principales. (Llambí et al, 2012).

Los ejemplos más notorios de estos “Páramos” están relacionados con el Kilimanjaro estos son las cumbres de volcanes, en este caso podemos encontrar varias semejanzas entre las lobelias africanas y los frailejones sudamericanos: las dos cuentan con hojas dispuesta en una gran roseta y una densa cubierta de hojas marchitas, apoyadas contra el tronco en forma de resguardo protector. Sus hojas poseen una capa de vellosidades las cuales las resguardan de la radiación intensa típica de dichas

áreas altas de la selva tropical (Ibañez, 2011).

Figura 3

Lobelias Africanas



Fuente: Alamy. (2017)

Figura 4

Frailejones Sudamericanos



Fuente: Wradio.(2020)

3.1.4.2 Asia y Oceanía: En este ecosistema también se halla algunas montañas de clima tropical, ubicadas en las islas que se hallan entre Asia y Australia, teniendo en cuenta el archipiélago de Indonesia y Nueva Guinea que comprende seis islas principales. En Nueva Guinea el páramo se extiende por toda la isla a lo largo desde el Este hasta el Oeste. También se encuentran otros puntos altos en ubicaciones como Puncak Jaya en Irian Jaya, Borneo y otras montañas de altitud cercana a los 3.800 m.s.n.m ubicadas en Taiwán, otras montañas en altitudes inferiores Sumatra, Java, Bali, y Lombok. (Hofstede et al. 2003).

3.1.4.3 Sudamérica: Los complejos se localizan en América Latina, en los Andes de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Esta distribución crea una cadena insular que se extiende desde la Cordillera Mérida en Venezuela, hasta el norte de Perú. En Colombia se ubican la mayor cantidad de páramos, en el norte se encuentra la cordillera de la sierra nevada de Santa Marta, Otros páramos se encuentran ubicados sobre las cordilleras occidental, central y oriental desde Nariño hasta Norte de Santander. En Venezuela en la cordillera de Mérida se encuentran ubicados los páramos del país. En Perú y Ecuador los páramos se encuentran sobre la cordillera de los andes al norte de Perú en territorio conocido como Jalca.

3.1.5 Aspectos generales de Páramo Andino

Teniendo en cuenta una perspectiva mundial, los páramos en Colombia se podrían describirse como zonas elevadas, frescas, lluviosas, nubladas y con una vegetación dispersa que va desde arbustos hasta los famosos frailejones. Por lo cual se exponen, de manera general y abordan diferentes características relacionadas con el clima, suelo y la biodiversidad de los páramos (Minambiente,2023).

3.1.5.1 Clima: El clima de los páramos va en función de la elevación por lo cual puede cálido o frío y también nubosidad con precipitaciones anual varían entre 600 mm (en los complejos secos) 4000 mm (en los complejos húmedos) y temperatura promedio durante todo el año está de 0° C y los 20°C. La comulación de sustancia orgánica se relaciona con un proceso gradual de degradación de materia prima de origen vegetal a causa de temperaturas de inferiores a 10 °C, esto suele generar escasez de nitrógeno mineral en el suelo. (Díaz et al,2005).

Las zonas altas que son afectadas por las corrientes provenientes de la región Amazónica y Orinoquía presentan una alta humedad y exhiben una estacionalidad de precipitaciones muy poco pronunciada (Guzman,2014).

Además de esto los complejos de Colombia y noroccidente de Ecuador que se ven afectados debido a la zona de convergencia ecuatorial de masas de aire, presentan una marcada humedad durante gran parte del año (Llambí et al ,2012).

3.1.5.2 Suelo: La composición del suelo en los páramos de los Andes son diversas, en un gran porcentaje cuentan con una mezcla de materia parental esto permite una gran capacidad para la retención de agua además de nutrientes y piroclasto, por lo tanto, las transformaciones que se pueden generar son tardíos (Gonzalez, 2016). Según Malagón & Pulido (2000), es viable catalogar los suelos taxonómicamente de la siguiente manera:

- Vitrisoles: Son suelos poco profundos y pedregosos que contienen un elevado nivel de arenisca, escasa materia orgánica y una capacidad de retención hídrica muy baja; Se caracterizan por ser extremadamente infértiles (Malagón & Pulido, 2000), los encontramos

en páramos más altos

- **Andisoles e Histosoles:** En regiones intermedias los terrenos presentan una humedad notable, tonalidades oscuras o terrosas y ácido, con una gran capacidad para acumular agua y además en este cuenta con alófanos (Malagón & Pulido, 2000). Estos se pueden encontrar en las elevaciones medias de los Páramos
- **Entisoles, inceptisoles e histosoles:** Suelos con tonalidad oscura, con un nivel de acidez moderado, y baja concentración de calcio, elevada retención de humedad, así como altos niveles de contenido en agua, potasio y nitrógeno total (Malagón & Pulido, 2000).

3.1.5.3 Vegetación: Los páramos tienen un papel fundamental, por su diversidad de flora que alberga. En el ámbito mundial, se considera a los páramos los ecosistemas montañosos con la mayor en variedad de plantas (Minambiente,2023)

Se han registrado aproximadamente 5000 variedades en los páramos. En páramos sudamericanos se puede encontrar alrededor de 3002 a 3998 especies de plantas vasculares (Sabogal & Quinteros, 2013) aproximadamente el 60 % son plantas endémicas (Luteyn,1992). Estas plantas cuentan con raíces, tallos y un sistema circulatorio que les posibilita la dispersión de agua y nutrientes.

La vegetación predominante se caracteriza por ser principalmente expuestas, compuesta de rosetas gigantes, plantago, gramíneas, además de arbustos, *Paepalanthus* y hierbas pertenecientes a la familia de los frailejones (Espinal,1963). Los frailejones tienen una distribución limitada en países de América del sur: Norte de Ecuador, Venezuela y Colombia, mientras que en otros países se encuentran otras rosetas gigantes, pero pertenecientes al género *Puyo*.

Las categorías con mayor cantidad de especies según Llambí et al. (2012) son Frailejones (125) *Pentacalia* (110) *Diplostephium* (72) *Senecio* (67) *Calceolaria* (65) *Valeriana* (58) *Lupinus* (56) *Hypericum* (56) *Miconla* (54) *Gentianella* (51) Los frailejones (*Espeletia*), que son en gran medida responsables de la apariencia de los páramos, cuentan con 43 especies endémicas exclusivas de este país. Se estima que aproximadamente el 10% de los endemismos de la flora colombiana se encuentran en los complejos (Llambí et al, 2012). A continuación, se mencionan los estimados de variedad de especies por país:

Figura 5

Especies de Plantas por país



País	N° de especies de plantas
Venezuela	843
Colombia	1923
Ecuador	1530
Perú	1034

Fuente: Ecología, Hidrología y suelos de Páramos (2012). Nota: Autor.

La flora del complejo se caracteriza inicialmente como abierta, y prevalecen las gramíneas, plantas, pastos y de la familia de los frailejones las gigantes de rosetas. A pesar de que la presencia de frailejones se limita algunas regiones, en los Páramos del norte de Perú, así como en el sur y centro de Ecuador surgen otras rosetas gigantes, aunque pertenecen al género Puyo (Cueva, 2022).

3.1.5.4 Fauna: Los animales que habitan el páramo exhiben características muy notables que los convierten en especies singulares, gracias a su adaptación biológica para resistir los escenarios extremos de radiación y temperaturas muy bajas (Llambí et al ,2012).

Además, se pueden encontrar especies representativas que han sido registradas como en riesgo de desaparecer, amenazadas o en situación de vulnerabilidad entre estos el oso de anteojos, Tapirus pinchaque o el Vultur gryphus (More & Devenish 2015).

Viven aproximadamente 70 especies de mamíferos, hasta ahora conocidas, uno de los animales más notable el puma sudamericano, le majestuoso tremarctos ornatus, la corzuela roja, la danta de montaña y el conejo andino, por mencionar alguno de estos (Llambí et al ,2012).

La cantidad de pescados es escasa, por lo general en las masas de agua los reos son las especies predominantes. Estos peces, introducidos al entorno parecen haber tenido un impacto significativo al reducir la variedad de peces nativos en los complejo Páramos, Además, se destaca que las truchas son peces carnívoros y muy voraces.

3.2. Cambio Climático

Son modificaciones en el estado del clima, que son identificables por medio de pruebas estadísticas, en las fluctuaciones del valor promedio o en la inestabilidad de sus características y estas se mantienen durante periodos prolongados de tiempo, normalmente de varias décadas o períodos aún más extensos (IPCC, 2009).

El fenómeno del cambio climático podría ser ocasionado por diversos procesos internos inherentes a la naturaleza o influenciado por factores externos como variaciones en las erupciones volcánicas, ciclos solares o transformaciones persistentes provocadas por la actividad humana en la forma de utilizar la tierra. Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, se le atribuye las condiciones climáticas, ya sea directa o indirectamente, la responsabilidad a la actividad humana, la cual modifica la composición de la atmósfera, añadiendo el cambio natural del clima que se ha sido registrada a lo largo de los períodos del tiempo (IDEAM, 2023).

El desafío que conlleva el cambio climático es de gran importancia y afecta a diversos ámbitos del saber, ambientales, económicos, sociales entre otros para poder hacer frente a esta complejidad es necesario encontrar recursos integrales que no solo se basen en el conocimiento científico, sino que también va más allá e involucren a diversos participantes (Chacón & Postigo, 2013). En resumen, se debe considerar desde una perspectiva interdisciplinaria que fomente el valor, entendimiento y colaboración entre las diferentes disciplinas y personas involucradas, permitiendo así enriquecerse a través de un diálogo constructivo y una relación de reciprocidad entre las distintas posturas disciplinarias.

3.3.1 Capacidad de Carga

De acuerdo al artículo 26 de la Ley 300 de 1996, La capacidad de carga considera cuántas personas puede soportar un área durante un lapso de tiempo, garantizando la máxima satisfacción de los turistas y un daño mínimo a los recursos. Este concepto incorpora la existencia de límites de

utilización, explícitos por componentes ambientales, sociales y de manejo determinados por las autoridades ambientales.

