

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
CARRERA DE ECOLOGÍA**



**Análisis multitemporal del cambio en el estado de las coberturas de los
ecosistemas de Páramo en Colombia para el periodo de 2000-2018**

JUAN DIEGO MESA ROJAS

Director del Trabajo de Grado: Juan Carlos Benavides Duque

**TRABAJADO DE GRADO
Presentado como requisito parcial
Para optar al título de Ecólogo**

BOGOTÁ, D.C.

Título de la investigación:	3
Pregunta de investigación:	3
OBJETIVOS	3
Resumen:	4
Introducción	5
Metodología	7
Resultados	14
Discusión	21
Conclusiones	23
Bibliografía	24
Anexos	26

Título de la investigación:

- Análisis multitemporal del cambio en el estado de las coberturas de los ecosistemas de Páramo en Colombia para el periodo de 2000-2018

Pregunta de investigación:

- ¿Cuáles son las trayectorias de cambio que han ocurrido en las coberturas de páramo para el periodo del 2000-2018 y de qué forma el desarrollo de los sectores productivos y las áreas protegidas han influido en el cambio de las coberturas del ecosistema de páramo?

OBJETIVOS

General:

- Analizar los patrones de cambio en la distribución multitemporal de las coberturas de los complejos de páramos de Colombia, en el periodo comprendido entre 2000 a 2018, e identificar las fuerzas conductoras determinantes del cambio en este ecosistema.

Específicos:

- Analizar las dinámicas de transformación en las coberturas de los complejos de páramo a nivel nacional, en áreas y tasas de cambio entre los diferentes años.
- Caracterizar la relación que existe entre las dinámicas demográficas, área de PNN y área de las titulaciones mineras en la configuración del paisaje de páramo a nivel nacional.
- Analizar y comparar la influencia de la estrategia de áreas protegidas sobre los cambios en las coberturas de la tierra en Colombia bajo la jurisdicción de la figura de PNN.

Análisis multitemporal del cambio en el estado de las coberturas de los ecosistemas de Páramo en Colombia para el periodo de 2000-2018

Resumen:

La presente investigación se da bajo la necesidad de generar mayor información a escala nacional sobre los ecosistemas de páramo. Ya que Colombia posee cerca del 51% de los páramos del mundo, ubicados generalmente por encima de los 3.000 m s. n. m [1]. Por medio de herramientas de información geográfica que den evidencia del cambio de coberturas y su uso del suelo como proceso dinámico en el tiempo, principalmente dado por influencia antrópica. De esta forma se busca generar información espacial importantes para la toma de decisiones en las zonas de vulnerabilidad ante los cambios de las coberturas. El uso de sistemas de información geográfica, es una buena opción para reducir la incertidumbre sobre los efectos que tiene el cambio [2]. Como resultado de la escasa información que existe para el análisis que aborda la situación de los páramos, específicamente los cambios en las coberturas de tierra que han estado sufriendo en el tiempo. Es por esto se busca encontrar patrones de cambio en la distribución espacio – temporal de las coberturas de los complejos de páramos de Colombia, en el periodo comprendido entre 2000 a 2018, para de esta manera identificar las fuerzas conductoras que teóricamente podrían ser determinantes en los cambios que presenta el ecosistema.

Para el desarrollo del estudio se tuvieron en cuenta los aspectos metodológicos donde por medio de la recopilación de Información, procesamiento de Información por medio de ArcGIS 10.7 y análisis de las dinámicas (Software R versión 3.6.1.). Fue posible encontrar la trayectoria de coberturas compatibles con los usos permitidos en páramo. Por medio de la trayectoria del porcentaje de cada cobertura se ve como la vegetación de páramo cubre entre el 55% y 58% de las coberturas totales en el intervalo ya que posee, no se encuentra una trayectoria clara para bosques de aumento o disminución dentro de los 18 años si no oscilaciones entre un rango de 768215 a 804716 hectáreas estudiado. Así mismo se encontró que el porcentaje de área transformada por actividades antrópicas en el tiempo varían entre el 13% al 14%. Y específicamente los complejos que han tenido una tasa de transformación cercana a 100% para la cobertura de la agricultura son Belmira, Sierra Nevada de Santa Marta y Sonsón.

En 2009 el área transformada del total de complejos de páramo era del 13 %. Este valor es similar al año 2012. No obstante, la proporción de vegetación secundaria aumentó del 0,6 al 0,9 %. Esta tendencia indica que, a pesar del grado de protección y conservación, la presión sobre los páramos se mantiene. Esta presión históricamente está relacionada con actividades agrícolas, de pastoreo y mineras[27]. Sobre todo con el aumento constante de la ganadería. Evidenciando que las coberturas de páramo no se están recuperando y que hay competencia entre usos de la tierra y actividades productivas sin embargo se evidencia que estos cambios en el uso de la tierra no son homogéneos en todas las áreas de páramos. Sin embargo, la transformación de las coberturas de páramo a largo de los últimos años no es tan tensa ya que el estudio muestra que la de vegetación de páramo y los bosques se han mantenido estables en sus dinámicas de cambio. Pese a esto es importante mencionar que existe una relación de la cobertura de agricultura y tamaño de PNN, lo que podría explicarse en que un mayor tamaño del parque representa, mayores dificultades en la soberanía y control, así pues, los Parques Nacionales Naturales enfrentan distintas problemáticas que influyen en su capacidad de control [27].

Palabras clave: Coberturas, Corine Land Cover, Trayectorias, Impulsores de cambio

Introducción

Colombia posee cerca del 51% de los páramos del mundo, ubicados generalmente por encima de los 3.000 m s. n. m [1]. Según la legislación colombiana la Ley 1930 de 2018 en el Artículo 3 define a los páramos como: ecosistema de alta montaña, ubicado entre el límite superior del Bosque Andino y, si se da el caso, el límite inferior de los glaciares, en el cual dominan asociaciones vegetales tales como pajonales, frailejones, matorrales, prados y chuscales, además, pueden encontrarse formaciones de bosques bajos y arbustos y presentar humedales como los ríos, quebradas, arroyos, turberas, pantanos, lagos y lagunas, entre otros. De acuerdo con el IGAC, el ecosistema de páramo cubre cerca de 2,9 millones de hectáreas a nivel nacional, que equivalen al 1,2% del territorio colombiano[2].

Este ecosistema al encontrarse distribuido en las tres cordilleras de los Andes, y como respuesta a su geografía posee un papel crucial en el ciclo hídrico, prestando servicios de captura y almacenamiento, de forma que existe cercanía y conexión con muchos de los glaciares de Colombia. Esto permite que tales ecosistemas sean vitales en el abastecimiento de agua de las poblaciones humanas. De la misma forma, su importancia está dada en los demás servicios que proveen, como lo son el almacenamiento de carbono y riqueza de biodiversidad, haciendo de estos ecosistemas estratégicos en términos de conservación. Según Rangel, Colombia está clasificado como un país megadiverso, en él se registran los páramos y bosques altoandinos, 3.379 especies vasculares y 1.243 especies de briofitas y líquenes. Sumando las cifras de los grupos de plantas, se alcanza para toda la región del bioma páramo y la franja del bosque altoandino unas 4.700 especies en total [3].

Sin embargo, históricamente los páramos han sido transformados y degradados a causa de actividades humanas relacionadas con los sistemas extractivos, agrícolas e industriales. De forma que en todos los complejos se presenta un incremento de la cobertura transformada a través de los años, coincidiendo con el descenso de la cobertura natural y el aumento de la vegetación secundaria[4]. “En el año 2009, el área transformada sobre el total de complejos de páramo era del 13%. Este valor es similar al año 2012 llegando al 15%. No obstante, la proporción de vegetación secundaria aumentó del 0,6% al 0,9%. Esta tendencia indica que, a pesar del grado de protección y conservación, la presión sobre los páramos se mantiene[1].” Dicha presión, históricamente ha estado relacionada con actividades agrícolas, de pastoreo y mineras, por lo que es importante un análisis que relacione los patrones de cambio en las coberturas con las dinámicas de estas actividades [5].

En la actualidad, la agricultura comercial y la deforestación de espacios naturales para la ganadería y minería son foco de atención debido a que gran parte del desarrollo de estas actividades se realizan en áreas de importancia ecológica, causando pérdidas en términos de diversidad y de servicios ecosistémicos. Históricamente el papel de la expansión de actividades antrópicas ha tenido influencia en la disminución del tamaño y cambio en la estructura de los ecosistemas paramunos, al tiempo que se afecta su fauna y su flora [5].

Estas transformaciones de la cobertura paramuna se han visto reflejadas en la desaparición de algunas localidades de la vegetación original de la zona de ecotónica debido a que las áreas originales se dedicaron al pastoreo o cultivo de la papa, entre otros[2]. En este orden de ideas, los principales usos de los recursos del páramo se destinan a: desecación de turberas para extender la agricultura, utilización de los depósitos lacustres para la generación eléctrica; programas de reforestación inapropiados; turismo mal dirigido, aumento de titulaciones mineras, apertura de carreteras, entre otras [3].

A pesar de su importancia es vital reconocer la vulnerabilidad que estos poseen, puesto que como se ha mencionado anteriormente, a lo largo de los últimos dieciocho años los páramos han sido expuestos a diversas actividades que generan presión sobre estos. Por un lado, actividades del sector minero que ejerce presión por medio de la explotación de las canteras y materiales mineros que reposan en los subsuelos de estas zonas, impactando a escala local y regional, así mismo influyen sobre el suelo y su capacidad de almacenamiento hídrico, contaminando aguas superficiales y subterráneas, además de los ya mencionados impactos sobre la diversidad y las dinámicas del ecosistema [6]. Para el año 2016, la Agencia Nacional de Minería indicó que existían 451 títulos mineros vigentes dentro de estos ecosistemas, sin tener en cuenta la minería ilegal que se genera a diario en dichos territorios. Por otro lado, desde el año 2010, se ha impulsado el programa denominado “la locomotora minera”, en el marco de este programa se han otorgado títulos mineros en zonas protegidas como parques nacionales y páramos, como es el caso del páramo de Pisba ubicado en el departamento de Boyacá [7].

No obstante, diversos estudios muestran que los efectos de la agricultura en los ecosistemas han sido impulsados por el crecimiento poblacional [8]. Es importante estimar el papel que juega la densidad poblacional en el cambio de las coberturas dentro de los páramos pues este fenómeno de transformación se ha hecho cada vez más significativo, particularmente por la conexión entre los procesos de cambio de coberturas, usos de suelo y las acciones de los actores involucrados en la oferta y demanda de diferentes tipos de productos [9]. Una conexión que está vinculada a los crecientes procesos de urbanización y la creciente demanda en estos espacios por bienes y servicios [10] que han desencadenado la intensificación entre los sistemas agropecuarios y naturales. Es por eso que se hace importante el análisis de conexión entre estos procesos de cambio de coberturas y usos de suelo a causa de dinámicas demográficas.

Frente a estas presiones sobre los páramos de Colombia, es importante mencionar que existen leyes que hablan de la protección y delimitación de páramos, como la ley 1753 de 2015, la ley 1450 de 2011 y la ley 1930 de 2018 que se encuentra actualmente vigentes; allí se menciona que las “áreas delimitadas como páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias ni de exploración o explotación de recursos naturales no renovables”[1]. Sin embargo, aún existen conflictos de tipo social, ambiental y económico en los complejos de páramo. Los impactos y afectaciones a estos ecosistemas ya existían, dado que anteriormente la ley solo protegía los parques nacionales naturales, zonas a las cuales el 48,2 % de las hectáreas de páramos no pertenece, generando afectaciones en la cobertura vegetal y el recurso hídrico [4]. De acuerdo con el Decreto 2811 de 1974, los parques nacionales son definidos como áreas de extensión que permiten su autorregulación ecológica y cuyos ecosistemas, en general, no han sido alterados por la explotación u ocupación humana. Cabe resaltar, que dentro de la normativa vigente se hace énfasis en que la delimitación de áreas de páramos debe tener como área de referencia la definida en la cartografía generada por el Instituto Alexander Von Humboldt a escala 1:100.000 o 1:25.000 [4].

La preocupación que ha generado la transformación ecosistémica en Colombia ha impulsado un interés por evaluar las dinámicas de transformación de coberturas y usos del suelo a partir de las interacciones con distintas actividades que generan cambios en las coberturas [12] Por lo que estudiar los cambios que ocurren en los patrones espaciales de los ecosistemas de páramo en Colombia es importante para comprender los factores subyacentes y los efectos funcionales de las transformaciones del paisaje que observamos hoy, dado que tales transformaciones son resultados históricos de un contexto socioeconómico. Analizar y reconstruir esos patrones históricos ayudan a avanzar en la comprensión de las dinámicas de tan importantes ecosistemas. Los estudios de cambio

de uso del suelo y coberturas sobre el territorio son fundamentales para identificar procesos de deforestación, degradación, pérdida de la biodiversidad, e incluso entender cambios climáticos, regionales, nacionales y globales que pueden afectar el funcionamiento de aspectos claves de la tierra como sistema [8]. Por medio del avance de la tecnología, los estudios multitemporales se han encargado de ser un instrumento importante de análisis y medición de las tendencias de cambio en el territorio

Por todo ello, la finalidad del presente estudio es analizar el cambio en la distribución espacio temporal de las coberturas de páramos a nivel nacional, en el período comprendido entre 2000 a 2018 e identificar y calcular los porcentajes, de la forma en que los procesos de explotación minera, los cambios demográficos y los procesos agropecuarios están siendo determinantes en los cambios en este ecosistema. Así, se espera determinar las dinámicas de transformación de dicho ecosistema, considerando la normativa de ordenamiento territorial que se han incorporado al manejo de áreas protegidas. Con la finalidad de cuantificar las trayectorias de cambio que están sufriendo y han sufrido los páramos mayormente causados por procesos mineros y agropecuarios.

Metodología

Área de estudio

Esta investigación realizará un análisis a nivel nacional. Por tanto, se define al territorio colombiano como la extensión inicial de trabajo. Sin embargo, el objeto de análisis para este estudio son los complejos de páramos de Colombia delimitados por la Cartografía de Páramos de Colombia Esc. 1:100.000. del Atlas de Páramos de Colombia, los cuales forman parte del bioma global tropalpino [17]. Dentro del ecosistema de páramo encontramos el predominio de “vegetación abierta tropalpina, esta se extiende por encima del límite superior de los bosques andinos ecuatoriales de Venezuela, Colombia y Ecuador, con extensiones en Centroamérica, específicamente en Panamá y Costa Rica, y algunas derivaciones ubicadas en el norte de Perú” [15].

Dentro de este ecosistema es posible encontrar “valores de precipitación alrededor de 1000 mm/año o menos en los páramos de los valles internos de las cordilleras, y hasta de 4000 mm/año o más en las vertientes expuestas a los vientos alisios o a las lluvias y vientos del Pacífico” [29]. Sin embargo, también podemos existen paramos que son mucho más secos, algunos de estos, “por ejemplo, el Páramo de Berlín (Santander), actualmente transformado, y otros páramos ubicados en las cabeceras del Valle del Chicamocha” [29]. Es importante mencionar que “durante la noche la humedad atmosférica está cerca al 100% y durante el día, con sol, podría bajar a 40 o 60%” [29].

En este sentido, los suelos característicos que se encuentran en este ecosistema “por encima de los 3800 m.s.n.m., son los Vitrands y Vi- tricryands; por debajo de este nivel se encuentran Udands y Aquands, representando suelos más diferenciados. Localmente donde aparecen depósitos de ceniza volcánica (como en el páramo de Sumapaz) se presentan Hapludands y Melanudands. Sobre las rocas ígneas arriba de 3800 m.s.n.m. en la Sierra Nevada de Santa Marta son comunes los Cryaquepts. Los suelos turbosos en las hondonadas y valles de los páramos son Saprists, Hemists y Fibrists” [29].

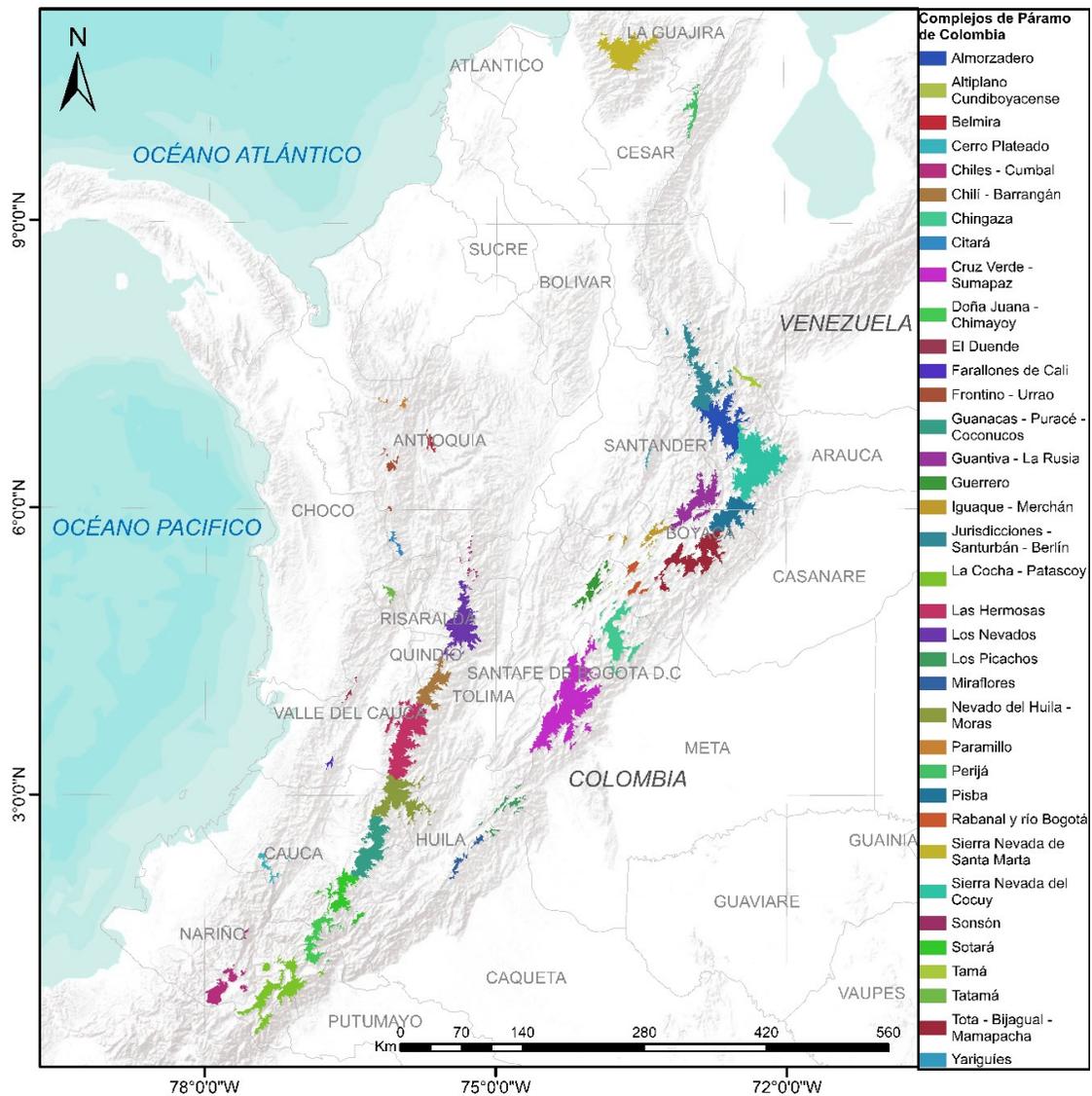


Figura 1. Páramos de Colombia Esc. 1:100.000. Realización propia. Bogotá D.C. Colombia.

▪ Dinámicas de transformación de las Coberturas

Para el desarrollo de este estudio se utilizaron diversos aspectos metodológicos, por medio del software ArcGIS 10.7 fue posible realizar distritos procesamientos espaciales. En este sentido se obtuvo la información de los complejos de páramo de Colombia, a partir de la Cartografía de Páramos de Colombia Esc. 1:100.000. Proyecto: Actualización del Atlas de Páramos de Colombia. Convenio Inter administrativo de Asociación 11-103 [30]. Dicha cartografía contiene la información competente a la delimitación de páramo del Instituto Humboldt en colaboración con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo.

En este aspecto, para cuantificar los cambios espaciales y temporales en las coberturas y usos del suelo se analizaron cuatro diferentes momentos en el periodo comprendido entre 2000 y 2018. Utilizando la información disponible del IDEAM, según el mapa de coberturas de la tierra para los periodos 2000-2002, 2005-2009, 2010-2012 y 2018 a escala 1:100.00, dentro del programa CORINE (Coordination of information on the environment) desarrollando el proyecto de cobertura de la tierra "CORINE Land Cover" 1990 (CLC90), donde se definió una metodología específica para realizar el

inventario de la cobertura de la tierra. La base de datos de Corine Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas [16].

Para lograr analizar los patrones de cambio de los páramos de Colombia, se reclasificó el nivel 3 de las capas de IDEAM de CORINE LAND COVER de los periodos 2000-2002, 2005-2009, 2010-2012 y 2018. Ya que las coberturas definidas en el presente estudio están enfocadas principalmente a la compatibilidad de los usos permitidos dentro de los páramos por la ley vigente, donde el enfoque dado para dicha reclasificación son los grandes grupos de disturbio vigentes en la ley actual de delimitación que implican una transformación de coberturas de forma antropogénica, y que a su vez esta transformación modifica los ecosistemas paramo y bosque (Tabla 1). Sin embargo, existen ciertas coberturas que dificultan el análisis como son los mosaicos, los cuales fueron analizados de manera independiente indicando si el mosaico mostraba desarrollo en agricultura o una unidad compatible o no con los usos permitidos dentro de páramos que permitiese inferir conflictividad. Así se observó que estos mosaicos muestran una estructura predial muy pequeña.

Tabla 1. Reclasificación de las capas de coberturas de 2000-2002, 2005-2009, 2010-2012 y 2018 del IDEAM de Corine Land Cover asociadas a un disturbio antrópico

Agricultura	2.1.1. Otros cultivos transitorios	2.1.4 Hortalizas	2.1.5. Tubérculos	2.4.1. Mosaico de cultivos	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales
Ganadería	2.3.1. Pastos limpios	2.3.2. Pastos arbolados	2.3.3. Pastos enmalezados	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	
Vegetación de Páramo	3.2.1. Herbazal	3.2.2. Arbustal				
Bosques	3.1.1. Bosque denso	3.1.2. Bosque abierto	3.1.4. Bosque de galería y ripario	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	3.1.3. Bosque fragmentado	
Coberturas urbanas	1.1.1. Tejido urbano continuo'	'1.1.2. Tejido urbano discontinuo'	1.4.2. Instalaciones recreativas	1.2.1. Zonas industriales o comerciales		
Humedales	4.1.2. Turberas	3.3.5. Zonas glaciares y nivales	4.1.1. Zonas pantanosas	5.1.1. Ríos	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
Otras Áreas Naturales	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	3.3.4. Zonas quemadas	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	3.3.2. Afloramientos rocosos		
Sistemas Forestales	'3.1.5. Plantación forestal'					
Zonas de extracción minera	'1.3.1. Zonas de extracción minera'					

Tasas de cambio de las coberturas

En este sentido para realizar el análisis de la transformación de las coberturas en el ecosistema de páramo, se utilizó la tasa de cambio en el tiempo de cada una de las coberturas previamente reclasificadas. Dichas tasas fueron calculadas a partir el uso de la ecuación de la tasa anual de cambio propuestas por Puyravaud, la cual resulta intuitiva ya que se deriva de la tasa media anual de cambio y tiene una mejor correspondencia matemática a diferencia de otras ecuaciones utilizadas para el cálculo de transformación de coberturas de la tierra [18]. Esta ecuación permite determinar la dinámica que presentan los cambios y cuantificar la tasa en la que algunas coberturas ganan y otras pierden superficie que están esencialmente asociados con la intervención antrópica del territorio [19] cuando el valor de r resulta negativo, significa una pérdida de cobertura en porcentaje; de manera contraria, si es positivo, se interpretará como un incremento en la superficie de la cobertura en porcentaje.

$$r = \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) \times \ln \left(\frac{A_2}{A_1} \right) * 100$$

Donde

A1: superficie de cobertura al inicio del período

A2: superficie de cobertura al final del período

t1: año de inicio del período

t2: año final del período

Para monitorear los cambios en la superficie cubierta por diferentes coberturas de la tierra, se obtuvieron las tasas de cambio, que fueron calculadas de acuerdo con el área de cada cobertura reclasificada para los intervalos de 2002-2005, 2005-2012 y 2012-2018. Esto se aplicó para cada complejo de páramo. Para que visualmente fuera mucho más fácil contemplar algunos gráficos se generaron abreviaturas para los complejos de paramo, vease tabla 2.

Tabla 2. Reclasificación de las capas de coberturas de 2000-2002, 2005-2009, 2010-2012 y 2018 del IDEAM de Corine Land Cover asociadas a un disturbio antrópico

complejos	abre
Almorzadero	Alm
Altiplano Cundiboyacense	Alc
Belmira	Bel
Cerro Plateado	Cer
Chiles - Cumbal	Cum
Chilí - Barragán	Chl
Chingaza	Chi
Citará	Cft
Cruz Verde - Sumapaz	Sum
Doña Juana - Chimayoy	Djc
El Duende	Due
Farallones de Cali	Far
Frontino - Urrao	Fro
Guanacas - Puracé - Coconucos	Gun
Guantiva - La Rusia	Gut
Guerrero	Gue
Iguaque - Merchán	Iga
Jurisdicciones - Santurbán - Berlín	San
La Cocha - Patascoy	Con
Las Hermosas	Her
Los Nevados	Nev
Los Picachos	Pic
Miraflores	Mir
Nevado del Huila - Moras	Nev
Paramillo	Par
Perijá	Per
Pisba	Pis
Rabanal y río Bogotá	Rab
Sierra Nevada de Santa Marta	Smt
Sierra Nevada del Cocuy	Coy
Sonsón	Son
Sotará	Sot
Tamá	Tam
Tatamá	Tat
Tota - Bijagual - Mamapacha	Tot
Yariguíes	Yar

Trayectorias de cambio de las coberturas

Análogamente se realizó la cuantificación de cambios generados a través del tiempo en las coberturas reclasificadas mediante matrices de transición utilizadas tradicionalmente en el análisis de cambio de uso del suelo, y de esta forma fue posible evaluar los escenarios de degradación y recuperación de las coberturas vegetales a través de matrices que muestran las trayectorias de cambio de estas. El empleo de las matrices aborda el estudio y cuantificación detallada de los principales cambios y transiciones ocurridas entre dos coberturas o uso del suelo en un periodo de análisis en dos fechas distintas, lo que permite la comparación por pares de coberturas generando una información global para la interpretación de los cambios ocurridos en el tiempo, donde es posible evaluar los escenarios de degradación y recuperación de las coberturas vegetales [20].