3.3.2 Metodologías para abordar de Capacidad de Carga

Unas de los estudios más relevantes en el tema, es el propuesto por Miguel Cifuentes 1992, permite tener perspectiva panorámica de las características del lugar incluyendo manejo y restricciones, además de esto permite ser modificada según información tiempo y otros factores. Teniendo en cuenta los siguiente puntos clave de las áreas protegidas, se determina capacidad de carga:

3.3.2.1 Capacidad de carga Física: Se deriva de una zona definida y el número máximo de usuarios durante un lapso de tiempo.

$$CCF = \frac{S}{sp} NV \quad \text{donde:}$$

- S = Áreas disponibles
- sp = Área aprovechada por cada visitante
- NV = Cantidad de ocasiones en las que el camino puede ser recorrido por múltiples visitantes en un solo día

Para el cálculo del número de veces que puede repetirse la visita en el día se usa la fórmula

$$NV = \frac{Hv}{Tv}$$

Hv= Horario de visita (Horas)

Tv= Tiempo necesario para visitar o recorrer cada sitio

3.3.2.2 Capacidad de carga real (CCR): Consiste en determinar el número máximo de usuarios utilizando factores de modificadores que limitan la actividad de los visitantes, incluidos factores compuestos por distintas variables físicas, ambientales y sociales. Estos factores consideran el entorno de visita y no al visitante (Cifuentes,1992).

$$FCx = 1 - \frac{M1x}{Mtx} \quad \text{donde:}$$

FCx: Factor de corrección por la variable x

$M1x$: Magnitud limitante

Mtx : Magnitud total

$CCR = CCF * FC1 * FC2 * FC3 (...) * FCn$, donde:

$$F_{cpre} = 1 - \frac{hl}{ht} \quad \text{donde:}$$

hl = Cantidad de horas de lluvia anualmente restringidas

ht = Las horas en el parque se encuentra abierto a lo largo del año

3.2.2.3 Manejo y carga efectiva: Es obtenida a través de la relación de la capacidad de carga real y la capacidad de manejo (CM) del sitio. La capacidad de manejo requiere de los recursos humanos y económicos, equipos e infraestructura siempre en una escala de 0 – 100 puntos. Es decir, los cambios por las variaciones debido a factores físicos o políticos ejercen un impacto directo sobre CCE. La capacidad de carga efectiva equivale a cuantas personas alcanza admitir para una zona determinada (Cifuentes ,1992).

$$CCE = CCR * \left(\frac{CM}{100}\right), \text{ donde:}$$

3.3.2.4 En Turismo y capacidad de Carga: En su forma más simple, se refiere al máximo número de visitas albergar un espacio, es el límite que no se debe sobrepasar para evitar el deterioro de un recurso.

Propuesta por Watson y Kopachevsky (1996), distingue y exponen los distintos tipos de acogida:

- Ecológico ambiental: Mide cuántas personas puede albergar un espacio físico sin impactar o comprometer los componentes físicos que constituye un ecosistema. Como por ejemplo la flora, el aire, la fauna (2001).
- Física: Hace referencia a la acogida de un sitio y de sus instalaciones para aprovechamiento en actividades para los diferentes visitantes (2001).
- Socio perceptual: Es el grado de consideración por comunidades del área ante la presencia y conductas de las personas que frecuentan el lugar (2001).
- Económica: Implementar ocupaciones turísticas sin que se afecte otras acciones económicas que se consideren de ganancia dentro la región. (2001).

- **Psicológica:** Este tipo de capacidad es rigurosamente experiencia, miden y determinan la satisfacción del turista y su vivencia personal en sus vacaciones, teniendo en cuenta la actitud percibida por la comunidad local, la calidad medioambiental, entre otros.

3.3.2.5 Espectro de oportunidades turísticas y/o recreacionales: Esta metodología desarrollada por Butler y Waldbrook en 1991, evalúa la pertinencia turística de un área y contribuye con recursos para una experiencia recreativa de calidad. La utilización de la metodología precisa una zonificación que tiene en cuenta la dimensión social, establece el tipo y magnitud recibido por área. Para determinar un tope de uso aprobado, se realiza por medio de encuestas realizadas a turistas (Butler,2003).

3.3.2.6 Vivencia de los Visitantes y Preservación de los Recursos : Esta se desarrolló con la finalidad de ajustar el procedimiento de planeación de los Parques Nacionales en Estados Unidos debido a ello se hizo necesario de agregar de los márgenes de cambios permitidos y gestión de consecuencias de los visitantes en el proceso de manejo y planificación. incorpora alternativas para proveer variedad de experiencia a los visitantes además de acciones y monitoreo y abarca interpretación valores y perceptibilidad culturales y naturales (Barba, 2017).

3.3.2.7 Manejo de influencia de Visitantes (VIM): Fue creada por Parques Nacionales y preservación de los Estados Unidos en la década de 1980 con el fin de desarrollar métodos que permitirá estimar los impactos por el turismo en los componentes que hacen parte del sistema y sus las actividades (Spenceley ,2019).

Este proceso de evaluación contiene dos etapas: Inicialmente se conocen los impactos producidos por la utilización de servicios turísticos. La otra etapa incluye los procesos de planeación y organización de zonas determinadas. Los métodos de evaluación practicados por la VIM son semejantes con las formulaciones por LCA, pero esta va más orientada a la percepción del personal encargado (administradores) que a la opinión de a la población en común (Spenceley ,2019).

3.3.2.6 Límites de Cambio Aceptables (LCA): Fue formulada por Stankey y otros autores en 1985 por el Servicio Forestal de los EE. UU como una técnica de manejo y organización. Es una metodología muy completa, se sigue empleando para la organización, planificación y desarrollo turístico. Esta define el máximo aceptable que puede admitirse en un lugar, con relación al uso

recreativo. Dicho de otra manera, se focaliza en las preguntas acerca de que tanta consecuencia negativa es permitida en un lugar y que métodos se deben gestionar para prevenir dichos impactos (Zambrano, 2023).

3.3.3 Marco Legal

En Colombia, la conservación de los páramos está respaldada por un marco legal que busca proteger y preservar estos ecosistemas únicos. Algunas de las leyes y políticas relevantes en Colombia son:

Tabla 3

Normas Nacionales que rigen la conservación y protección Páramo

Norma Alcance	Alcance
Ley 99 de 1993	Gestionar y conservar el medio ambiente y los recursos naturales renovables. Además, se lleva a cabo una reestructuración del sector público relacionado con estas áreas y se organiza el sistema nacional ambiental, conocido como SINA (Ley 99,1993)
Ley 1930 de 2018	Establece los principios y normas generales para la gestión y conservación del medio ambiente en Colombia. Reconoce la necesidad de conservar los ecosistemas estratégicos, incluyendo los páramos, y promueve su protección y uso sostenible (Ley 1930,2018)
Resolución 2090 de 2014	Plan Nacional para la Conservación y el Aprovechamiento Sostenible de los Páramos: Esta resolución establece las directrices y acciones específicas para la preservación y la utilización sostenible de los complejos en Colombia. Propone medidas para la reparación y recuperación de áreas degradadas, así como

	estrategias para el manejo integrado de los recursos naturales (Resolución 2090, 2014)
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto 2811, 1974)
Acuerdo no 002 de 2015	Identificación y delimitación de los páramos: Este acuerdo establece los criterios y metodologías para la identificación y delimitación de los páramos en Colombia. Busca asegurar un enfoque técnico y científico en la definición de los límites de estos ecosistemas, con el fin de garantizar su conservación adecuada (Ley 1523, 2012)
Ley 1382 de 2010	2010 se reglamentó que los páramos estarían excluidos de actividades mineras y de hidrocarburos (Ley 1382, 2010)

3.3.4 Acuerdos internacionales

Debido al valor significativo de los diversos servicios ecológicos proporcionados, los páramos reciben un amparo legal y son considerados vitales tanto por el gobierno nacional como por diversos organismos ambientales a nivel internacional. Algunos de estos acuerdos son:

3.3.4.1 Convención de Ramsar sobre los Humedales: Este tratado internacional está dedicado al aprovechamiento de los humedales, abarcando los páramos. Varias áreas de páramo han sido designadas como sitios Ramsar, destacando su importancia para la biodiversidad y los recursos hídricos. Es fundamental evitar cualquier deterioro en su condición ambiental a través del

fortalecimiento y afianzamiento de la posición internacional del país de acuerdo a los objetivos nacionales

3.3.4.2 Convenio sobre la Diversidad Biológica: Preservan la diversidad biológica, fomentan el desarrollo y garantiza una distribución justa de los beneficios obtenidos de los recursos. Los páramos son reconocidos como ecosistemas frágiles y están incluidos en los esfuerzos para resguardar y preservar la biodiversidad en el marco del CDB

3.3.4.3 CMNUCC: Este tiene como primordial objetivo una reducción las emisiones de gases de efecto invernadero, es un paso fundamental contra las afectaciones climáticas del calentamiento, en la atmósfera para evitar interrupciones antropogénicas con el sistema climático es tratado internacional.

3.3.4.4 Iniciativa de Conservación de los Paramos Andinos: Esta iniciativa regional, liderada por varios países de Suramérica, se centra en la preservación y la gestión sostenible en los páramos de la región andina. Promueve la cooperación y colaboración entre países para proteger estos ecosistemas cruciales. Estos acuerdos internacionales sirven como marcos para la colaboración, el intercambio de ideas y las medidas de conservación a través de las fronteras. Destacan la importancia global de los páramos y la necesidad de colaboración internacional para protegerlos

3.3.4.5 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio Climático (IPCC): Suministra a los responsables de políticas evaluaciones regulares de la base científica del cambio climático, sus secuelas y potenciales amenazas futuras, así como alternativas para ajustarse y mitigar el cambio climático

4. ESTADO DEL ARTE

4.1.1 Significado Histórico del Páramos

El término “páramo” tiene su raíz en la palabra latina “paramus”, cuyo significado es "sitio frío y desolado". Aunque no se conoce exactamente su origen, se tiene conocimiento de que los celtas, antiguas poblaciones de Iberia y regiones partes de Europa del oeste, utilizaron este término (Herrero, 1977).

La formación del páramo es de origen natural y las condiciones favorables surgieron principalmente debido a la tectónica de placas, es decir el desplazamiento de las placas que

componen el espacio geográfico y dan forma al relieve. Estos desplazamientos se han producido a través de los tiempos geológicos de los Andes (Ilambí et al, 2012).