▪ **Relación de titulaciones mineras y dinámicas demográficas en el cambio de coberturas**

El análisis para la densidad poblacional tiene como insumo el análisis y procesamiento espacial de la información del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, específicamente información relacionada con el CENSO Nacional de Población y Vivienda de 2018 (CNPV-2018) y Agropecuario de 2014 (CNA_2014), y el subsiguiente análisis cartográfico de identificar los municipios que interceptan los páramos en Colombia y los municipios que interceptan los páramos con un buffer de dos kilómetros realizado para El Reporte de Estado y Tendencias de los páramos colombianos [17], para dar el censo poblacional de los complejos de páramo que se utilizaría en el análisis de densidad de cada páramo.

Teniendo en cuenta la información del Sistema Integral de Gestión Minera – ANNA Minería, se realizó una selección de los datos de títulos mineros vigentes, con el fin de realizar intercepción entre los complejos de páramos de Colombia y la capa de los títulos mineros vigentes que arroja el catastro minero colombiano del año 2020. Se utilizó la información de los títulos mineros vigentes que se encuentran en las etapas de exploración, construcción y montaje y explotación; así como el Decreto 1666 de 2016 [17].

Después, se solapó la información de delimitación de los complejos de páramos del país utilizando programa ArcGIS, con las fuentes del censo Nacional Agropecuario, ANNA Minería, para así lograr extraer la información poblacional en términos de densidad poblacional. Además, se procesó el área de títulos que se interceptan con los complejos de páramos que se muestran en la tabla 2.

Tabla 3. Valores por complejo de las de las variables de titulación minera y dinámicas demográficas.

Complejo	Área total del Complejo (ha)	Área Títulos Minero (ha)	Población DANE	Densidad poblacional de cada complejo (p / ha)
Almorzadero	156552,45	8303,40	33794,00	0,22
Altiplano Cundiboyacense	4657,32	1330,09	87710,00	18,83
Belmira	10621,87	2251,59	2539,00	0,24
Cerro Plateado	17070,34	652,31	1341,00	0,08
Chiles - Cumbal	63222,95	2779,28	70556,00	1,12
Chilí - Barragán	80708,31	25914,12	1898,00	0,02
Chingaza	109955,54	517,36	37375,00	0,34
Citará	11232,84	454,13	95,00	0,01
Cruz Verde - Sumapaz	333419,50	273,43	406004,00	1,22
Doña Juana - Chimayoy	69263,43	486,23	4376,00	0,06

El Duende	4454,35	0,00	74,00	0,02
Farallones de Cali	4545,17	0,00	55,00	0,01
Frontino - Urrao	13920,95	669,89	511,00	0,04
Guanacas - Puracé - Coconucos	137677,16	4795,95	30830,00	0,22
Guantiva - La Rusia	119749,93	1962,49	35724,00	0,30
Guerrero	42325,12	7582,31	57980,00	1,37
Iguaque - Merchán	28311,46	231,98	9703,00	0,34
Jurisdicciones - Santurbán - Berlín	142608,19	23419,21	16147,00	0,11
La Cocha - Patascoy	145538,75	827,22	34919,00	0,24
Las Hermosas	208011,28	145,04	2673,00	0,01
Los Nevados	146026,98	16277,99	3073,00	0,02
Los Picachos	23725,06	0,00	598,00	0,03
Miraflores	19927,82	0,00	1075,00	0,05
Nevado del Huila - Moras	150537,57	636,83	4263,00	0,03
Paramillo	6744,09	0,00	55,00	0,01
Perijá	29726,84	281,17	848,00	0,03
Pisba	106242,89	14710,79	32522,00	0,31
Rabanal y río Bogotá	24650,06	10091,62	4033,00	0,16
Sierra Nevada de Santa Marta	151021,00	0,00	8927,00	0,06
Sierra Nevada del Cocuy	271032,54	4375,91	15621,00	0,06
Sonsón	8707,21	147,37	792,00	0,09
Sotará Fase III: Análisis de dinámicas	80929,13	872,03	10588,00	0,13
Tamá	16339,48	2321,53	1086,00	0,07
Tatamá	10929,58	0,00	104,00	0,01
Tota - Bijagual - Mamapacha	151497,98	8213,20	39257,00	0,26
Yariguíes	4251,78	0,00	23,00	0,01

Posteriormente para entender la influencia de los impulsores de cambio sobre las coberturas se planteó por medio del programa R-studio explicar la relación que existe entre el promedio de las tasas de cambio de las coberturas, frente a las áreas de los títulos minero y la densidad poblacional de cada complejo de páramo, esto con el fin de cuantificar la influencia de estas variables independientes sobre el cambio de las coberturas a través del tiempo a nivel nacional. Para este análisis se utilizó un modelo lineal de forma que se hallara una función que se aproximara a la nube de puntos y por ende permita explicar la relación lineal que existe entre dos variables que sería tasa de cambio vs densidad poblacional y oro modelo para tasa de cambio vs área de títulos mineros.

▪ **Influencia de áreas protegidas sobre los cambios en las coberturas**

Para desarrollar el análisis frente a las estrategias de áreas protegidas sobre el cambio en las tendencias de las coberturas, se utilizó la información pública disponible de los Parques Nacionales Naturales de Colombia en el Sistema Referencia Magnas – Sirgas y escala 1:100.000 donde se presenta precisión cartográfica de los límites de los Parques Nacionales Naturales dentro de los complejos de páramos de Colombia.

Y por medio del programa ArcGIS se ingresó la información de la capa de Parques Nacionales Naturales de Colombia y la la Cartografía de Páramos de Colombia Esc. 1:100.000, para poder obtener las áreas de las áreas protegidas que se interceptan con los complejos de páramos que se muestran en la tabla 3.

Tabla 4. Valores por complejo de las áreas protegidas.

Complejo	Área total del Complejo (ha)	Área protegida (ha)
Almorzadero	156552,45	0,00
Altiplano Cundiboyacense	4657,32	0,00
Belmira	10621,87	0,00
Cerro Plateado	17070,34	0,00
Chiles - Cumbal	63222,95	0,00
Chilí - Barragán	80708,31	0,00
Chingaza	109955,54	47935,35
Citará	11232,84	0,00
Cruz Verde - Sumapaz	333419,50	142111,54
Doña Juana - Chimayoy	69263,43	24290,16
El Duende	4454,35	0,00
Farallones de Cali	4545,17	4545,17
Frontino - Urrao	13920,95	1071,66
Guanacas - Puracé - Coconucos	137677,16	31820,51
Guantiva - La Rusia	119749,93	3842,88
Guerrero	42325,12	0,00
Iguaque - Merchán	28311,46	5230,53
Jurisdicciones - Santurbán - Berlín	142608,19	0,00
La Cocha - Patascoy	145538,75	5376,76
Las Hermosas	208011,28	114358,95
Los Nevados	146026,98	56666,37
Los Picachos	23725,06	13331,44
Miraflores	19927,82	0,00
Nevado del Huila - Moras	150537,57	116585,96
Paramillo	6744,09	6702,85
Perijá	29726,84	0,00
Pisba	106242,89	29929,67
Rabanal y río Bogotá	24650,06	0,00
Sierra Nevada de Santa Marta	151021,00	142752,63
Sierra Nevada del Cocuy	271032,54	175654,83
Sonsón	8707,21	0,00
Sotará Fase III: Análisis de dinámicas	80929,13	25169,46
Tamá	16339,48	8956,23
Tatamá	10929,58	10929,58
Tota - Bijagual - Mamapacha	151497,98	4079,50
Yariguíes	4251,78	0,00

Para analizar el control de la estrategia de áreas protegidas sobre los cambios de las coberturas del ecosistema de paramo se utilizó el programa R-studio versión 1.2.5019, donde se realizaron modelos lineales que permitieran cuantificar la significancia del cambio en las coberturas para el periodo del 2000 al 2018. Así mismo, también se efectuó la comparación de las áreas dentro y fuera de la figura de Parques Nacionales Naturales, para comprender si la variable independiente que sería el promedio de cambio total de cada paramo tendrían el mismo al interior de Parques Nacionales Naturales en comparación con las coberturas que no se encuentran en la jurisdicción de PNN, y de esta forma ver el comportamiento de esta estrategia de conservación en el ecosistema.

Resultados

▪ Dinámicas de transformación de las Coberturas

Por medio de la herramienta Clip de ArcGIS fue posible hacer los recortes de cada una de las coberturas reclasificadas (2000-2002, 2005-2009, 2010-2012 y 2018), para los polígonos concernientes a la delimitación de páramo, y de esta forma obtener la información clasificada de acuerdo a cada cobertura para poder analizar las dinámicas de transformación de las mismas.

Para obtener el análisis de los patrones de cambio de las coberturas en los complejos de paramo de Colombia, y así identificar posibles fuerzas conductoras de cambio, se realizó la reclasificación de las coberturas de acuerdo con la tabla 1, para la metodología Corine Land Cover de acuerdo con los periodos 2000-2002, 2005-2009, 2010-2012 y 2018 a escala 1:100.00. De esta forma fue posible analizar las dinámicas de transformación de las coberturas en áreas ya reclasificadas y posteriormente de acuerdo a estas áreas, se realizó la aplicación de la fórmula para la tasa de cambio de Puyravaud[18] para construir los valores de cambio de cada cobertura para los periodos planteados. Asimismo, se obtuvieron salidas gráficas de tendencias tanto de áreas Nacionales como de las áreas específicas de PNN Y NO PNN con sus correspondientes tasas.

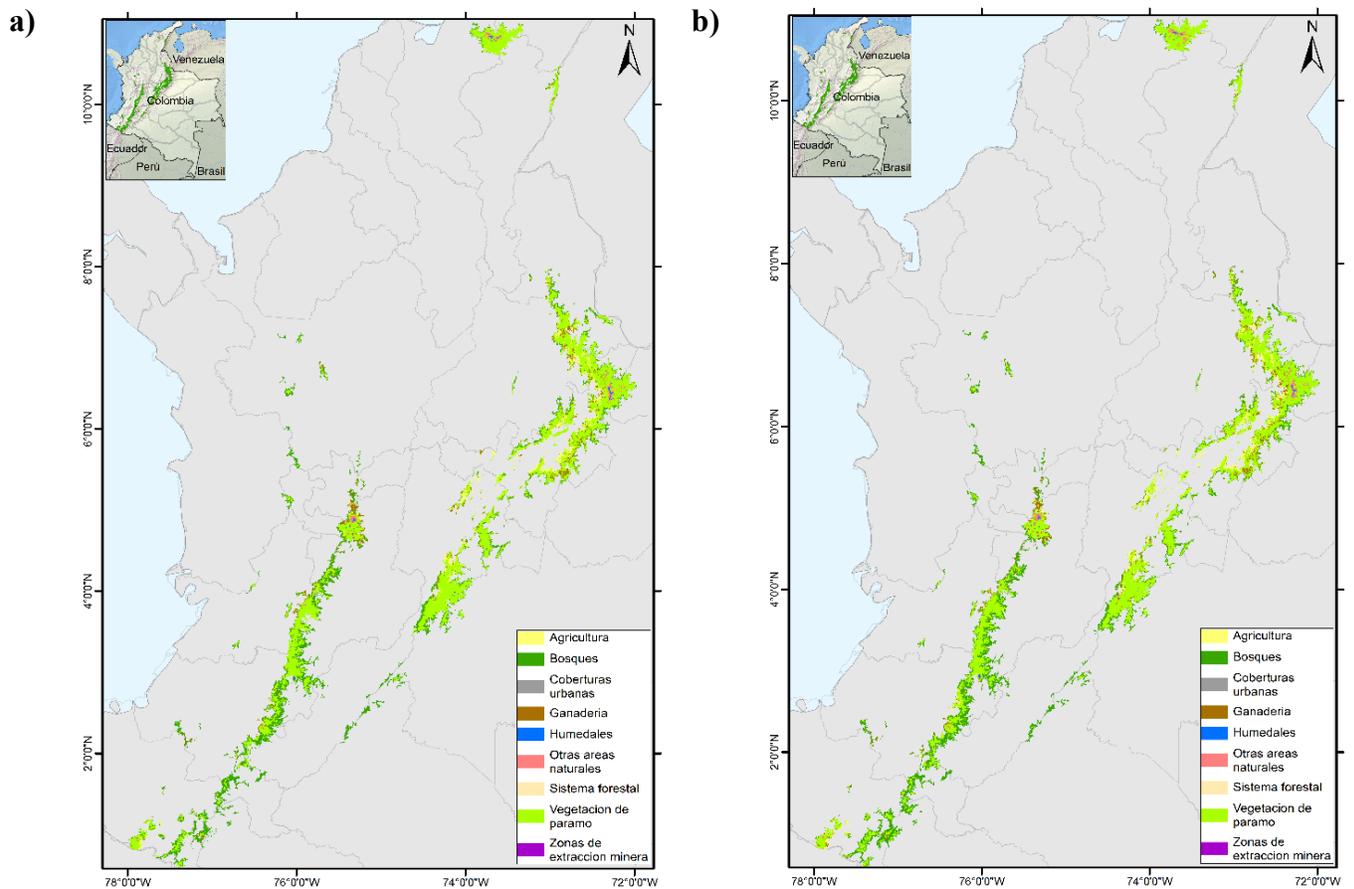


Figura 2. Mapa reclasificado. De a)2000-2002 b)2005-2009 a escala 1:100.00. Realización propia.

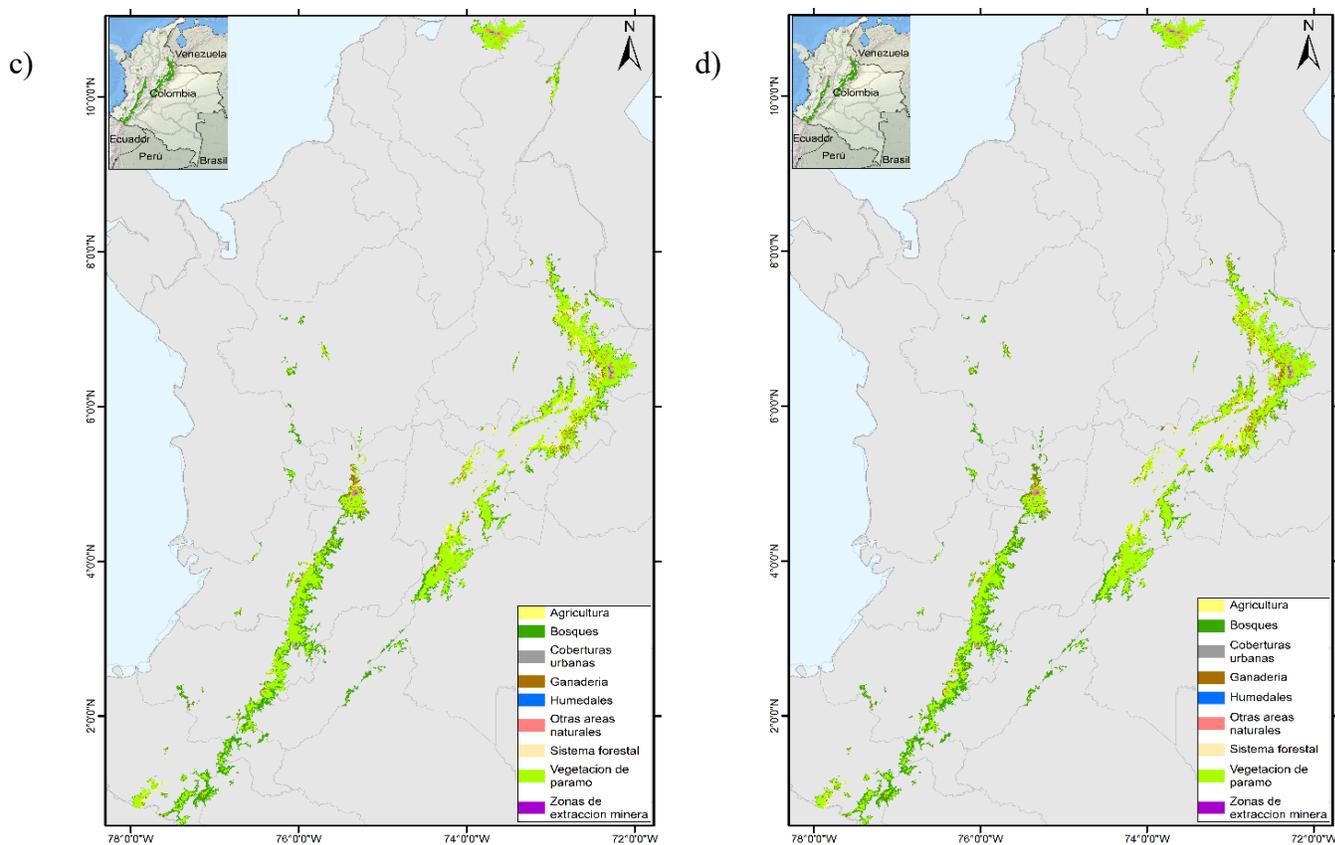


Figura 3. Mapa reclasificado. De c)2010-2012 y d)2018 a escala 1:100.00. Realización propia.

Transformación de las coberturas a nivel nacional

De esta forma se obtuvo el área de cada cobertura para cada periodo de tiempo, priorizando la compatibilidad de los usos permitidos de páramo donde el enfoque estuvo dado en los grandes grupos de disturbio que implican una cobertura con transformación antropogénica, teniendo en cuenta que estas modifican los ecosistemas de páramo y bosque. Por consiguiente, en la figura 3, se puede observar que las coberturas más relevantes son bosques y vegetación de páramo. A su vez para el área de la cobertura de agricultura, su trayectoria muestra una disminución en el tiempo dentro de los páramos, en contraste con la de cobertura de ganadería que, a diferencia de la agricultura, tiende a aumentar desde el 2000-2002 al 2018 en un 1.6 % sobre su cobertura total. Igualmente, no se encuentra una trayectoria clara para bosques de aumento o disminución dentro de los 18 años si no oscilaciones entre un rango de 768215 a 804716 hectáreas. Sin embargo, para la vegetación de páramo en el último periodo se evidencia una disminución en un 1.2% en su cobertura, contrastando la tendencia de aumento que venía trazando para los periodos 2000-2002, 2005-2009 y 2010-2012.

De igual forma es posible observar en la figura 3 trayectorias complementarias donde hay una disminución de la agricultura y un aumento de la ganadería, donde los bosques se mantienen estables, pero es importante afirmar que hay una ganancia neta de vegetación de páramo desde los inventarios del 2002 hasta las coberturas del 2018 con un pico en el 2012. Podríamos decir que lo que se está perdiendo en agricultura se está ganando en vegetación y lo que se está ganando en ganadería se está perdiendo en bosques.

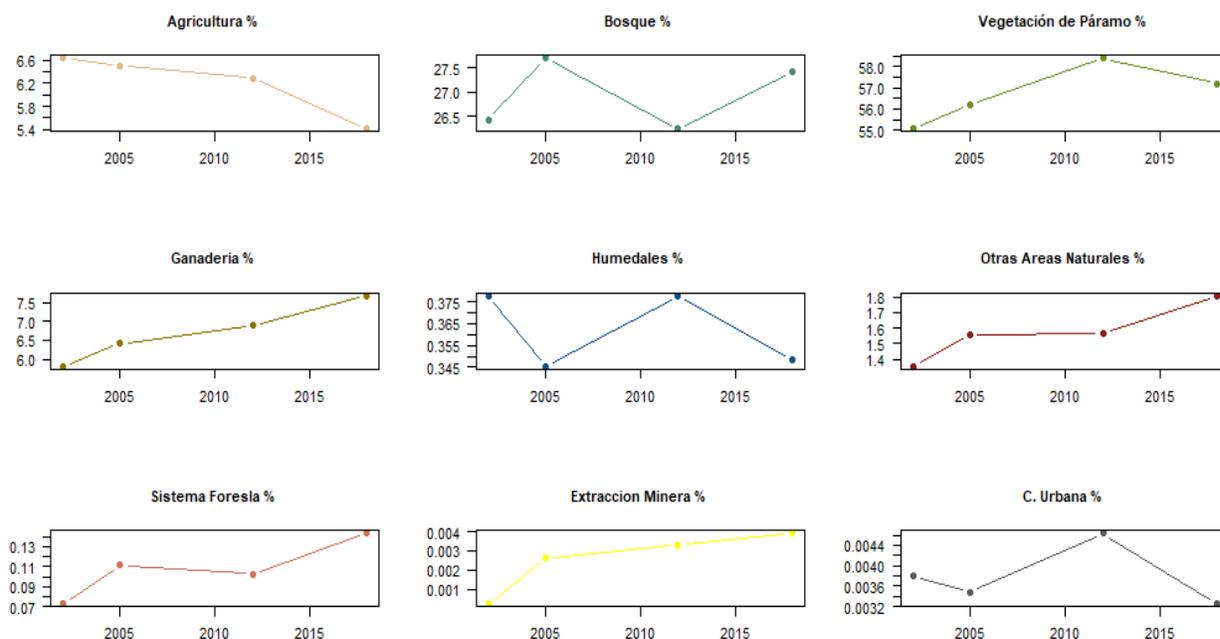


Figura 4. Área de coberturas para 2000-2002, 2005-2009, 2010-2012 y 2018

Tasas de cambio de las coberturas

Este indicador fue construido a partir de los valores calculados del área para cada cobertura reclasificada en dos periodos de referencia, donde se obtiene el promedio anual de variación en la superficie que ocupa dicha cobertura, dada en porcentaje anual de cambio de hectáreas entre dos instantes de tiempo, véase el uso de la fórmula de cálculo enunciada anteriormente. Tasa continua de cambio por año.

Por tal razón, como análisis preliminar de tasa de cambio nacional, no se evidencian cambios significativos entre las coberturas en los periodos de tiempo. Sin embargo, es importante mencionar que el cambio promedio de cobertura aumentó para las zonas de extracción minera en un 324% para el periodo comprendido entre el 2002-2005. Sin embargo, para los siguientes dos periodos fueron bajos mostrando valores cercanos a 0 como se evidencia en la tabla 4.

Tabla 4. Valores de Tasa anual de cambio de las coberturas.

Coberturas	2002-2005	2005-2012	2012-2018
Agricultura	-0.6445	-0.4863	-2.7841
Bosques	1.5838	-0.7536	0.9003
Coberturas urbanas	-2.6945	4.7007	-5.9792
Ganadería	3.4504	1.0506	2.2721
Humedales	-2.8814	1.3392	-1.5635
Otras áreas naturales	5.0095	0.0474	3.0912
Sistema forestal	17.7936	-1.1256	7.9117
Vegetación de páramo	0.6684	0.5506	-0.4047
Zonas de extracción minera	324.8826	3.7446	3.5161

Ahora bien, como se busca encontrar una estructura temporal en los patrones de cambio de las coberturas, se presenta la necesidad de extrapolar información a través de escalas ya que como se

muestra en la tabla 4, los resultados no presentan cambios relevantes. De esta forma para robustecer el análisis se entra a analizar la tasa continua de cambio para cada una de las coberturas dentro de cada uno de los complejos de páramo por separado. De manera que se encuentren valores de cambio focalizados que permitan una mayor comprensión de las coberturas en cada complejo de páramo a nivel nacional.

La figura 4 nos permite evidenciar como se ha comportado la cobertura de agricultura a través de los intervalos de tiempo 2002-2005, 2005-2012 y 2012-2018 dentro de cada uno de los complejos de páramo. De esta forma es posible comparar los cambios que ha tenido cada complejo de páramo entre distintos años. En este sentido la figura 4 muestra como para el periodo de 2012-2018 los complejos que han aumentado su cobertura de agricultura significativamente son Belmira, Sierra Nevada de Santa Marta y Sonsón siendo los más cercanos al 100%. Por otro lado, es posible afirmar que hay complejos de páramo en los que la configuración de sus coberturas de agricultura se ha mantenido estable a través para cada año en cada periodo de tiempo, es decir no ha crecido ni aumentado, estos serían Chiles – Cumbal, Guerrero, Rabanal y río Bogotá, Tota - Bijagual – Mamapacha. Y del mismo modo vemos como la tasa de cambio en el complejo de Cerro plateado, Chilí – Barragán, ha disminuido el porcentaje de cambio entre la cobertura de agricultura.