4.1.2 Investigaciones de los Complejos

Las investigaciones del país sobre los ecosistemas de páramo, comienzan de forma práctica finalizando el siglo XVIII e inicios del XIX. Solo desde 1965 se incrementan con énfasis en describir y comprensión natural de los ecosistemas montañosos considerado, entre otras particularidades, variedad de climas, evolución a través de la historia y geoformas; especificando sobre el complejo funcionamiento ecológico-paisajística del páramo; establecer los páramos azonales; compuesto y estructurado de fauna y vegetación de Páramo, subpáramo bosque andino; también análisis sobre los métodos de paramización, entre otros (Sebastián ,2020).

En 1977 en Mérida Venezuela se llevó a cabo el Seminario Internacional Sobre el medio ambiente de Páramo; en 1991 se realizó en Popayán, el Seminario Internacional de alta montaña; en 1993 se llevó a cabo en Bogotá, con la finalidad de incentivar la asistencia interinstitucional en el progreso de investigaciones y trámites en áreas de alta montaña en el contexto del Cambio Climático Global; y con el propósito de explorar el acercamiento de distintos actores como los residentes de la alta montaña con el sector privado, público y las Universidades. En este acto definió el objetivo de crear la Red Nacional de Páramos (Barrera y Monroy, 2007).

En Colombia los ejemplos más relevantes de transformación de Páramos están en Boyacá, Santander y Norte de Santander, donde las áreas de Páramo bajos han sido destinadas para implementación de ganadería. En el siglo XIX, los impactos de las modificaciones eran notables, como en la modificación de los ciclos de agua, la disminución de producción de los suelos, la degradación del ambiente (Tarazona,2021).

Los páramos son considerados biomas de gran importancia y al mismo tiempo, uno de los más frágiles en el norte de Sudamérica, en estos se enfrentan una gran diversidad y endemismo con factores graves de peligro. A pesar de las condiciones topográficas y variables climáticas han resultado muy beneficiosas para el ser humano lo que lleva a la expansión de las ciudades y ha generado la reducción gradual de ambientes nativos por el ajuste de terreno para la ganadería, agricultura, minería, cultivos ilícitos, pastoreo y deforestación. (Morales y Estévez, 2006).

El páramo Santurbán se encuentra amenazado por la explotación minera, que causa daños principalmente como contaminación hídrica, La pérdida de diversidad biológica y la transformación del paisaje, a la vez ocasiona una afectación en la comunidad puesto que, este se encarga de surtir el recurso hídrico en el Norte de Santander y el municipio del departamento de Santander (Tarazona,2021).

Entre otras investigaciones se encuentra la realizada por Rey et. al (2022) donde analiza las consecuencia de la agricultura en la calidad de agua de los hábitats de complejo partiendo de que estos se encuentran amenazados debido a la intensificación agrícola que deteriora las fuentes de agua superficie, se realizó por medio de un monitoreo de una Unidad Hidrográfica aguas arriba en dos regímenes de lluvias diferentes, tomando como partidas cuencas emparejadas y aguas arriba- aguas abajo con el fin de relacionar la calidad del agua de las áreas naturales y antrópicas. Analizaron 22 parámetros entre estos nutrientes, sales, sedimentos y patógenos), por medio de este estudio se evidencia que incrementaron las cargas de agua superficial en nitrato, potasio y escherichia coli generan riesgos de la salud humana y promoviendo la eutrofización.

Este estudio concluye que los usos presentes en el Páramo Berlín entre estos los cultivos de papa cebolleta, y la pecuaria extensiva afectan de forma negativa la calidad de aguas superficiales, se determinó ya que en la investigación se evidencia un aumento importante de los niveles de nitrato, potasio lo que podría afectar el servicio de abastecimiento de agua. Además, el agua en la zona de estudio no cumplió con los estándares de calidad para que este pueda ser utilizado por la población (turbidez, E. Coli, DBO y DQO) lo que puede conllevar a riesgos en la salud humana y también promover la eutrofización (Rey et. al ,2022).

4.1.3 Delimitación del Páramo

En Colombia el estado reconoce la importancia de los Páramos normas, leyes y políticas desde 1970, por la Constitución y la ley 99 de 1993 por lo tanto en diversas ocasiones la legislación ha tomado información de los estudios realizados por el Instituto Humboldt, como una fuente confiable para tomar medidas en correlación con los complejos. Por lo cual se determinó por medio de la ley 1382 de 2010, que en estos ecosistemas no podrían llevarse a cabo acciones mineras solo a excepción de las que ya tengan con la respectiva licencia.

Para esto se tiene en cuenta el Atlas publicado por el Instituto Humboldt, Ministerio de Ambiente

y el IGAC en 2007 de páramos de Colombia, que identifica una extensión 1'933.040 ha este entorno con mapa elaborado a escala 1:250.000. partiendo de este por requerimiento del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con la colaboración por la CAR y el instituto Humboldt en 2011-2013 creó una cartografía de los páramos colombianos, con mapas realizados en escala 1:100.000 identificando 2'906.137 Ha en 36 complejos de páramos.

Los Humedales tiene que ser delimitados a escala 1:25.000 teniendo como base estudios ambientales, sociales, técnicos y económicos según determina la Ley 1450 de 2011 que expide el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 y se asigna a la CAR la elaboración de dichos estudios según el decreto 3570 de 2011 y decreto 1468 de 2018, la Ley 1753 que expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 asigna al ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible como el encargado de realizar la delimitación de los páramos. En la Ley 1955 del 2019 mantiene la figura de ministerio de ambiente responsable de estos ecosistemas implementando el FONAM como entidad para el manejo de cuentas y financiamiento en el ministerio de Ambiente,

La delimitación del complejo de Páramo Cruz Verde fue por medio de la Resolución 1434 de 2017, siguiendo las directrices establecidas en la Constitución Política de Colombia, específicamente en los artículos 8,58, 79 y 80, establece la obligación del Estado como de los habitantes de resguardar tanto los recursos de conservación histórica como los naturales del país; además, se reconoce que la propiedad tiene una finalidad en la sociedad y acarrea obligaciones, incluyendo una responsabilidad ecológica inherente

Es responsabilidad del Estado planificar y garantizar, la subsistencia y reparación de dichos recursos, así como también cuidar la diversidad y la pureza del entorno natural, especialmente preservar las zonas de relevante importancia ecológica; Además, la sentencia C-431 establece que es responsabilidad del Estado proteger y preservar la diversidad y la integridad del medio ambiente, salvaguardar los bienes de la naturaleza del país y conservar las áreas de especial importancia ecológica, entre otras medidas (Resolución 1434, 2017).

4.2.1 Servicios Ecosistémicos frente a las condiciones Climáticas

Está investigación realizada por Diaz et. al (2021) evalúan el impacto a futuro del cambio climático en los servicios proporcionados por los complejos de importancia crítica en Boyacá que

representan 10 % de los páramos del mundo y el 24 % de Colombia. Cabe señalar que estos páramos cubren más del 25 % del territorio de Boyacá y están sufriendo un deterioro acelerado debido a las variaciones climáticas, prácticas de uso de suelo y sobreexplotación.

El acrecentamiento de las temperaturas y las alteraciones en las lluvias ya han causado un desplazamiento hacia arriba del límite inferiores de los páramos en algunas áreas y las proyecciones futuras sugieren impactos significativos en algunas de las especies de plantas más emblemáticas, con la posibilidad de que su extensión se reduzca en aproximadamente un 50 % en los próximos treinta años. Como consecuencia se estima que a nivel de especies entre el 10 % y el 47 % de las especies endémicas andinas podrían desaparecer para el año 2100 (Diaz et al, 2021).

Para hacer el análisis Se seleccionaron 103 especies fundamentales basados en sus usos y funciones ecológicas relacionadas con los servicios que prestan y su distribución geográfica para comprender qué servicios ecosistémicos podrían verse más afectados y en qué magnitud, se compararon los cambios desde el presente hasta las condiciones futuras utilizando todos los GCM.

Se estima que los páramos de Boyacá sufrirán incrementos en las temperaturas y una mayor variabilidad estacional debido al cambio climático en el 2050, además impactos en los servicios económicos pueden cambiar el dinamismo social y económico de la población local, afectando los medios de vida de las comunidades (Diaz et. al 2021).

En otra investigación realizada por Buytaert et al (2011) donde se analizan los repercusión e impactos potenciales del cambio climático en los bienes ecológicos de las zonas alpinas tropicales y proporciona una evaluación integrada de las posibles amenazas globales en los procesos ecosistémicos más importante, se analizó que el cambio climático ocasionará la alteración de los límites de los ecosistemas y una considerable disminución en el área total de las regiones alpinas tropicales.

Provocando el desplazamiento y aislamiento adicional de las áreas que quedan y esto a su vez resultará en las extinciones de las especies y la disminución de biodiversidad. Además, las condiciones del suelo más secas y cálidas aceleran la descomposición del carbono orgánico, lo que resultará en una disminución en el almacenamiento del carbono subterráneo, las modificaciones en los modelos de precipitación, el incremento de la evapotranspiración y los cambios en

características del suelo tendrán una consecuencia significativa en el abastecimiento de agua (Buytaert et .al 2011).

4.3.4 Contexto histórico del Páramo Cruz Verde

Este ha sido un territorio que ha brindado la oportunidad de sobrevivir en él, donde el hombre se ha beneficiado para sobrevivir y en múltiples ocasiones aprovecharse y enriquecerse por medio de este, durante el Siglo XIX ocurre alteraciones radicales del paisaje por la explotación que predominó en los bosques de quina, y algunas personas obtuvieron terrenos baldíos con la finalidad de explotar los bosques.

Adicionalmente Según Hammen y otros autores hacia 1980 se generó una modificación en la Vegetación y de uso en los páramos, esto fue notorio por medio del aumento agrícola y su tecnificación lo que generó un aumento de tal actividad; igualmente ocurrieron cambios relevantes en los cultivos y en las coberturas, transformándose en parte de las áreas de páramo y subpáramo, estas están mayor primordialmente destinadas a la producción de cultivos de papa y frecuentemente se utilizan como territorios de pastoreo. (Soto y Ospina, 2000).

A partir de esta época se comenzó la modificación del ecosistema, cambiando su forma; La obra de la vía que conecta Usme y Sumapaz tuvo una importancia crucial, ya que provocó la división en el páramo puesto que se trazó a una altitud de 3000 metros sobre el nivel del mar, adicional a esto los grupos guerrilleros que circulaban por el Páramo en su premura de trasladarse a los llanos orientales comenzaron con la construcción de un carretera, por lo cual se requirió de equipo y explosivos, también de los materiales que se extrajeron para la realización de la obra que apoyó a destruir una importante parte del complejo, puesto que se vio la necesidad de recurrir a los recursos minerales de lugares cercanos para acelerar la construcción de la vía, esto causó que efectuarán de manera ilícita la minería (Comisión de la verdad ,2019).