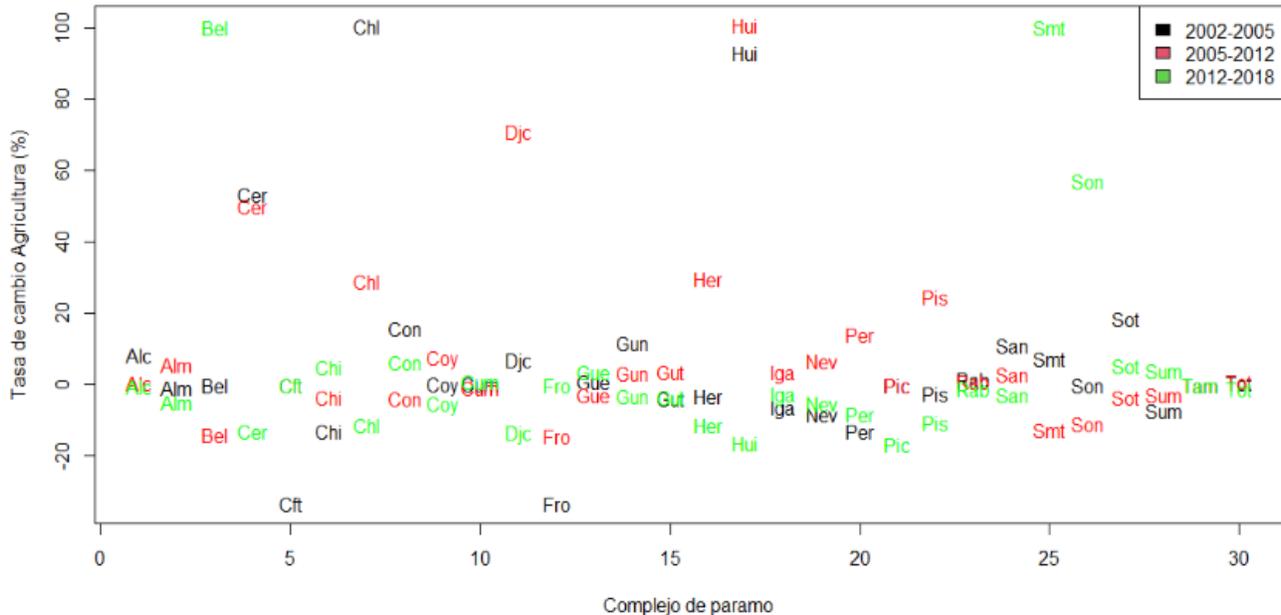


Figura 5. Tasa de cambio para la cobertura de agricultura para cada complejo de páram

La figura 6 muestra que si bien la ganadería a nivel nacional a aumentado lo ha hecho lentamente con tasas anuales de incremento muy bajas De la misma manera se calcularon las tasas de cambio para la cobertura llamada agricultura, que agrupa todas las coberturas de pastos encontradas en páramo. La tasa de cambio de las coberturas se muestra en su mayoría baja, ya que se encuentran rondando valores de 1 a 5%. Sin embargo, encontramos picos en Cumbal y Yariguies de aumento importante de la expansión de la gricultura en comparación a los demás complejos. Dicha tasa de cambio estima el grado de conservación de la cobertura [19], lo que muestra es que no ha habido grandes cambios en el área de los pastos en los páramos de Colombia.

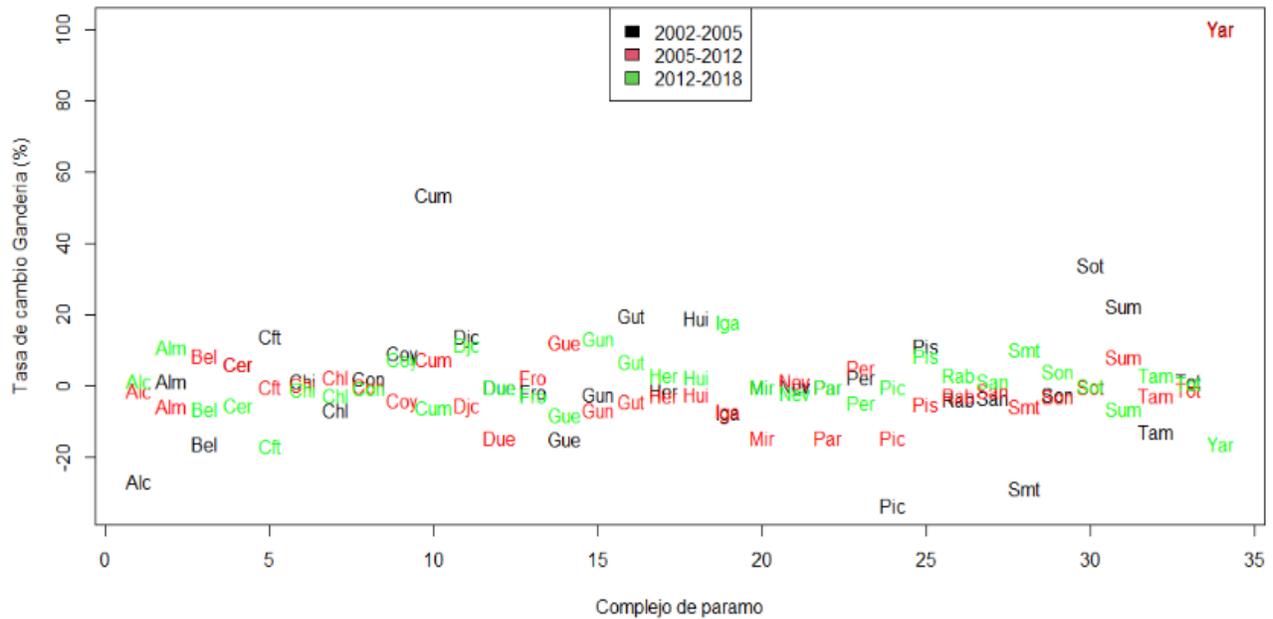


Figura 6. Tasa de cambio para la cobertura de ganadería para cada complejo de páramo

Dentro del análisis realizado se busca entender igualmente qué está ocurriendo al mismo tiempo con las coberturas de bosques y vegetación de páramo, por lo cual también se realizó el cálculo de tasas para cada periodo de tiempo. Sin embargo, dentro de los complejos de páramo para estas dos agrupaciones de coberturas, no se muestran grandes patrones de cambio entre los periodos de tiempo, dado que como se muestra en la figura 7, los datos se encuentran oscilando entre valores de -15% y 10% para ambas coberturas, por lo que podemos concluir que cada complejo responde a procesos individuales locales y no nacionales.

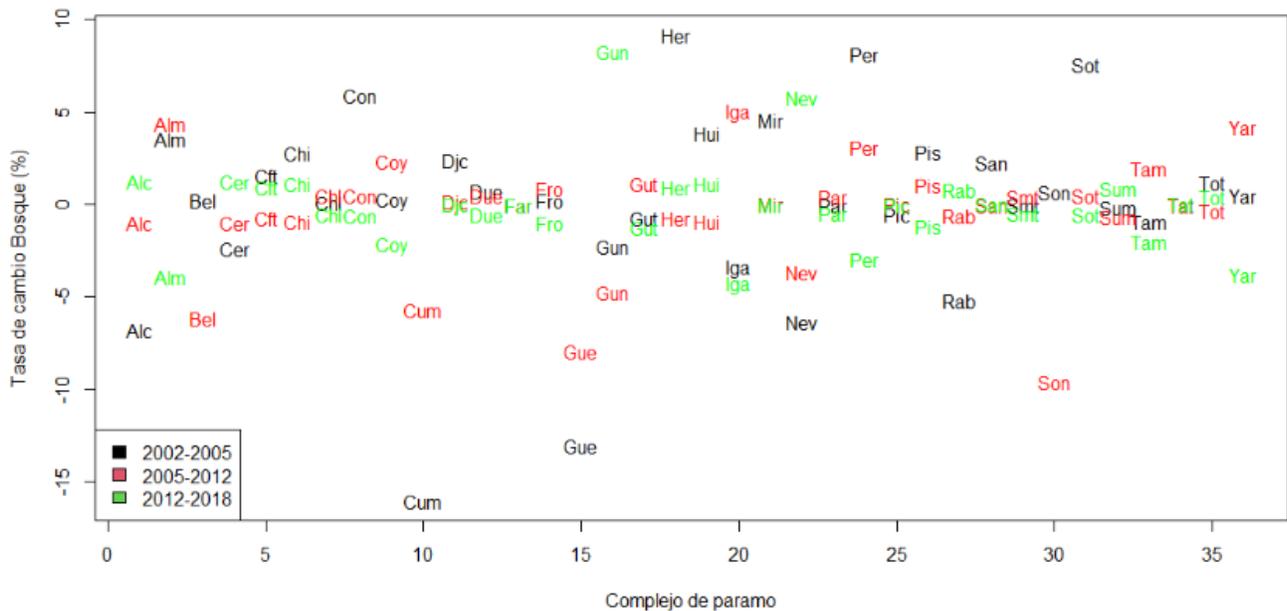


Figura 7. Tasa de cambio para la cobertura de bosque para cada complejo de páramo

▪ Relación de titulaciones mineras y dinámicas demográficas en el cambio de coberturas

Para caracterizar la influencia de las variables propuestas en el cambio promedio de las coberturas, se determinó primeramente un promedio de cambio para cada una de las coberturas pertenecientes a cada complejo de páramo, en el periodo de tiempo comprendiendo entre 2000 al 2018, de esta forma se obtuvieron 244 datos de tasas de cambio promedio a nivel nacional. Por ende, se utilizó un modelo de regresión lineal simple que describiera la relación entre una variable dependiente que sería la tasa promedio de cambio en función de una independiente. Las variables que buscan caracterizar los cambios en dichas tasas de cambio serían: densidad poblacional, las titulaciones mineras y área de los PNN en las coberturas de agricultura, bosques, ganadería y vegetación de páramo.

Al correr el modelo lineal buscaba encontrar la relación entre la densidad poblacional y promedio de las tasas de cambio de las coberturas, no arrojaba significancia ($p\text{-value} = 0.8622$) sugiriendo que los cambios en la tasa de cambio no están asociados con cambios en la densidad poblacional de cada páramo. Sin embargo, al realizar el modelo para cada cobertura se muestra que el área de títulos mineros tiene relación con la tasa de cambio de la cobertura de agricultura con un ($p= 0.0140$). Posteriormente se corrió una regresión para evidenciar si la variable de Área de Parques Nacionales Naturales tenía relación de el de la tasa de cambio promedio de las coberturas. Donde se encontró que el el modelo era significativo con un $p\text{-value}$ de 0.000411 y para todo el modelo de PNN valor de significancia $p\text{-value}=0.007909$, mostrando que existe relación en el aumento de la tasa de cambio de la cobertura de agricultura y el área de los Parques Nacionales Naturales. De manera que en Parques Nacionales Naturales de mayor tamaño existe una mayor tasa promedio de cambio para la cobertura de agricultura. En la figura 8 se evidencia como la pendiente muestra la significación de cada cobertura en este modelo lineal.

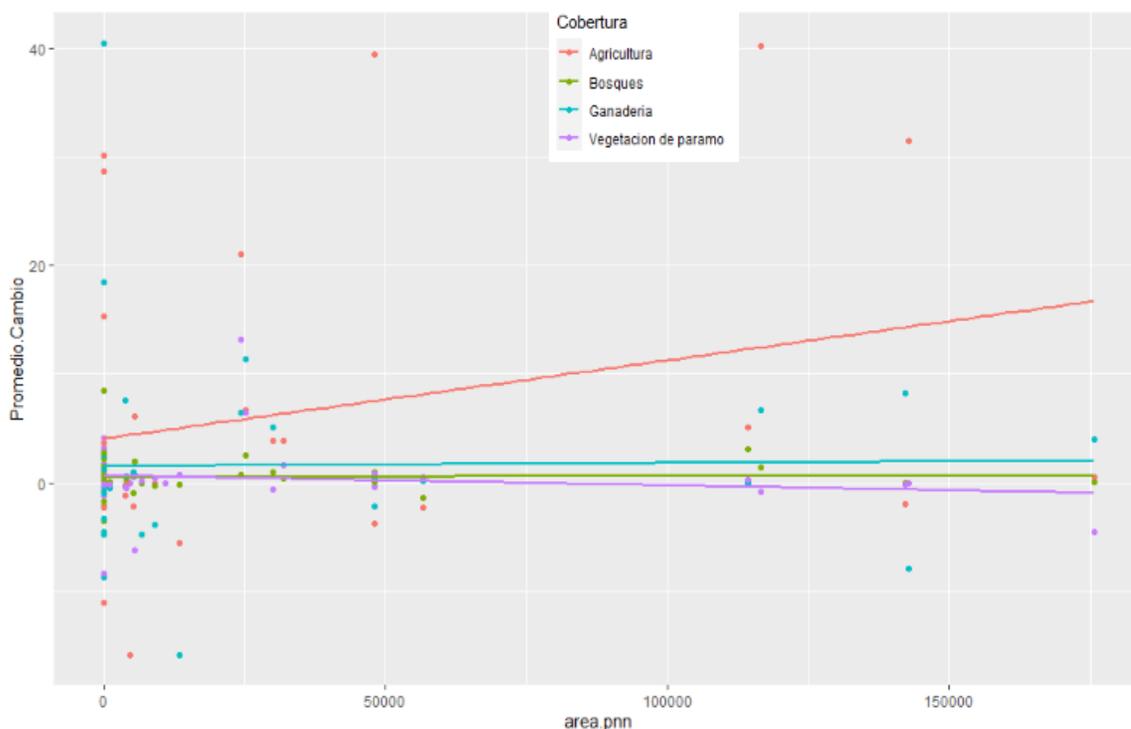


Figura 8. Regresión de tasa promedio de cambio en función del área de los PNN

▪ **Influencia de áreas protegidas sobre los cambios en las coberturas**

Una parte importante de los páramos de Colombia están en el sistema de áreas protegidas de Parques Nacionales Naturales y parte de la investigación pretende entender como la capacidad de gobernanza de los parques podía limitar o no a estas tasas de cambio que encontramos en las coberturas, buscando no solamente la ley de páramos si no ejercer la misionalidad del parque que es proteger las áreas. En este sentido la figura 8 nos muestra como existe un crecimiento de la ganadería para el periodo de comprendido entre 2002-2018 dentro de la figura de conservación, mostrando que pese a que existen entidades de control aun sigue el desarrollo de esta actividad.