El complejo se ha visto afectado por la agricultura puesto que se arrasaron gran cantidad de terrenos en el 2005 para llevar a cabo esta labor, además de otras actividades como la deforestación que implica la tala de frailejones, quemas, utilizar fertilizantes para que se puede realizar zanjas y cultivos entre esto de habas y arvejas (Tiempo,2008).

Igualmente, de manera indirecta se generó una afectación al complejo por parte de los traficantes

que extraen de manera ilícita madera, lo que generó fogatas mal manejadas que acabaron en incendios forestales, y comprobaron por parte de las entidades ambientales la destrucción de 1000 ha en 2 meses, un aspecto adicional es el impacto generado por el turismo sin control que no considera la capacidad real que afectó el medio ambiente (Tiempo,2008).

El investigador Álvaro Celis señala que los páramos han sido perjudicados por las causas antrópicas donde se tienen en cuenta dos factores, uno son los impactos locales como la propagación de especies invasoras y no nativas que perjudican la diversidad biológica y provoca incendios en el complejo y la otra se refiere al cambio climático (UDEC,2022).

La gobernación de Cundinamarca y de la Corporación Autónoma Regional (CAR) son conscientes de estos problemas, las soluciones no pueden implementarse de manera inmediata debido a la necesidad de fortalecer a los pequeños productores y a las empresas familiares de campesinos. De esta manera, se busca lograr que cultivos y emprendimientos sean igualmente sostenibles y sustentables (CAR,2023).

4.3.5 Parque Matarredonda

El Parque Matarredonda, se encuentra localizado entre los 3000 y 3600 m.s.n.m en el Páramo Cruz verde, entre los municipios de Choachí, Ubaque y Bogotá este parque ocupa un área de 1.847,5 hectáreas, de las cuales 1.267,8 ha al Páramo Cruz verde. Ubicado cordillera Oriental de los Andes Choachí, Colombia (Zuñiga,2020). Matarredonda, el nombre de la reserva, hace referencia a un tuno esmerado un árbol endémico de los Andes. (Mejía ,2018).

Según habitantes el Parque se le conoce como “Fábrica de agua” y reserva natural, un lugar venerado para los Muisca por lo cual fue nombrado KAVINTUCA. (Camargo,2016). En el Parque Tecnológico Matarredonda brotan importantes fuentes de agua que favorecen a la ciudad de Bogotá y otros municipios. En cumplimiento de decisiones de autoridades ambientales “El Parque Ecológico Matarredonda” al ser una reserva forestal, en los últimos años los propietarios la familia Sabogal, se han apartado de lo que antes eran las labores agrícolas y ganadería, e implementando nuevas estrategias como alternativa como lo son el Ecoturismo y sostenibilidad de páramo (Rene, 2018).

Esta zona a pesar de estar protegida, ha sido varias veces intervenida con explotación minera desde

el 2015 por la compañía Cosargo SAS, para adquisición de arenisca el cual es utilizado en construcción, además de esto la extracción recurso hídrico del Parque Matarredonda (Romero,2015).

4.3.6 Base socioambiental del Parque Tecnológico Matarredonda

El parque Tecnológico Matarredonda está localizado en el km 18 de la vía Bogotá-Choachí en el sector Verjón, que cuenta con cuenta con múltiples encantos naturales que se conectan a través de rutas ecoturísticas donde se realizan caminatas, algunas de los principales atractivos y servicios que ofrece este parque son:

4.3.6.1 Camino real: Es una senda ancestral que conectaba las extensas llanuras colombianas con Bogotá. Cruzaba el frío páramo de Cruz Verde hasta alcanzar Choachí, donde continuaba su camino a través del páramo de Chingaza hasta llegar a San Juanito, en el departamento del Meta (Rene,2017).

En el Parque Ecológico Matarredonda se encuentra una parte de este antiguo camino que fue construido con piedra de manera manual, y donde se logró el intercambio de alimentos y transporte de animales y personas, tanto para los muiscas como para los campesinos locales, hace unos 200 años, lo cual lo convierte en un lugar sumamente atractivo para los visitantes que buscan apreciar su importante legado cultural (Camargo,2016).

4.3.6.2 Geología: Esta área se encuentra ubicada dentro de la formación de Guadalupe, la cual se caracteriza por ser una formación de arenisca resistente. Principalmente está compuesta por arenisca cuarzosa de tonalidad gris clara, con un tamaño de grano que varía desde fino hasta medio. Esta arenisca se encuentra dispuesta en gruesas capas de aproximadamente un metro de espesor, aunque en ocasiones puede llegar a alcanzar los 10 metros (Mejía ,2018).

4.3.6.3 Clima: Las distintas zonas ecoturísticas del parque experimentan variaciones climáticas debido a factores como la altitud, la humedad relativa y la presencia de cuerpos de agua cercanos. En promedio, el parque presenta una temperatura de 10.3°C, con una temperatura mínima de 8°C y máxima 12 °C. Su altitud varía entre los 3.100 y los 3.600 metros sobre el nivel del mar, con una media de 3.400 metros. Además, se caracteriza por tener una humedad relativa del 85% (Rene,2017).

4.3.6.4 Fauna: Este ecosistema se distingue por tener una vegetación de perfil bajo donde se destacan las familias de Asteraceae Bromeliaceae, Calamagrotis Efusa, Chasquea Tesellata, Poaceae y Clusiaceae (Llambí et al,2012).

4.3.6.4 Suelo: Debido a las particularidades climáticas que presenta, el suelo del parque mantiene una cantidad significativa de materia orgánica poco descompuesta y posee un buen drenaje, lo cual lo convierte en un terreno fértil para llevar a cabo actividades agrícolas, como ocurre en las fincas cercanas. Sin embargo, dado que se encuentra ubicado en un páramo, su uso principal es como reserva forestal y conservación de cuencas, a excepción de los senderos y espacios designados específicamente para el desarrollo de actividades ecoturísticas (llambí et al,2012).

4.3.6 Antecedentes Capacidad Carga o Acogida

La capacidad de carga surgió a mitad de 1930, esto con el fin de ajustar la intensidad y constante creciente y sostenidas del uso recreativo, para mantener las condiciones naturales de la Reserva Ambiental Estados Unidos, fue principalmente empleado en el uso de fauna para especificar la cantidad máxima de animales que pueden alimentarse de un espacio sin causar perjuicio al suelo o el crecimiento de la vegetación, también para medir el número de individuos que pueden disponer el área sin afectar y/o modificar sus propiedades ecológicas fundamentales (Cortés, 2009).

En la de década de 1960 y 1970 su utilización es basada en las características sociales se avanzó con un sistema que permite establecer restricciones, en cuanto al aforo de los parques, espacios vigilados con la finalidad de salvaguardar y cuidar los recursos naturales, culturales y especificar desde donde se inicia las amenazas destructivas (Cifuentes,1992).

A mediados de los años 1990, los estudios vinculan la idea de sostenibilidad, aparece el método para examinar la capacidad de administración de reservas en Latinoamérica, este enfoque facilita la definición de términos y fija lineamientos para organizar y administrar las visitas en zonas protegidas (Cifuentes,1992). Otros investigadores aportan a esta propuesta un método que posibilita la reevaluación de valoraciones de la capacidad de carga de manera frecuente, a esto se adiciona la herramienta para establecer la capacidad de carga turística.

A continuación, se presentan algunos estudios realizados de Capacidad de Carga y metodologías utilizadas:

Tabla 4

Estudios realizados de Capacidad de Carga

AUTOR	ESTUDIO	OBSERVACIÓN
Miguel Cifuentes (1992)	Análisis de la capacidad de carga turística en zonas protegidas.	Se tienen en cuenta 3 niveles los cuales son Capacidad de Carga física, real y efectiva o permisible
Jaime Durán Flórez (2008)	Creación de un modelo de evaluación de carga con implementación al municipio de Suesca, Cundinamarca	Un modelo matemático que estableció una conexión entre la utilización de un territorio geográfico y diversas variables relacionadas con la gestión, el entorno medioambiental y los aspectos físicos. También toma en cuenta el personal, la infraestructura y el equipo necesarios.
Dueñas Oviedo, Jenny Caroline; Gutiérrez Fernández, Fernando (2014)	Propuesta metodológica para la medición de la capacidad de carga turística. Caso de estudio destino turístico de Leticia Amazonas	Emplea la metodología de Cifuentes
Fernando Gutiérrez Fernández at., (2015)	Cálculo de la acogida de carga turística en Tarapoto–	Emplea la metodología de Cifuentes

Juan Daniel Gómez Ardila, Sánchez Fernando Fernández (2016)	Anamaria Suárez, Gutiérrez	Determinación de los límites de cambio aceptables (LCA) en el trayecto de las lagunas de Siecha ubicadas en el PNN chingaza en Colombia	Emplea Metodología Limite de Cambio Aceptable
----------------------------------------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------

Nota: Elaboración propia

OBJETIVOS

GENERAL

Analizar el estado de los Páramos e identificar una medida de protección para preservar su integridad ambiental

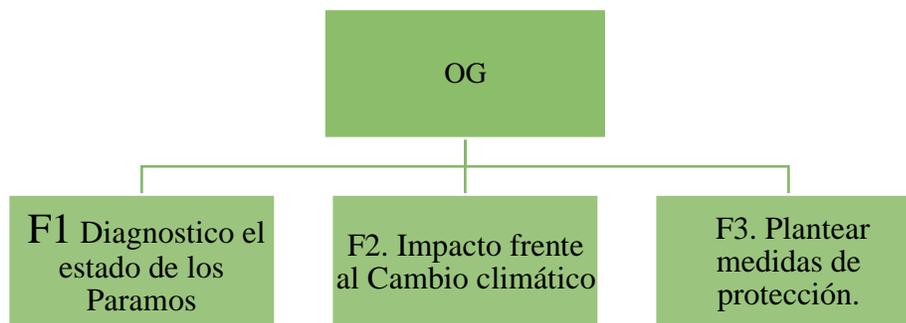
ESPECÍFICOS

- Revisar el estado de los Páramos a nivel nacional e internacional
- Identificar los principales impactos en el páramo frente al cambio climático
- Formular una propuesta para la protección del Páramo Cruz verde caso de estudio Parque tecnológico Matarredonda

5. METODOLOGÍA

Figura 6.

Esquema de Metodología



Fuente: Autor

Las características de la investigación a realizar un estudio se ajustan a una evaluación del estado de los páramos frente al cambio climático y propuesta de una capacidad de carga turística, se llevará a cabo una metodología descriptiva, para llevar a cabo y alcanzar cada uno de los objetivos propuestos se plantea desarrollar:

5.1 Analizar el estado de los Páramos

-Realizando la validación de evaluaciones y estudios realizados por entidades gubernamentales, grupos de investigación, artículos entre otros documentos, donde se han documentados las problemáticas encontradas en los diferentes páramos, tales como las consecuencias del cambio climático, ganadería y agricultura, incendios, minería entre otras problemáticas, de este modo podemos establecer si existe una relación entre los diferentes páramos y sus problemáticas.

- Impactos y afectaciones, identificadas las problemáticas características en los páramos, también se ha documentado las consecuencias y afectaciones más considerables que se han observado en

los páramos que han estado relacionadas con las problemáticas anteriormente mencionadas o por la intervención de los seres humanos.

- Planes de prevención. En la documentación revisada identificamos las diferentes estrategias y recomendaciones establecidas por entidades en cuestión con el objetivo de mitigar los impactos y las problemáticas observadas en el páramo

Realizando la verificación de las problemáticas, consecuencias y las estrategias que se han implementado para la preservación de los páramos es posible realizar una idea del estado actual de los páramos a un nivel general

5.2 Impacto frente al Cambio Climático

- Búsqueda de Información Revisión de Bibliografía como organizaciones internacionales UICN, IPCC que abordan la relación entre los páramos y el cambio climático además de investigaciones

. Recopilación y análisis de datos: Se recopila información relevante sobre los impactos frente este, como estudios de campo, proyecciones del calentamiento

- Sistematización y Organización de la Información: Analizar los factores que hacen que los páramos sean vulnerables al cambio climático (altitud, Alto endemismo de especies, cambios hidrológicos, cambios en el uso de tierra), realización de esquemas con las principales amenazas

5.3 Planteo de medidas de conservación.

- Por medio del estado del arte, realizar una evaluación para la implementación de una medida de conservación.

-Búsqueda en base de datos de artículos sobre distintas metodologías de capacidad de carga para preservar los ecosistemas estratégicos en parques naturales.

-Análisis Con base a estudios de capacidad de carga como una propuesta de conservación del Páramo se propone como la metodología recomendada por parques nacionales Naturales para evaluar los efectos del ecoturismo. Se sugiere la metodología acogida de carga propuesta por Miguel Cifuentes a las características del Parque Tecnológico Matarredonda

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 Problemáticas identificadas en los páramos.

El cambio en el 67% de las coberturas naturales de la alta montaña en Colombia se debe en gran parte a la expansión de las industrias y al establecimiento y crecimiento de las comunidades humanas. El desarrollo de estas actividades humanas reduce el tamaño y altera la composición de los complejos, al mismo tiempo que afecta a su fauna, vegetación característica y a los beneficios ecosistémicos que proporcionan, especialmente los relacionados con el suministro y regulación de agua (Cadena et al. 2015).

La principal afección en los páramos es la influencia del ser humano en el ecosistema, esto para las ciudades como Mérida, Quito y Bogotá se encuentran en altitudes altas muy próximas a este ecosistema, caso de Bogotá y su proximidad con el páramo de Sumapaz. Estas ciudades las cuales cuentan con un gran número de habitantes y cuya fuente hídrica son precisamente suministradas por los páramos que las rodean constituyen una gran problemática para el ecosistema que cada vez se ve más reducido en su capacidad hídrica. En una ciudad como Quito se estima que la demanda de agua por persona es de 250 litros al día (Salazar,2022).

La influencia humana en los páramos se intensifica con otra de las grandes problemáticas que atraviesan los diferentes páramos como la presencia de agricultura y ganadería en el ecosistema. El cambio en la vegetación y fauna del ecosistema debido a estas actividades ha ocasionado que se tomen las medidas para mitigar y corregir este déficit, Según datos de Sarmiento et al. (2013) reportan que entre 1985 y 2005 se presentó una disminución al 7 % en las coberturas de páramo, perdiendo esta una extensión de 4 000 hectáreas de páramo cada año.

Los páramos han tenido que sobrevivir a los diferentes incendios forestales esto se ha agudizado con los efectos del cambio climático y un aumento en la temperatura. En el 2023 las altas temperaturas en los meses de enero y febrero ocasionaron gran cantidad de incendios forestales. Afectando municipios como Cauca, Cundinamarca y Boyacá. Debido a estos incendios se vieron

afectadas 400 hectáreas del páramo Santo Domingo en el Cauca y 2.000 hectáreas del páramo de las Alfombras en Boyacá.

Se estima una fracción significativa de los páramos han sido modificados y convertidos en zonas rurales dedicadas a la agricultura, tales como pastos, cultivos entre otras, en Ecuador dice que aproximadamente el 45 % de complejo original ha experimentado una transformación hacia agroecosistema, mientras el 35 % son destinados para la ganadería intensiva (Hofstede, et. al, 2014)

Algunos autores plantean que un porcentaje considerable de los Andes del norte del Norte se encuentra afectado de manera significativa por acciones humanas, en especial en los bosques de la montaña y también en zonas de pino tropical, en la imagen presentada investigación realiza Peyre, et. al (2021) se evidenciaron las clases de cobertura del suelo estrictamente antropogénicas, como cultivos praderas, solo cubren el 12 % de la región del páramo, no obstante, se observa que adquieren mayor relevancia en Ecuador y específicamente en Colombia en las inmediaciones de zonas altas habitadas como Quito y Bogotá. Conforme a los hallazgos obtenidos, es común encontrar cultivos y prados contiguos.

Se confirmaron el dominio de tres clases de vegetación natural: matorrales, pastizales y rosetas totalizando el 65 % de la extensión del páramo. Los matorrales se encontraban dispersos de manera equitativa entre las naciones, al mismo tiempo que los pastizales predominan especialmente en Ecuador y Perú y las formaciones en rosetas son más comunes en Colombia y Venezuela. En el análisis se identificó los escasos glaciares que quedan y su vegetación periglacial cercana, así como amplias y las vastas extensiones rocosas y desérticas, Estas áreas desérticas, considerando a la Montaña Chimborazo y el Parque Nacional Cocuy como ejemplos, exhiben diversos tipos de intervención humana debido a sus condiciones ambientales particulares (Peyre,2021)

6.1.2 Efectos de estas problemáticas en el Páramo: La problemática que mayor impacta los ecosistemas de páramo han sido el aumento de temperatura debido a los cambios climáticos. Ocasionalmente una variación y pérdida en la flora y fauna encontrada en el páramo, provocando que varias especies desaparecieran de algunas regiones del páramo. Recordando la interacción de estas especies mantiene un equilibrio y le dan al páramo su gran capacidad para realizar de almacenar el agua. El cambio climático también ha producido una alta radiación solar en presencia de una

baja energía térmica. Adicionalmente se ha estimado un incremento de la temperatura ambiente entre +0.4 a 0.9 °C por década (Cresso,2020).

6.1.3 Medidas de mitigación implementadas: Estas medidas corresponden acciones gubernamentales, estableciendo los espacios de conservación los cuales corresponden al 50.46 % del territorio de páramos en Colombia, así 34 % son áreas protegidas por parques naturales. Estas medidas han ocasionado controlar la intervención del ser humano, así como una concientización del territorio y la importación de este (Aguilar,2022).

Tabla 5

Métodos de Recuperación dinámica aplicados en los páramos

Técnica	Método
Siembra de manera directa	Este radica en la inserción directa de las semillas en la zona a ser restaurada. Es una técnica es bastante simple y no demanda de una gran cantidad de trabajo manual, lo cual lo convierte en estrategia económicamente viable
Nucleación	La nucleación requiere de diminutos núcleos de vegetación en terrenos en mal estado, a fin de servir de cimiento o punto de partida para la restauración de la flora.
Generación de dosel y áreas cubiertas de Vegetación	Para crear dosel y coberturas vivas se emplean en un principio de plantas de acelerado crecimiento (arbustivas) y que tengan por lo general ciclos breves.
Cambio de ubicación del suelo	Consiste en extraer la capa superior del horizonte orgánico de un área en proceso de sucesión más avanzada, comprendiendo tanto

la biomasa como los primeros cinco centímetros de suelo. Al trasplantar fragmentos pequeños de suelo que no están degradados, se crean nuevas oportunidades para la recolonización del área por parte de microorganismos, entre otros.

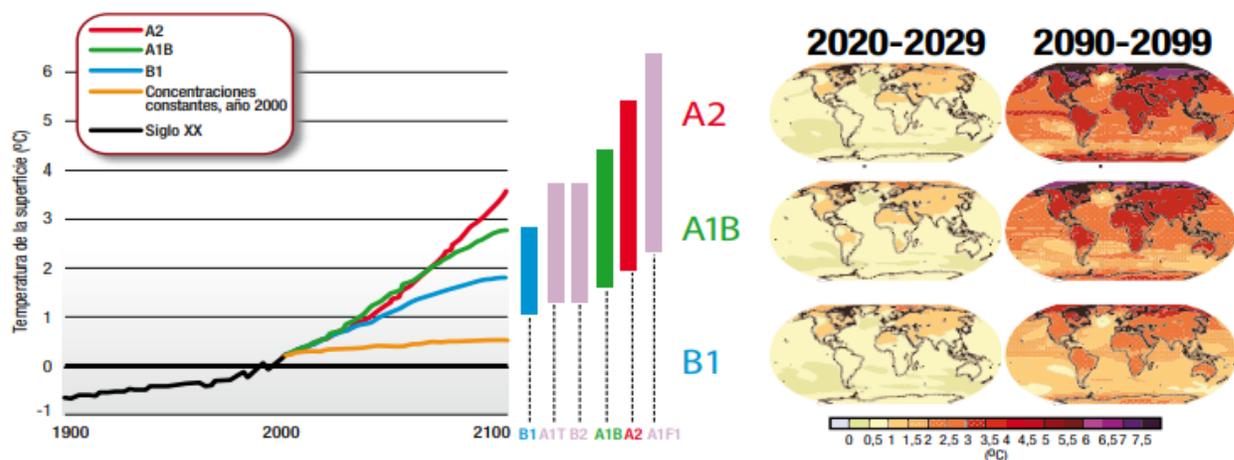
Fuente: Restauración Ecológica en el Páramo (2022).