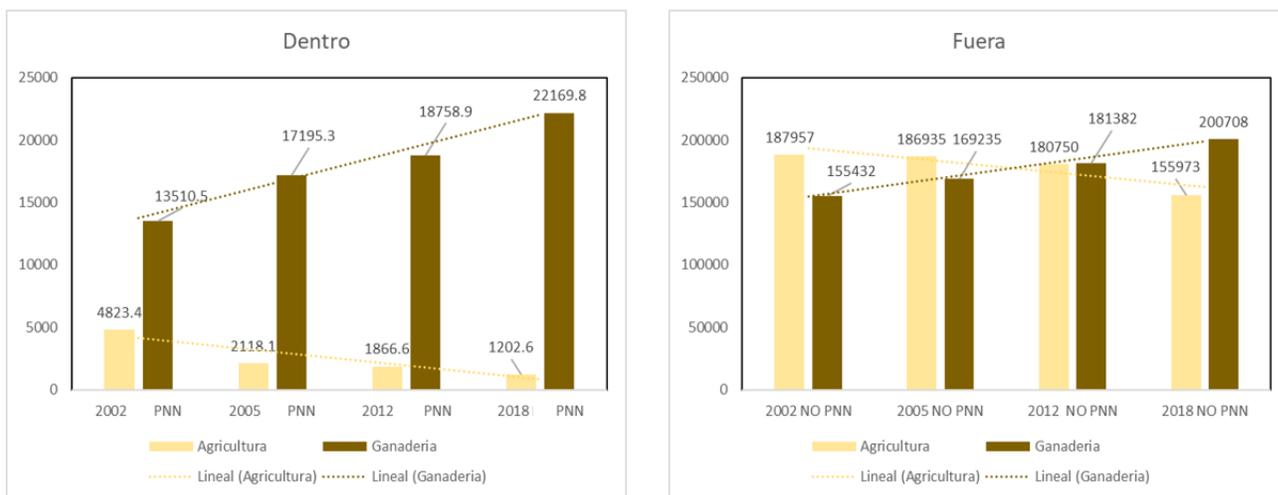


Figura 9. Áreas de las coberturas de agricultura y ganadería dentro y fuera de Parques Nacionales Naturales en los páramos de Colombia entre 2002 al 2018.

Como se buscaba comparar la influencia del área de los títulos mineros y la densidad poblacional en las tasas promedio de cambio para cada páramo, dentro de dos diferentes estrategias de manejo áreas de páramo (1) dentro y (2) fuera de Parques Nacionales Naturales analizándose como componentes independientes. Y de esta forma evidenciar si estas variables influyen de maneras diferentes dentro y en el cambio de coberturas. Para esto se corrieron dos diferentes modelos, el primero entre la tasa promedio de cambio en cuatro tipos de coberturas, las cuales fueron priorizadas bajo el criterio compatibilidad de uso permitidas en páramo y de las cuales se puede inferir conflictividad (agricultura, bosque, ganadería, vegetación de páramo) y el área de cada titulo minero dentro de los complejos de paramo; esto buscando comparar el comportamiento de las tasas de cambio promedio dentro de páramo y fuera de los complejos de páramo para cada cobertura. Y como resultado se encontró que dicho modelo no es significativo ya que posee un $p\text{-value} = 0.4208$. Indicando que no hay una relación significativa entre el cambio de coberturas y el área de los títulos mineros.

De igual manera se realizó un modelo lineal para el promedio de las tasas de cambio de las coberturas anteriormente mencionada, dentro (PNN) y fuera (NOPNN) de jurisdicción Parques Nacionales Naturales para las áreas de cada páramo. En la Figura 10 se muestra el modelo lineal realizado para los cuatro tipos de cobertura de cada complejo de paramo que asu vez son identificadas con formas distintas. Clasificando en color azul áreas protegidas (PNN) y en naranja áreas no protegidas (NOPNN). De acuerdo con el modelo fue posible encontrar que existe una relación positiva para la tasa de cambio promedio de ganadería en los complejos páramo con área dentro Paques Nacionales Naturales y densidad poblacional, con $p\text{-value} = 0,000006$ y un $R\text{-squared} = 0.1358$. La línea de regresión azul muestra que a medida que aumenta la densidad poblacional, la tasa promedio de

ganadería en áreas protegidas también lo hace. Diferencian de la recta naranja que no existe relación significativa.

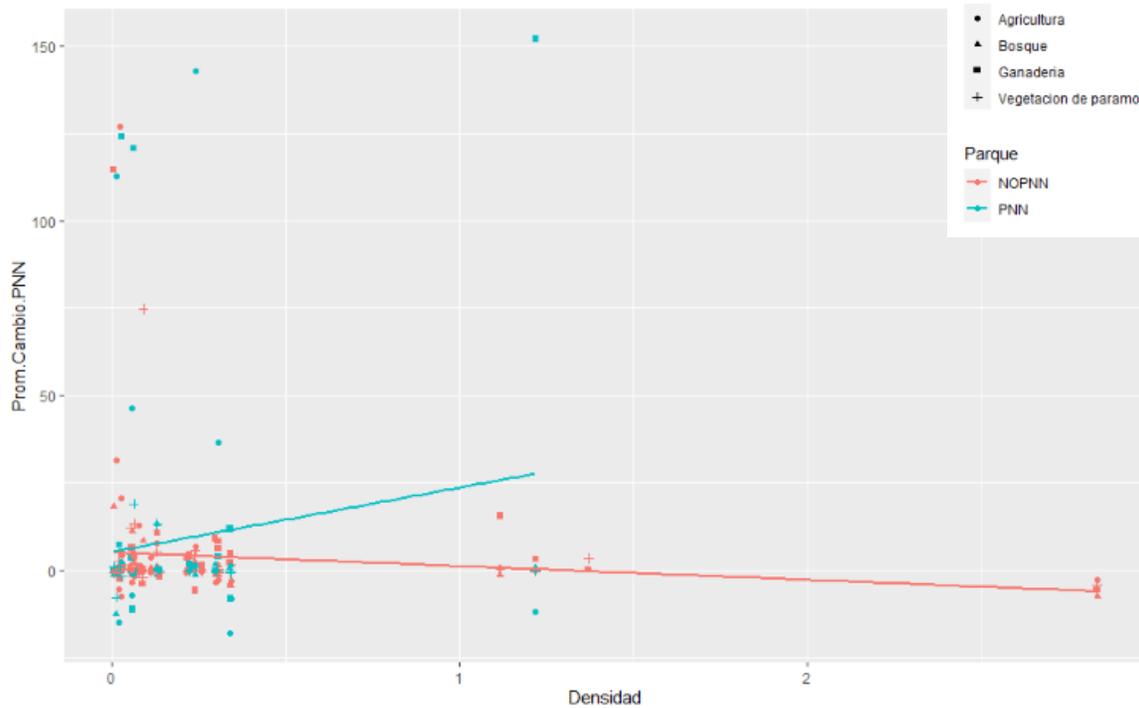


Figura 10. Regresión de tasa promedio de cambio en función del área de los PNN

Discusión

Por medio de la metodología Corine Land Cover se agruparon y re organizaron 13.289 polígonos para cuatro diferentes periodos de tiempo a nivel nacional, de forma que fueran óptimos y claros los análisis en los complejos. Ahora bien, se generaron mapas para las agrupaciones categóricas de cada cobertura, fungiendo como insumos visuales en el reconocimiento de las dinámicas de cambio. De manera que preliminarmente se pudiera reconocer la forma en que se están configurando los ecosistemas de páramo, y denotando la dominancia de los pastos, herbazales y arbustales, re nombrados bosques y vegetación de páramo. En este estudio se evaluó la trayectoria de coberturas compatibles con los usos permitidos en páramo. Por lo que para dichas trayectorias se muestra como existe tendencia a la baja de la agricultura a nivel nacional, pero se hace contrapeso ganando en el tiempo cobertura concerniente a las actividades ganaderas a nivel nacional. De manera que existe competencia entre ganadería y agricultura, como se ve mayormente en el pico del 2018 donde el 13% de la agricultura paso a ser ganadería, evidenciando que ha existido una expansión de la ganadería sobre vegetación de páramo en zonas abiertas. Lo que se hace alarmante dado la devastadora y aún no calculada pérdida de las condiciones de páramo, reflejado especialmente, en la capacidad de retención de agua en el suelo que se ve afectada por el pisoteo constante del ganado, compactándolo y quitándole espacio poroso para acumular el agua. [22]

La competencia entre ganadería y agricultura, aunque ha existido cierta recuperación de los páramos esta no ha sido tan importante y lo que más se ha visto es una competencia entre agricultura y ganadería, pero lo que evidenciamos es el pico de la ganadería corresponde a una caída en la vegetación de páramo mostrando que ha existido una expansión de la ganadería sobre la vegetación de páramo en zonas abiertas y en bosques se ha mantenido constante a lo largo del tiempo.

Por medio de la trayectoria del porcentaje de cada cobertura se ve como la vegetación de páramo cubre entre el 55% y 58% de las coberturas totales en el intervalo estudiado. Del mismo modo, se ratifica la información encontrada en la literatura que menciona que el porcentaje de área transformada por actividades antrópicas persiste para los periodos 2010-2012 y 2018 con valores nacionales del 13% al 14% como lo fue para 2000-2002 y 2005-2009 [5]. Sin embargo, se evidencia cómo el bosque tiende a fluctuar en un 1% desde el 2002 al 2018. En este sentido, gracias a las matrices de cambio es posible identificar la forma en que se pierde cobertura de bosques a razón de la ganancia de área de la vegetación de páramo. Tal cambio, se da como consecuencia posible del fenómeno de “paramización”, que si bien implica la presencia de especies de páramo en áreas que tenían otra cobertura, incide negativamente en la provisión de servicios ecosistémicos [5]. Ya que el proceso de paramización se puede presentar aún en la zona del bosque Alto Andino, en razón a la desaparición de bosques por la influencia humana [23] .

Al analizar las tasas de cambio, se evidencia que la vegetación de páramo muestra un patrón donde posee un buen estado de conservación demostrando que dichas tasas de cambio se mantienen cercanas a cero en todos los periodos de tiempo analizados (2002 - 2009 - 2012) [17]. Sin embargo, como se ha mencionado hay procesos al interior de cada uno de los páramos existen dinámicas particulares que afectan a cada uno en específico. Lo que se encontró es que solamente el Páramo de Sonsón en Antioquia el de belmira y la Sierra Nevada de Santa Marta han tenido cambios importantes en la cobertura en términos de expansión grande de la agricultura entre el 2002 al 2018 según lo que nos muestran las tasas de cambio implicando que hay cierta expansión luego de la ley de páramos pero en general los otros páramos como el del Huila que es un páramo grande y el de Doña Juana son páramos que han sido transformados antes. Chile - Barragán en el 2002.2005 muestra porcentaje de transformación de cobertura casi de un aumento del 100% de su área. En este sentido no todos los páramos del país son vulnerables de la misma manera esto evidenciando la expansión de la ganadería vemos picos muy importantes y picos muy viejos en cumbal y yariguies también en sotará tasas de pérdida en bosque en cumbal y tasas de recuperación en Sotará, todas estas son tasas de recuperaciones antiguas de manera reciente solo Guanacas - Puracé - Coconucos tuvo una tasa de recuperación. De igual forma en Serranía de los Yariguíes, muestra que en el tiempo han existido procesos de pérdida y ganancia. Lo que se puede complementar de forma que este está incluido en la lista roja de ecosistemas de Colombia, donde gran parte del territorio se encuentra categorizado en estado Vulnerable, y hace parte de las 149 Áreas Clave de Biodiversidad (identificadas por la UICN).[24]

La transformación de los ecosistemas en gran medida se ha visto influenciada por procesos antropogénicos [25]. En particular existen patrones específicos que se presentan en la región Andina, donde existen mayores densidades y proporciones de transformación en comparación con las zonas bajas [25]. Sin embargo, al intentar aplicar tal relación entre patrones se muestra que no hay existe significancia para la relación entre la transformación de los complejos de páramo y la densidad poblacional de cada páramo por cobertura. En este sentido el modelo de tasa de cambio promedio fue significativo, entablando que eiste una relación directa entre una el creimiento de la cobertura de agricultura y área de PNN, lo que podría explicarse de manera que actualmente en un mayor tamaño del parque representa, mayores dificultades en la soberanía y control, así pues, los Parques Nacionales Naturales enfrentan distintas problemáticas que influyen en su capacidad de control [26]. Aprovechando una mayor extensión de los parques el informe “Como Vamos” [26], muestra que están ocurriendo dinámicas ilegales dentro de algunos parques, como lo son los cultivos ilícitos y la deforestación [26].