6.2 Identificar las principales amenazas de los Páramos cambio climáticos

El Acuerdo climático de París representa un compromiso internacional para garantizar que el calentamiento global se mantenga considerablemente por debajo de 2 °C, y se continúen los esfuerzos para limitarlo a 1,5 °C. No obstante, el IPCC muestra que las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) siguen en aumento. Los planes vigentes para afrontar el cambio climático carecen de la ambición necesaria para poner un tope de 1,5 °C al calentamiento global sobre los niveles preindustriales, una cifra que los expertos consideran vital para evitar consecuencias aún más desastrosas. Cuando se sobrepasa este umbral de 1.5°C, los peligros de fenómenos climáticos extremos y la degradación de los ecosistemas se incrementan de forma considerable (UICN)

Figura 8

Proyecciones acerca del calentamiento global de la superficie



Fuente: Fuente: Panel Intergubernamental de Cambio Climático, Cambio Climático 2007, Reporte de Síntesis

En el informe del IPCC en 2023, la tendencia en el calentamiento se prevé cerca 3,5 °C de los 2100, La capacidad de ajustarse a de algunos sistemas ya sean de personas o el ambiente, se ve limitada ante el calentamiento global de 1,5 °C, y a medida que la temperatura aumenta, los impactos negativos y los perjuicios se intensificarán aún más.

6.2.1 Temperatura

Desde la era preindustrial, las temperaturas promedio en todo el mundo han experimentado un incremento de aproximadamente 1°C debido a las acciones de los seres humanos. Además de este aumento global de temperatura, los efectos del cambio climático engloban acontecimientos climáticos extremos tales como sequías e incremento en la elevación del océano (Mundial, 2019).

Especialmente significativo para los páramos que a medida que la altitud aumenta, también lo hace la temperatura, este fenómeno podría ser resultado de la pureza del aire y la reducción en densidad de la capa atmosférica. Específicamente la radiación UV, con su alta carga energética, se ve afectada por esta delgada capa y se entrelaza con una mayor concentración GEI a estas alturas (camelo,2022), de acuerdo a otras fuentes esta situación se origina debido al aumento de la humedad del aire asociado con la evapotranspiración de las plantas, el cual que se intensifica con el aumento de las temperaturas. Como resultado, la tasa en la que la temperatura desciende con la altitud se ve disminuida.

Los páramos en Colombia incluyendo el páramo cruz verde, se ha identificado un aumento en la temperatura media de estos, así como un incremento en la radiación solar y pérdidas en la humedad relativa del aire. Lo anterior genera grandes alteraciones en la flora y fauna las cuales se ven amenazadas por el inminente incremento de la temperatura.

6.2.2 Impacto en la biodiversidad y ecosistemas.

En los Páramos los cambios climáticos a pequeña escala se manifiestan a través de amplias variaciones. El quinto informe dio a conocer nueva evidencia que muestra cómo las especies de plantas que se encuentran generalmente en zonas de elevación media baja están expandiendo sus colonias hacia altitudes más elevadas en las montañas (Steinbauer et al.,2018).

En la actualidad en zonas como los andes existen algunos estudios en los últimos años donde hay una seguridad en que la distribución de numerosas especies de plantas hacia altitudes más elevadas, va en sintonía con el proceso de cambio climático (Morueta et al.,2022) también otras investigaciones que han comenzado a evidenciar patrones parecidos en algunas especies de animales incluyendo las aves (Benjamin et al., 2018).

Las potenciales afectaciones del cambio climático en la flora del páramo son diversas y abarcan el acrecentamiento de la temperatura, las modificaciones en los esquemas de lluvia y humedad atmosférica, así como una mayor exposición a la radiación solar. (Aguilar,2022).

En lo que respecta a las especies frente a este, se puede decir que hay una relocalización, ajuste o desaparición local. Es posible anticipar una interacción entre estos tres mecanismos: un cambio rápido en la distribución de especies podría dar lugar a subir índices de extinción e influir en la fenomenología en especies (Buyteart et al. 2010)

Se puede decir que las especies de estos hábitats son frágiles al cambio climático las principales razones son que se adaptan a particulares condiciones climáticas más rigurosas y ocasionan que modificaciones mínimas en estas condiciones (principalmente, cuando son menos extremas, como consecuencia de incremento de las temperaturas) propician la colonización de otros organismos en los mismos existente, la segunda los ecosistemas de alta montaña son de alcance restringido, se fragmentan con facilidad y las especies se enfrentan a barreras físicas que le impiden desplazarse a otras zonas. Además de la temperatura, existen otras variables climáticas que pueden influir en los límites de elevación de las especies, algunas veces de forma opuesta a la temperatura Por ejemplo un incremento en las precipitaciones podría posibilitar que ciertas especies se ubiquen a menor altitud en climas secos (Aguilar, 2022).

En base de modelos de distribución y condiciones climáticas, así como en la potencial reducción de los espacios habitables bajo diversas situaciones de cambio climático futuro, Cuesta et al. (2008) calculan que aproximadamente el 36 % de las especies de aves (100) el 62 % de otras, desaparezcan o sufrirán daños significativos para el año 2080 en los páramos andinos. En realidad, la vegetación y fauna del complejo experimentaron un impacto mayor en comparación con otros biomas. Los posibles efectos en las especies están altamente sujetos a su potencial dispersión (Hofstede, et. al, 2014).

6.2.3 Repercusión cambio de cobertura e hidrología

Los glaciares usualmente suministran un flujo ininterrumpido de agua proveniente del deshielo para mantener los niveles de los ríos durante periodos de sequía. Dos cuencas en el parque Los Nevados fueron confrontadas: una en la cual un río nace de un glaciar y otra en la cual no se nutre del deshielo. A pesar de que ambas atraviesan vastas áreas de páramo y bosque andino, durante la temporada seca, el río proveniente del deshielo retiene un caudal adecuado mientras que el otro sufre estrés hídrico. Esto claramente señala el impacto inminente de la desaparición de los glaciares de Los Nevados en los ríos que están dependiendo de ellos (Ruiz et al.,2011)

Además, debido al cambio climático, la vegetación se vuelve más susceptible a incendios, ya que los periodos de sequía serán más largos. Esto no implican que habrá más incidentes, que aún son causados por los humanos, sino que los incendios se propagaron hacia áreas más extensas (Aguilar, 2022)

En los humedales dado que son dependiente de un equilibrio hidrológico, un ligero incremento en la variabilidad de patrones de lluvia puede tener un impacto significativo en la vegetación y también en la animales y fundamentalmente en las sustancia orgánica de los humedales (Ayala,2020)

Según la información proporcionada por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), al aumentar la temperatura un grado, alrededor del 7% de la población mundial se verá expuesta a una reducción de al menos el 20% de los recursos de agua.

6.2.4 Impacto sobre actividades productivas

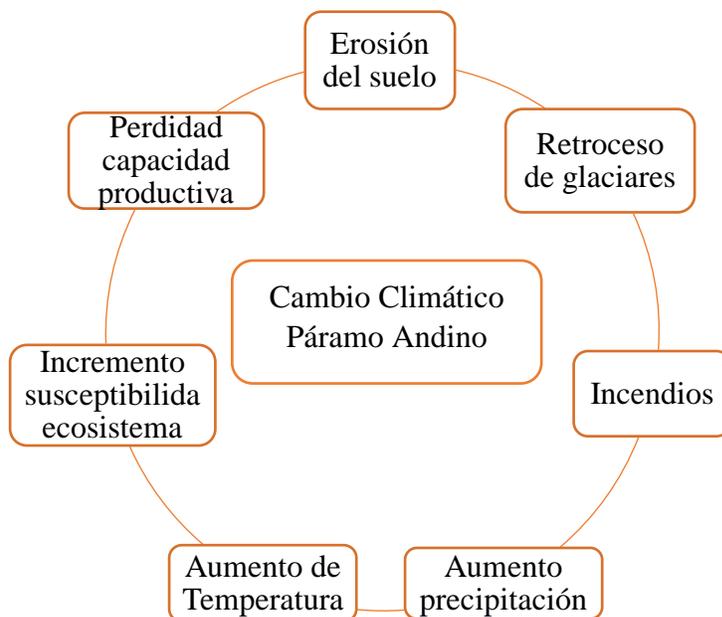
Dada la escasa información acerca de la magnitud real, resulta imposible ofrecer cifras precisas sobre la cantidad del páramo que se está convirtiendo en zonas de cultivo (Hofstede, et. al, 2014) la agricultura se vincula con los páramos debido a que es las principales fuentes de subsistencia para la población, por lo cual los posibles efectos del cambio climático en las cosechas impactan de manera directa tanto el páramo como a la comunidad que se encuentra en relación con ellos. La práctica en cuestión también desempeña una función social relevante, ya que la mayoría de las

zonas de cultivo son unidades de producción pequeñas, principalmente dedicadas a la autosuficiencia. Este tipo de actividad sería una de las más afectadas por el cambio climático (Buyteart et al. 2010)

Según el Panel Intergubernamental sobre el cambio climático, la zona de las regiones tropicales y subtropicales experimentan los mayores efectos negativos en términos de la pérdida de capacidad productiva. A pesar de que existe una conexión entre la agricultura y el clima global, la agricultura está vinculada al clima específico del área y la sensibilidad ecológica propiamente de este (IPCC,2017). Se mencionan algunas amenazas del cambio climático en los páramos

Figura 9

Amenazas del cambio Climático



Fuente: Evaluación y seguimiento de la restauración (2022). Nota: Autor

6.3 Evaluar propuesta para la protección del Páramo Cruz verde caso de estudio Parque Matarredonda

La capacidad de carga que se encuentra en un ecosistema guarda una relación estrecha con el crecimiento del ecoturismo que se lleva a cabo en un área. Analizar esta capacidad permite proyectar en diferentes tiempos el efecto que puede producir la excesiva afluencia de turistas pueden tener en los suelos y el entorno del ecosistema. Según las consultas realizadas y teniendo en cuenta que se busca la protección y conservación y preservación del Páramo Cruz verde específicamente Parque Matarredonda, se propone implementar la Capacidad de Carga planteada por Cifuentes Miguel (1999) según la base socioambiental del Parque.

Para establecer cálculos de capacidad de carga en el Parque Matarredonda se debe tener en cuenta según la metodología lo siguiente:

- Un ser humano necesita de un espacio mínimo para desplazarse sin restricción de 1 metro de longitud, teniendo en cuenta que el ancho debe ser inferior a dos metros.
- Se debe también establecer el promedio para recorrer el Parque Matarredonda y tomar en consideración la longitud de los senderos dentro de este, teniendo un tiempo específico por recorrido para cada sendero.
- Tener en cuenta el periodo de visitas que es el tiempo de la prestación del servicio basada en la duración de los visitantes, para el Parque en este caso es de 8:00 am a 4:00 pm, lo cual traduce en 7 horas por día disponibles.

6.3.1 Capacidad de Carga Física: Relativo al número máxima de visitas en un solo día, para la aplicación de la fórmula se debe tener en cuenta el área disponible a lo largo del sendero, espacio utilizado por cada individuo y la cantidad de veces que una persona puede recorrerlo, para obtener como resultado en este caso sobre el Parque Matarredonda un correspondiente promedio y analizar qué sendero tiene mayor capacidad de carga.

6.3.1 Capacidad De Carga Real: Se determinan factores de modificadores que limitan la actividad de los visitantes, este se ajusta de forma precisas a las condiciones peculiares y

particulares de cada lugar, para el Parque Matarredonda se traen a consideración los siguientes:
Factor Accesibilidad, Vegetación, Erodabilidad, Precipitación, fauna

Factor Erodabilidad: Hace referencia a la susceptibilidad o la posibilidad de que el lugar erosione, este se considera inclinación del terreno y la textura del suelo, es decir, se identifican las áreas con pendientes con un grado medio o alto de mayor 10 % (Cifuentes,1992).

Tabla 6

Grados de Erodabilidad

Pendientes	Grados Erodabilidad
<10 %	Bajo
10% - 20 %	Medio
>20%	Alto

Fuente: Tomado de Cifuentes (1992)

La conjunción de las variaciones de las inclinaciones en los diferentes suelos, resulta en tres niveles de peligro de erosión, ya sea mínimo, moderado o elevado.

$$F_{c\ erod} = 1 - \frac{ML(\text{Suma de longitudes de sectores de mediana y alta suscetibilidad})}{Mt (\text{Total del área})}$$

Factor Accesibilidad: Hacer referencia al nivel de complejidad que los visitantes podrían enfrentar al recorrer el sendero a causa de la inclinación del terreno. Se toman en cuenta los mismos niveles de pendiente que en el caso previo, tomando en consideración terrenos cuyas inclinaciones sean inferiores al 10 % se categorizan de baja dificultad (Cifuentes,1992)

Tabla 7

Grados de Dificultad de la pendiente

Dificultad	Pendiente
Ningún grado de dificultad	< 10 %
Dificultad media	10 % - 20 %
Dificultad alta	> 20 %

Fuente: Tomado de Cifuentes (1992)

Para calcularlo, se agregan los sectores de dificultad media y alta, luego se reemplaza este número en la fórmula general y se obtiene el porcentaje correspondiente del factor

$$F_c \text{ acces} = 1 - \frac{ML(\text{Suma de longitudes de sectores de mediana y alta susceptibilidad})}{Mt (\text{Total del área})}$$

Factor Precipitación: Este factor puede ser un limitante para el turismo y puede presentar dificultad para la realización de actividades de senderismo. Se identifican cuantos meses son temporadas de altas lluvias para generar el cálculo (Cifuentes,1992).

$$F_c \text{ precp} = 1 - \frac{ML(\text{de meses de lluvia limitantes})}{Mt (\text{Número de meses al año que está abierto al público})}$$

Factor fauna: Reconocen las fases del ciclo de vida que alcanzan experimentar alteraciones en una especie que se encuentra en el área mencionada, en esta se puede tomar la especie más importante presente, reconocer la época de reproducción dado que este periodo es más susceptible a la interferencias humanas, particularmente del turismo (Cifuentes, 1992).

$$F_c \text{ precp} = 1 - \frac{ML(\text{Meses de la etapa de vida})}{Mt (\text{Total de meses})}$$

Factor Vegetal: Hace mención el fenómeno de expansión que ocurre en los caminos debido a su constante tránsito, lo cual impacta negativamente en la flora de tamaño reducido (que se localiza en las cercanías del sendero)

$$F_c \text{ pertfl} = 1 - \frac{ML(\% \text{ de pérdida del ecosistema})}{Mt (\text{Máximo valor posible})}$$

Así mismo establece como factor limitante la extensión de metros que corresponde a la vegetación de mayor relevancia y necesidad de protección en la zona (Cifuentes, 1992).

$$F_c \text{ pertfl} = 1 - \frac{ML(\text{metros que requieren protección o tiempo de ciclo de vida})}{Mt (\text{Número total de metros o total de meses})}$$

Cálculo Final de Capacidad de Carga Real:

A partir de estos los factores corrección se puede obtener la CCR a cada uno de los senderos, el cálculo de capacidad de carga real:

$$CCR = CCF * (FC A * FCero * FCacc * FC pre * FC Veg * Fc Fau)$$

Capacidad de Manejo: De acuerdo a Cifuentes (1992), en la evaluación de la habilidad de gestión (HG), participan factores tales como apoyo legal, políticas, recursos, personal, financiamiento entre otras, para ello se puede tener en cuenta: Estado, requisitos para preservar y utilizar cada componente. Localización y adecuada disposición de elementos, además de su funcionalidad práctica de cada componente, cada uno cuenta con criterios dispone de un valor considerando la escala que se describe a continuación.

Tabla 8

Criterios para evaluar la capacidad de carga de manejo

Valor	Calificación
0	No cumple
1	Levemente aceptable
2	Razonablemente aceptable
3	Aceptable
4	Muy Satisfactorio

Fuente: Tomado de Cifuentes ,1999

Se realiza un cálculo que establece la relación entre la cantidad actual y la cantidad ideal, asignándole un valor porcentual en una escala que va desde el 0 hasta el 4. En lo que respecta a los demás criterios, se evalúan tomando en cuenta las opiniones del equipo de trabajo. Finalmente se determina

$$CM = \frac{Equip + Infra + Pers}{3} * 100$$

Por último, la capacidad de Carga Efectiva (CCE): Hace referencia a la cantidad máxima de individuos que puede permanecer en un lugar determinado en este caso Parque Matarredonda

$$CCE = CCR * CM$$

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Durante el análisis realizado se logró observar que anteriormente no se contaba con un interés por la preservación e importancia de los páramos, dando prioridad a actividades económicas (minería y agricultura) que venía desarrollando en estos territorios, gracias a que se han declarado reservas naturales ha contribuido a la preservación y concientización a turistas y habitantes próximos a los páramos, lo anterior ha sido un gran paso para la conservación de los páramos pero aún persisten las amenazas a este ecosistema.

El complejo Cruz verde presenta un importante deterioro por el Cambio Climático y por actividades antropogénicas, en la actualidad 33.490 ha se han transformado, que equivale al 10,65 % de su cobertura natural, afectando directamente la capacidad de retención hídrica y pérdida vegetación, se estima que el 2040 podría extinguirse.

EL páramo Cruz verde equivale aproximadamente al 11 % de los páramos de Colombia, este ecosistemas constituyen un gran recurso hídrico, indispensables para la flora y fauna e inclusive para el ser humano que interactúa en este ecosistema, debido a esto se considera que cualquier actividad que implique un grado de afectación, resulta en grandes daños para el ecosistema y en ocasiones irreparables por ser altamente vulnerable.

Es necesario desarrollar estrategias que permitan una gestión más integral y ajustable a los recursos naturales, con el fin de enfrentar los efectos presentes y posteriores del cambio climático en los ecosistemas de los Andes y disminuir la fragilidad de las comunidades ante la disminución y quebranto de servicios ecosistémicos clave para el futuro.

La metodología sugerida para evaluar la capacidad de carga se transforma en una herramienta para llevar a cabo un análisis ambiental, económico-social y cultural del área, y en base a esto, implementar acciones que garanticen que las actividades turísticas sean sostenibles y no causen un impacto negativo en el medio ambiente.

7 REFERENCIAS

- Aguilar-Garavito, M. (2022). EVALUACION y SEGUIMIENTO DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN EL PARAMO ANDINO.
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2006) Los cerros orientales de Bogotá., D.C. patrimonio cultural ambiental del Distrito Capital, región del país. Plan de manejo Ambiental audiencia CAR. Bogotá D.C.
- Alferez, K. (2015). Plan de manejo ambiental (PMA) del turismo ecológico municipal de la laguna del tabacal en el municipio de la vega Cundinamarca
- Alfonso.S. & Oyama, K. (2015) Genetic variability in captive individuals of the endangered species *Tapirus bairdii* in México
- Arias. E. & Piñeros, P. (2008). Aislamiento e identificación de hogos filamentosos de muestra Corporación Autónoma Regional (CAR). Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR 2012-2023
- Barba, D. F. C. (2017). Evaluación de impacto del turismo bajo la metodología de Límites de cambios aceptables: Área de Conservación Mashpi?Guaycuyacu?Saguangal
- Barrera. H & Monroy. (2007). Análisis del impacto de la explotación Bovinia sobre el ecosistema del páramo la Cortadera toca Boyacá
- Butler, R. W., & Waldbrook, L. (2003). A new planning tool: the Tourism Opportunity spectrum.
- Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., & Hofstede, R. (2006). Human impact on the hydrology of the Andean páramos.
- 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*,
- Buytaert, W., Cuesta-Camacho, F., & Tobón, C. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions

Cambios en las coberturas Paramunas | Biodiversidad 2015.

(s. f.). <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2015/cap2/204/#seccion1>

CAMBIO CLIMÁTICO – IDEAM (s.f) <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>

Camelo, M. D. F. (2022, 25 marzo). Colombia ante Naciones Unidas sobre cambio climático.

Observatorio Ambiental de

Bogotá. https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=21697

CANAL 1 (15 de 02 de 2015). Páramo de Cruz verde en peligro.

<https://canal1.com.co/noticias/que-tal-esto/paramo-de-cruz-verde-en-peligro/>

Carpeta, C. & Reyes, J. (2021). Determinación y evaluación de los impactos generados en el balance hídrico del páramo de cruz verde por dinámicas de cambio de cobertura y uso del suelo

Colorado, A. (2018). Transformaciones del Páramo Cruz verde: Una configuración de la historia ambiental desde los actores de la vereda los Soches.