Así mismo retomando la figura 8 y 9 es posible ver como dentro y fuera de PNN se distribuyen las mayores tasas de cambio promedio en densidades y área de títulos más bajas, sin embargo, para lograr evidenciar con mayor significancia los generadores de cambio en el páramo, se recomienda aplicar modelos estadísticos que comprendan un mayor número de variables. Así mismo, se recalca que a una escala nacional se debería otorgar la relación de cambio de distintas coberturas a múltiples variables, con un modelo estadístico más robusto. Sin embargo, se evidencia en la figura 8 y 9 que no existe grandes diferencias en la efectividad de conservación en áreas protegidas que se encuentran dentro del páramo a diferencia de las que están por fuera del sistema de Parques. Puesto que en todos los complejos se presenta un leve incremento de la cobertura transformada a través de los años, coincidiendo con el descenso de la cobertura natural y el aumento de la vegetación secundaria. En 2009 el área transformada del total de complejos de páramo era del 13 %. Este valor es similar al año 2012. No obstante, la proporción de vegetación secundaria aumentó del 0,6 al 0,9 %. Esta tendencia indica que, a pesar del grado de protección y conservación, la presión sobre los páramos se mantiene. Esta presión históricamente está relacionada con actividades agrícolas, de pastoreo y mineras[27].

Conclusiones

Las coberturas naturales no se muestran grandes patrones de cambio entre los periodos de tiempo, dado que los datos se encuentran en un rango de -15 y 10 en el porcentaje de cambio para ambas coberturas. Lo que indica que Las coberturas de páramos en realidad no están tan degradadas ya que se han mantenido más o menos estables como se observa en la vegetación de páramo y los bosques. Incluyendo que según Corine Land Cover solo el 14% son actividades antrópicas.

Se evidencia que la ganadería tiene un crecimiento lento pero constante debido a que esta se presentan en las sabanas donde existe mayor facilidad de transformación. Lo que en realidad lleva a pensar que en realidad, no ha existido una recuperación significativa de páramo porque sigue habiendo otros usos que tal vez sean más fáciles de manejar en términos de la ley actual que es la ganadería la cual es muy móvil y puede ser menos castigable ante las autoridades ambientales ya que esta es de bajo impacto en comparación de lo que es la agricultura que requiere cambios más drásticos en las coberturas. De igual forma es posible afirmar que coberturas de Páramo no se están recuperando y que hay competencia entre usos de la tierra y actividades productivas sin embargo se evidencia que estos cambios en el uso de la tierra no son homogéneos en todas las áreas de páramos. Como se muestra a partir de la existencia tasas positivas y negativas a lo largo del tiempo en los páramos que es evidencia de como estos son unidades dinámicas de constantes ganancias y pérdidas. Ya que no todos los páramos del país son vulnerables de la misma forma debido a que cada complejo tiene distintos picos de degradación y de recuperación.

Gran parte de los páramos de nuestro país están en el sistema de áreas protegidas de parques y parte nuestra pregunta de investigación era entender la capacidad de gobernanza de los parques podían limitar o no estas tasas de cambio, contemplando no solamente la ley de páramos sino el ejercicio de la misionalidad del parque, que es proteger las áreas de páramo. Sin embargo, vemos que los parques más grandes han tenido tasas de cambio más grandes de expansión de la agricultura, indicando que tal vez hay una incapacidad del parque cuando es muy grande manejar todo su territorio y no es capaz de controlar lo que se evidencia problemas de gobernanza. Entonces al estar en parques no se garantiza tener una baja expansión de la agricultura ni ganadería. De igual manera que es importante mencionar que no hay una expansión de la minería en Corine Land Cover ni en los títulos mineros lo cual refleja que la ley si ha servido en términos de minería legal, la cual se reporta en los títulos y que no reporta una ampliación.

Se escogieron esas variables para aproximarse a analizar los supuestos grandes cambios que han tenido los páramos, que si bien en un patrón nacional no se evidencian grandes cambios sí se puede evidenciar que las coberturas compiten y la recomendación final es pensar no solo en conservar los páramos sino más bien en restaurarlos porque lo que evidenciamos es que las coberturas están transformadas y varían entre una y otra dependiendo de las tendencias económicas o como la capacidad de la autoridad de ejercer control en esos sitios entonces, se sugeriría que los esfuerzos de restauración podrían ayudar a mejorar esas capacidades como por ejemplo también utilizando otras alternativas como lo son la compra de predios, cerramiento de predios. De igual manera ya que en los páramos de Colombia hay evidencias de que hay especies invasivas llegando a páramos es importante estudiar aquellos disturbios que por la escala son difíciles de diferenciar en metodologías como Corine Land Cover por lo tanto hay una parte de la degradación que no se mide a estas escalas.

Bibliografía

1. Sarmiento, C.; Osejo, A.; Ungar, P.; Zapata, J. Páramos Habitados: Desafíos Para La Gobernanza Ambiental de La Alta Montaña En Colombia. *Biodiversidad en la Práctica* 2017, 2, 122–145.
2. Vergara-Buitrago, P.A. Estrategias Implementadas Por El Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia Para Conservar Los Páramos. *Revista de Ciencias Ambientales* 2020, 54, 167–176, doi:10.15359/rca.54-1.9.
3. Rangel-Ch, J.O. La Región Paramuna y Franja Aledaña En Colombia. En: Rangel-Ch, J. O. (ed.). *Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna*. 2000, III, 1–23.
4. Periodo, E.L. ESTADO DE LAS COBERTURAS PARAMUNAS EN. 2022.
5. Cadena-Vargas, C.E.; Sarmiento, C. Cambios En Las Coberturas Paramunas. *Biodiversidad* 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia 2016, 25–26, doi:10.21068/b001.2015.204.
6. Sabogal, P. A.Z. Estado actual de la delimitación de los páramos en Colombia, como mandato constitucional y su relación con la protección y conservación de estos ecosistemas estratégicos. 2020.
7. Morales, J.F. *Políticas Mineras En Colombia*. 2012.
8. Lambin, E.F.; Coomes, O.T.; Turner, B.L.; Geist, H.J.; Agbola, S.B.; Angelsen, A.; Folke, C.; Bruce, J.W.; Coomes, O.T.; Dirzo, R.; et al. The Causes of Land-Use and Land-Cover Change: Moving beyond the Myths. *Global Environmental Change* 2001, 11, 261–269.
9. Eakin, H.; DeFries, R.; Kerr, S.; Lambin, E.F.; Liu, J.; Marcotullio, P.J.; Messerli, P.; Reenberg, A.; Rueda, X.; Swaffield, S.R.; et al. Significance of Telecoupling for Exploration of Land-Use Change. *Rethinking Global Land Use in an Urban Era* 2014, 141–161, doi:10.7551/mitpress/9780262026901.003.0008.
10. Hahs, A.K. Urban Megaregions and the Continuum of Urbanity—Embracing New Frameworks or Extending the Old? *Ecosystem Health and Sustainability* 2016, 2, 1–2, doi:10.1002/ehs2.1201.
11. Garavito Rincón, L.N. Los Páramos En Colombia, Un Ecosistema En Riesgo. *Ingeniare* 2015, 127, doi:10.18041/1909-2458/ingeniare.19.530.
12. Guzman, P.M.T. Analisis de la influencia del sistema productivo de papa en el cambio de coberturas y usos de suelo de Soracá, Colombia. 2020, doi:10.3726/978-3-0352-0094-2/1.
13. Cortés-Duque, J. y Sarmiento, C. *Visión Socioecosistémica de Los Páramos y La Alta Montaña Colombiana: Memorias Del Proceso de Definición de Criterios Para La Delimitación de Páramos*; 2014; ISBN 9789588889016.
14. Garcia Bustamante, A.E.; Leal Espear, Y.E.; Garcia Bustamante, A.E.; Leal Espear, Y.E.

- Análisis a La Protección Del Estado a Los Ecosistemas de Páramo. *Justicia* 2019, 196–212, doi:10.17081/just.24.3400.
15. Morales M., Otero J., Van der Hammen T., Torres A., Cadena C., Pedraza C., Rodríguez N., Franco C., Betancourth J.C., Olaya E., P.E. y C.L. Atlas de Páramos de Colombia. *Cytopathology* 2007, 16, 53–54, doi:10.1111/j.1365-2303.2004.00206.x.
 16. Acosta, H.; Barajas, P.; Castellanos, H.; Ciontescu, N.; Corredor, L.; Espejo, C.; Huertas, C.; Martín, C.; Ramírez, C. Catálogo de Patrones de Coberturas de La Tierra Colombia. 2012.
 17. Zapata, J.; C.S. y A.R. (2022). royecto M.I. para la conservación. P.P. y B. de USAID. Entre Páramos. Reporte de Estado y Tendencias de Los Páramos Colombianos. **2022**, 3–6.
 18. Puyravaud, J.P. Standardizing the Calculation of the Annual Rate of Deforestation. *Forest Ecology and Management* 2003, 177, 593–596, doi:10.1016/S0378-1127(02)00335-3.
 19. Carnevale, A.; Alzugaray, N.J.; Leo, D. Quebracho-Revista de Ciencias Forestales.
 20. Aguilera, Francisco. Análisis Espacial Para La Ordenación Eco-Paisajística de La Aglomeración Urbana de Granada. Tesis Doctoral: Programa de Doctorando En Urbanismo, Ordenación Del Territorio y Planificación Ambiental. 2008, 390.
 21. Turner, M.G. Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. *Annual review of ecology and systematics*. Vol. 20 1989, 171–197, doi:10.1146/annurev.es.20.110189.001131.
 22. Estupiñán, L.H.; Gómez, J.E.; Barrantes, V.J.; Limas, L.F. Efecto de Actividades Agropecuarias En Las Características Del Suelo En El Páramo El Granizo, (Cundinamarca - Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 2009, 12, doi:10.31910/rudca. v12.n2.2009.694.
 23. Pabón Caicedo, J.D.; Gutiérrez, H.; Alarcón, J.C.; der Hammen, T. El Cambio Global y Los Ecosistemas de Alta Montaña de Colombia. 2002, 40.
 24. Pabón Caicedo, J.D.; Gutiérrez, H.; Alarcón, J.C.; der Hammen, T. El Cambio Global y Los Ecosistemas de Alta Montaña de Colombia. 2002, 40.
 25. Etter, A.; Van Wyngaarden, W. Patterns of Landscape Transformation in Colombia, with Emphasis in the Andean Region. *Ambio* 2000, 29, 432–439, doi:10.1579/0044-7447-29.7.432.
 26. Vilarity Quiroga, S.P.; León Parra, A. Informe 2021 Parques Nacionales Cómo Vamos. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. 1967.
 27. Estado de Conservación de Los Páramos En Colombia | Biodiversidad 2020 Available online: <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2020/cap1/101/#seccion3> (accessed on 25 May 2022).
 28. Murcia, U.G.; Rincón, E.; Huertas, C.; Rodríguez, J.; Castellanos, H. Fichas Técnicas de Los Patrones de Las Coberturas de La Tierra de La Amazonia Colombiana; 2009; ISBN 9789588317519.
 29. G. Bustamante, A. Emilse, Y. Elias, G. Bustamante, A. Emilse. Análisis a la protección del Estado a los ecosistemas de páramo. 2019 http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012474412019000100196&lng=en&nrm=iso&tlng
 30. Zapata, J.; C. Sarmiento y A. Rivera (2022). Entre Páramos. ¿En que estamos con los páramos en el s. XXI?
 31. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM, et al. “Mapa de Cobertura de la Tierra, Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000(Periodo 2000 – 2002), <http://www.ideam.gov.co/capas-geo>.
 32. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM, et al. “Mapa de Cobertura de la Tierra, Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000(Periodo 2005 – 2009) <http://www.ideam.gov.co/capas-geo>.
 33. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM, et al. “Mapa de

- Cobertura de la Tierra, Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000(Periodo 2010- 2012).
34. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM, et al. “Mapa de Cobertura de la Tierra, Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000(Periodo 2018) <http://www.ideam.gov.co/capas-geo>.

Anexos

Anexo 1. Lineamientos de la publicación exigidos por la revista Agronomy

Types of Publications

Agronomy has no restrictions on the length of manuscripts, provided that the text is concise and comprehensive. Full experimental details must be provided so that the results can be reproduced. Agronomy requires that authors publish all experimental controls and make full datasets available where possible (see the guidelines on Supplementary Materials and references to unpublished data).

Manuscripts submitted to Agronomy should neither be published previously nor be under consideration for publication in another journal. The main article types are as follows:

Articles: Original research manuscripts. The journal considers all original research manuscripts provided that the work reports scientifically sound experiments and provides a substantial amount of new information. Authors should not unnecessarily divide their work into several related manuscripts, although short Communications of preliminary, but significant, results will be considered. The quality and impact of the study will be considered during peer review.