Comisión de la Verdad Colombia. (s. f.). Sumapaz: la eterna disputa por el

páramo. <https://web.comisiondelaverdad.co/actualidad/noticias/sumapaz-la-eterna-disputa-por-el-paramo>

Congreso de la República de Colombia. (1993, 22 de diciembre). Ley 99 de 1993. Gaceta oficial del Congreso. Obtenido de

www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297

Congreso de la República de Colombia. (2010). Decreto 2372 del 1 de julio de 2010 por el cual

se reglamenta el decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, y se dictan otras disposiciones.

Convención Ramsar sobre humedales de importancia internacional | Cancillería.

(s. f.). <https://www.cancilleria.gov.co/convencion-ramsar-sobre-humedales-importancia-internacional>

Cortes, S. (2009). La capacidad de Carga como herramienta para la ordenación sostenible del Territorio

Cresso, M., Clerici, N., Sánchez, A., & Jaramillo, F. (2020). Future climate change renders unsuitable conditions for paramo ecosystems in Colombia

Cifuentes, M. (1992). Determinación de capacidad de carga turística en Áreas protegidas

Cuatrecasas, J. 1958. Aspectos de la Vegetación natural de Colombia. <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/570/340>

Cuesta, F., Camacho., M., & Ganzenmuller., A. (2008) Posibles efectos del calentamiento global sobre el nicho climático de algunas especies en los Andes Tropicales

Cueva, J (2022). Caracteres funcionales en la vegetación del páramo antrópico del Parque Universitario Francisco Vivar Castro y su relación con factores climáticos

Chacón, C.P. & Postigo, J.C. (2013). Cambio climático, Riesgo o comunidad en la crisis ambiental En: Postigo, J.C. (e. Cambio climático, movimientos sociales y políticas públicas, una vinculación necesaria. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, CLACSO. Santiago de Chile.

Change, N. G. C. (s. f.). Global Surface Temperature | NASA Global Climate Change. Climate Change: Vital Signs of the Planet. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>

Decreto 3570 de 2011, Por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Díaz granados, M., Tovar, C., Etherington, T. R., Rodríguez-Zorro, P. A., Castellanos-Castro, C., Rueda, M. G., & Flantua, S. (2021). Ecosystem services show variable responses to future climate conditions in the Colombian Páramos.

Díaz-Granados Ortiz, Mario A., Navarrete González, Juan D., & Suárez López, Tatiana. (2005). Páramos: Hidrosistemas Sensibles.

Echamendi Lorente, P. (2001). La capacidad de carga turística. Aspectos conceptuales y normas de aplicación.

Espinal, L.S., E. Montenegro. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria Explicativa sobre Mapa

Freeman, B. G., Scholer, M. N., Ruiz-Gutiérrez, V., & Fitzpatrick, J. W. (2018). Climate change causes upslope shifts and mountaintop extirpations in a tropical bird community. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,

Galvis-Hernández, M. y Ungar, P. M. (Eds.). 2021. Páramos Colombia: biodiversidad y gestión. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

GLACIARES EN COLOMBIA - IDEAM.

(s. f.). <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/glaciares-colombia>

Gonzalez, F. (2016). Caracterización físico-química y microbiológica de suelos paramunos del p.n.n. sumapaz sometidos al cultivo convencional y orgánico de papa post-descanso de actividad agrícola

Guzmán D.; Ruíz, J. F.; Cadena M. Grupo de Modelamiento de Tiempo, Clima y Escenarios de Cambio Climático Subdirección de Meteorología – IDEAM (2014)

Herrero Alonso, A. (1977). Toponimia prerromana de Burgos: II. Boletín de la Institución Fernán González. 2º sem. 1977, Año 56, n. 189, p. 229-267.

Hofstede, R. (1997). La importancia del Páramo y Aspectos de su Manejo

Hofstede, R., Segarra, P. and Mena, P. V., (2003). Los Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito

Hofstede, R. (2014). La importancia hídrica del Páramo y aspectos y su manejo. Proyecto Ecología del Páramo y Bosques Andinos. Quito: EcoPar. Quito

Hofstede, Robert et. al. (2014). Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo. UICN, Quito, Ecuador.

Hribljan, J. A., Suárez, E., Heckman, K., Lilleskov, E. A., & Chimner, R. A. (2016). Peatland carbon stocks and accumulation rates in the Ecuadorian Páramo. *Wetlands Ecology and Management*, 24(2), 113-127

Ibáñez, J. J. (2011, 8 abril). Vegetación paramuna, el nevado del Ruiz y los ecosistemas de Frailejón (Frailejonales)

IPCC. (2007). Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático - IPCC. Ginebra

Ley 1450 de 2011, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014.

Luteyn J.L. 1992. Paramo: Why study them? En: Páramo An Andean Ecosystem under Human Influence. Edited by: Balslev, H & Luteyn, J.L.; Academic Press.p.1-14.

Luteyn, J. L., Churchill, S. P., Griffin, D., Gradstein, S. R., Sipman, H. J., & Mauricio R.

Gavilanes A. (1999). Páramos: a checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature (Vol. 278). New York: New York Botanical Garden Press.

Llambí, D. (2012) Ecología, hidrología y suelos de Páramos

Malagón, D., Pulido, C. (2000). Suelos del páramo colombiano. En. J.O. Rangel-Ch. (ed.).

Colombia Diversidad Biótica III. La región Paramuna. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. 37-84. Bogotá.

Mejía, N. C. (2018, 15 abril). Matarredonda, un paraíso sagrado a 30 minutos de Bogotá. El

Tiempo. <https://www.eltiempo.com/vida/viajar/matarredonda-un-lugar-para-descansar-cerca-de-Bogotá->

MinAmbiente (2023). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Obtenido de

<https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos/ecosistemas-estrategicos>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018, 18 de diciembre). Decreto 2811 de 2018.

Obtenido de www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Decreto-2811-de-1974.pdf

MinVivienda (2021). Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. Obtenido de

<https://www.minvivienda.gov.co/node/44796>

- Mittermeier, R.A., C. Goettsch-Mittermeier y P. Robles Gil. 1997. Megadiversidad: los países biológicamente más ricos del mundo. Cemex-Agrupación Sierra Madre, México.
- Monasterio, M. 1980. Los Páramos Andinos como región natural. Características biogeográficas generales y afinidad con otras regiones andinas. En: Monasterio, M. (Ed): Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos. Editorial de la Universidad de Los Andes. Mérida, pp. 15-27.
- Morales-Betancourt, J. A., & Estévez-Varón, J. V. (2006). El páramo: ¿ecosistema en vía de extinción? Luna Azul.
- Morales-Rivas, M., Otero Garcia, J., Hammen, T. V. D., Torres Perdígón, A., Cadena Vargas, C. E., Pedraza Peñaloza, C. A., ... & Cárdenas Valencia, L. (2007). Atlas de páramos de Colombia.
- More A. & Devenish C. (2015). Distribution and conservation status of the mountain tapir (Tapirus pinchaque) in Peru
- Morueta-Holme, N., Engemann, K., Sandoval-Acuña, P., Jonas, J. D., Segnitz, R. M., & Svenning, J. (2015). Strong upslope shifts in Chimborazo's vegetation over two centuries since Humboldt. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 112(41), 12741-12745.
- Mundial, B. (2019, 26 julio). La Tierra sufrirá un calentamiento de 1,5 °C y los riesgos aumentan, según un nuevo informe. World Bank
- Peyre, G., Osorio, D., François, R., & Anthelme, F. (2021). Mapping the Páramo land-cover in the northern Andes. International Journal of Remote Sensing
- Rene, C. (2017). Propuesta de medidas para la conservación del páramo cruz verde, basada

en estudios ecológicos del suelo y la vegetación. caso de estudio: el “parque ecológico Matarredonda”

Reservas de la Biósfera - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022, 28 enero).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/reservas-de-la-biosfera-2/#:~:text=Existen%20701%20reservas%20de%20biosfera,Am%C3%A9rica%20Latina%20y%20el%20Caribe.>

Resolución 1435 de 2017, por medio de la cual se delimita el Área de Páramos Cruz Verde-Sumapaz y se adoptan otras determinaciones

Rosero.R (2016). Estudio de vulnerabilidad a nivel de ecosistema de Páramo frente al Cambio Climático en la zona de Pichán Comunidad Igualata Parroquia San Isidro, Cantón Guano Provincia de Chimborazo

Sabogal, A., & W Quinteros Y. (2013) Plant diversity and anthropic use in Samanga paramo (Espíndola and El Toldo Sector) and in San Juan de Cachiaco Paramo (San Juan and Totora Sectors), Ayabaca, Piura

Salazar, A. (2022, 5 enero). Quito superó su récord de consumo diario de agua potable, con un promedio de 250 litros por cada habitante, según el municipio. Ecuador

Sanchez, I (2012). La Diversidad Biológica en Cajamarca

Sebastian, B. P. (2020). Patrones de diversidad alfa y beta para quince complejos de páramo de Colombia. h

Spenceley, A., Köhl, J., McArthur, S., Myles, P. B., Notarianni, M., Paleczny, D., Pickering, C. M., & Worboys, G. L. (2019). Manejo de visitantes

- Silva, J (2008). Paramo de Páramo de Sumapaz, afectado por sobrepastoreo, talas de frailejón y cultivos de papa. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-4235917>
- Soto, C & Ospina, J. (2020) Estudio de cambio de áreas en el complejo asociado a las dinámicas socioambientales en el período 20052-2025
- Species and climate change. (s. f.). IUCN. <https://www.iucn.org/resources/issues-brief/species-and-climate-change>
- Steinbauer, M. J., Grytnes, J., Jurasinski, G., Kulonen, A., Lenoir, J., Pauli, H., Rixen, C., Winkler, M., Bardy-Durchhalter, M., Barni, E., Bjorkman, A. D., Breiner, F. T., Burg, S., Czortek, P., Dawes, M. A., Delimat, A., Dullinger, S., Erschbamer, B., Felde, V. A., . . . Wipf, S. (2018). Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature*, 556(7700)
- Zambrano, R. F. F., & Murillo, J. F. M. (2023). Capacidad de carga turística y límite de cambio aceptable como base para el manejo sostenible de las actividades turísticas en el parque nacional cotacachi cayapas - ecuador
- Zúñiga González, A. C. (2020). Characterization of methane production of a páramo peatbog in Colombia throughout the holocene.
- Wilhelm. L. (1981) .Ecoclimatological Conditions of the Paramo Belt in the Tropical High Mountains.