Reviews: These provide concise and precise updates on the latest progress made in a given area of research. Systematic reviews should follow the PRISMA guidelines.

Submission Process

Manuscripts for Agronomy should be submitted online at susy.mdpi.com. The submitting author, who is generally the corresponding author, is responsible for the manuscript during the submission and peer-review process. The submitting author must ensure that all eligible co-authors have been included in the author list (read the criteria to qualify for authorship) and that they have all read and approved the submitted version of the manuscript. To submit your manuscript, register and log in to the submission website. Once you have registered, click here to go to the submission form for Agronomy. All co-authors can see the manuscript details in the submission system, if they register and log in using the e-mail address provided during manuscript submission.

Accepted File Formats

- Authors are encouraged to use the Microsoft Word template or LaTeX template to prepare their manuscript. Using the template file will substantially shorten the time to complete copy-editing and publication of accepted manuscripts. The total amount of data for all files must not exceed 120 MB. If this is a problem, please contact the Editorial Office

agronomy@mdpi.com. Accepted file formats are:

- Microsoft Word: Manuscripts prepared in Microsoft Word must be converted into a single file before submission. When preparing manuscripts in Microsoft Word, we encourage you to use the Agronomy Microsoft Word template file. Please insert your graphics (schemes, figures, etc.) in the main text after the paragraph of its first citation.
- LaTeX: Manuscripts prepared in LaTeX must be collated into one ZIP folder (including all source files and images, so that the Editorial Office can recompile the submitted PDF). When preparing manuscripts in LaTeX, we encourage you to use the Agronomy LaTeX template files. You can now also use the online application writeLaTeX to submit articles directly to Agronomy. The MDPI LaTeX template file should be selected from the writeLaTeX template gallery.
- Supplementary files: May be any format, but it is recommended that you use common, non-proprietary formats where possible (see below for further details).

Disclaimer: Usage of these templates is exclusively intended for submission to the journal for peer-review, and strictly limited to this purpose and it cannot be used for posting online on preprint servers or other websites.

Free Format Submission

Agronomy now accepts free format submission:

- We do not have strict formatting requirements, but all manuscripts must contain the required sections: Author Information, Abstract, Keywords, Introduction, Materials & Methods, Results, Conclusions, Figures and Tables with Captions, Funding Information, Author Contributions, Conflict of Interest and other Ethics Statements. Check the Journal Instructions for Authors for more details.
- Your references may be in any style, provided that you use the consistent formatting throughout. It is essential to include author(s) name(s), journal or book title, article or chapter title (where required), year of publication, volume and issue (where appropriate) and pagination. DOI numbers (Digital Object Identifier) are not mandatory but highly encouraged. The bibliography software package EndNote, Zotero, Mendeley, Reference Manager are recommended.
- When your manuscript reaches the revision stage, you will be requested to format the manuscript according to the journal guidelines.

Cover Letter

A cover letter must be included with each manuscript submission. It should be concise and explain why the content of the paper is significant, placing the findings in the context of existing work. It should explain why the manuscript fits the scope of the journal. Any prior submissions of the manuscript to MDPI journals must be acknowledged. If this is the case, it is strongly recommended that the previous manuscript ID is provided in the submission system, which will ease your current submission process. The names of proposed and excluded reviewers should be provided in the submission system, not in the cover letter.

The editors of this journal are able to deposit papers to the NIH Manuscript Submission System (NIHMS, <http://nihms.nih.gov/>) on your behalf. If you are funded by NIH, please request this service from our editors after acceptance of your paper.

Manuscript Preparation

General Considerations

- **Research manuscripts** should comprise:
 - **Front matter:** Title, Author list, Affiliations, Abstract, Keywords
 - **Research manuscript sections:** Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusions (optional).
 - **Back matter:** Supplementary Materials, Acknowledgments, Author Contributions, Conflicts of Interest, References.
- **Review manuscripts** should comprise the front matter, literature review sections and the back matter. The template file can also be used to prepare the front and back matter of your review manuscript. It is not necessary to follow the remaining structure. Structured reviews and meta-analyses should use the same structure as research articles and ensure they conform to the PRISMA guidelines.
- **Graphical Abstract:**

A graphical abstract (GA) is an image that appears alongside the text abstract in the Table of Contents. In addition to summarizing the content, it should represent the topic of the article in an attention-grabbing way. Moreover, it should not be exactly the same as the Figure in the paper or just a simple superposition of several subfigures. Note that the GA must be original and unpublished artwork. Any postage stamps, currency from any country, or trademarked items should not be included in it.

The GA should be a high-quality illustration or diagram in any of the following formats: PNG, JPEG, TIFF, or SVG. Written text in a GA should be clear and easy to read, using one of the following fonts: Times, Arial, Courier, Helvetica, Ubuntu or Calibri.

The minimum required size for the GA is 560 × 1100 pixels (height × width). The size should be of high quality in order to reproduce well.

- **Acronyms/Abbreviations/Initialisms** should be defined the first time they appear in each of three sections: the abstract; the main text; the first figure or table. When defined for the first time, the acronym/abbreviation/initialism should be added in parentheses after the written-out form.
- **SI Units** (International System of Units) should be used. Imperial, US customary and other units should be converted to SI units whenever possible.
- **Accession numbers** of RNA, DNA and protein sequences used in the manuscript should be provided in the Materials and Methods section. Also see the section on Deposition of Sequences and of Expression Data.
- **Equations:** If you are using Word, please use either the Microsoft Equation Editor or the

MathType add-on. Equations should be editable by the editorial office and not appear in a picture format.

- **Research Data and supplementary materials:** Note that publication of your manuscript implies that you must make all materials, data, and protocols associated with the publication available to readers. Disclose at the submission stage any restrictions on the availability of materials or information. Read the information about Supplementary Materials and Data Deposit for additional guidelines.
- **Preregistration:** Where authors have preregistered studies or analysis plans, links to the preregistration must be provided in the manuscript.
- **Guidelines and standards:** MDPI follows standards and guidelines for certain types of research. See https://www.mdpi.com/editorial_process for further information.

Front Matter

These sections should appear in all manuscript types

- **Title:** The title of your manuscript should be concise, specific and relevant. It should identify if the study reports (human or animal) trial data, or is a systematic review, meta-analysis or replication study. When gene or protein names are included, the abbreviated name rather than full name should be used. Please do not include abbreviated or short forms of the title, such as a running title or head. These will be removed by our Editorial Office.
- **Author List and Affiliations:** Authors' full first and last names must be provided. The initials of any middle names can be added. The PubMed/MEDLINE standard format is used for affiliations: complete address information including city, zip code, state/province, and country. At least one author should be designated as corresponding author, and his or her email address and other details should be included at the end of the affiliation section. Please read the criteria to qualify for authorship.
- **Abstract:** The abstract should be a total of about 200 words maximum. The abstract should be a single paragraph and should follow the style of structured abstracts, but without headings: 1) Background: Place the question addressed in a broad context and highlight the purpose of the study; 2) Methods: Describe briefly the main methods or treatments applied. Include any relevant preregistration numbers, and species and strains of any animals used. 3) Results: Summarize the article's main findings; and 4) Conclusion: Indicate the main conclusions or interpretations. The abstract should be an objective representation of the article: it must not contain results which are not presented and substantiated in the main text and should not exaggerate the main conclusions.
- **Keywords:** Three to ten pertinent keywords need to be added after the abstract. We recommend that the keywords are specific to the article, yet reasonably common within the subject discipline.

Research Manuscript Sections

- **Introduction:** The introduction should briefly place the study in a broad context and highlight why it is important. It should define the purpose of the work and its significance, including specific hypotheses being tested. The current state of the research field should be reviewed carefully and key publications cited. Please highlight controversial and diverging hypotheses when necessary. Finally, briefly mention the main aim of the work and highlight the main conclusions. Keep the introduction comprehensible to scientists working outside the topic of

the paper.

- **Materials and Methods:** They should be described with sufficient detail to allow others to replicate and build on published results. New methods and protocols should be described in detail while well-established methods can be briefly described and appropriately cited. Give the name and version of any software used and make clear whether computer code used is available. Include any pre-registration codes. The authors need for a subsection in the materials and methods on experimental design and statistical description. The authors should report enough details of the experimental design and statistical analyses so that an independent researcher could reproduce their research. Relevant information could include yet it is not limited to: experimental design, factors and levels, listing of fixed and random terms (with justification), number of replicates with experimental units clearly identified, correlation structure for repeated measures, as well as software with version and procedures or packages used.
- **Results:** Provide a concise and precise description of the experimental results, their interpretation as well as the experimental conclusions that can be drawn.
- **Discussion:** Authors should discuss the results and how they can be interpreted in perspective of previous studies and of the working hypotheses. The findings and their implications should be discussed in the broadest context possible and limitations of the work highlighted. Future research directions may also be mentioned. This section may be combined with Results.
- **Conclusions:** This section is not mandatory but can be added to the manuscript if the discussion is unusually long or complex.
- **Patents:** This section is not mandatory but may be added if there are patents resulting from the work reported in this manuscript.

Back Matter

- **Supplementary Materials:** Describe any supplementary material published online alongside the manuscript (figure, tables, video, spreadsheets, etc.). Please indicate the name and title of each element as follows Figure S1: title, Table S1: title, etc.
- **Funding:** All sources of funding of the study should be disclosed. Clearly indicate grants that you have received in support of your research work and if you received funds to cover publication costs. Note that some funders will not refund article processing charges (APC) if the funder and grant number are not clearly and correctly identified in the paper. Funding information can be entered separately into the submission system by the authors during submission of their manuscript. Such funding information, if available, will be deposited to FundRef if the manuscript is finally published.
- **Acknowledgments:** In this section you can acknowledge any support given which is not covered by the author contribution or funding sections. This may include administrative and technical support, or donations in kind (e.g., materials used for experiments).
- **Author Contributions:** Each author is expected to have made substantial contributions to the conception or design of the work; or the acquisition, analysis, or interpretation of data; or the creation of new software used in the work; or have drafted the work or substantively revised it; AND has approved the submitted version (and version substantially edited by journal staff that involves the author's contribution to the study); AND agrees to be personally accountable for the author's own contributions and for ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work, even ones in which the author was not personally involved, are appropriately investigated, resolved, and documented in the literature. For research articles with several authors, a short paragraph specifying their individual contributions must be provided. The following statements should be used "Conceptualization,

X.X. and Y.Y.; Methodology, X.X.; Software, X.X.; Validation, X.X., Y.Y. and Z.Z.; Formal Analysis, X.X.; Investigation, X.X.; Resources, X.X.; Data Curation, X.X.; Writing – Original Draft Preparation, X.X.; Writing – Review & Editing, X.X.; Visualization, X.X.; Supervision, X.X.; Project Administration, X.X.; Funding Acquisition, Y.Y.”, please turn to the CRediT taxonomy for the term explanation. For more background on CRediT, see here. "Authorship must include and be limited to those who have contributed substantially to the work. Please read the section concerning the criteria to qualify for authorship carefully".

- **Data Availability Statement:** In this section, please provide details regarding where data supporting reported results can be found, including links to publicly archived datasets analyzed or generated during the study. Please refer to suggested Data Availability Statements in section “MDPI Research Data Policies”. You might choose to exclude this statement if the study did not report any data.
- **Conflicts of Interest:** Authors must identify and declare any personal circumstances or interest that may be perceived as influencing the representation or interpretation of reported research results. If there is no conflict of interest, please state "The authors declare no conflict of interest." Any role of the funding sponsors in the choice of research project; design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results must be declared in this section. Agronomy does not publish studies funded partially or fully by the tobacco industry. Any projects funded by industry must pay special attention to the full declaration of funder involvement. If there is no role, please state “The sponsors had no role in the design, execution, interpretation, or writing of the study”. For more details please see Conflict of Interest.
- **References:** References must be numbered in order of appearance in the text (including table captions and figure legends) and listed individually at the end of the manuscript. We recommend preparing the references with a bibliography software package, such as EndNote, ReferenceManager or Zotero to avoid typing mistakes and duplicated references. We encourage citations to data, computer code and other citable research material. If available online, you may use reference style 9. below.
- Citations and References in Supplementary files are permitted provided that they also appear in the main text and in the reference list.

In the text, reference numbers should be placed in square brackets [], and placed before the punctuation; for example [1], [1–3] or [1,3]. For embedded citations in the text with pagination, use both parentheses and brackets to indicate the reference number and page numbers; for example [5] (p. 10). or [6] (pp. 101–105).

The reference list should include the full title, as recommended by the ACS style guide. Style files for Endnote and Zotero are available.

References should be described as follows, depending on the type of work:

Journal Articles:

1. Author 1, A.B.; Author 2, C.D. Title of the article. Abbreviated Journal Name Year, Volume, page range.

Books and Book Chapters:

2. Author 1, A.; Author 2, B. Book Title, 3rd ed.; Publisher: Publisher Location, Country, Year; pp. 154–196.

3. Author 1, A.; Author 2, B. Title of the chapter. In Book Title, 2nd ed.; Editor 1, A., Editor 2, B.,

Eds.; Publisher: Publisher Location, Country, Year; Volume 3, pp. 154–196.

Unpublished materials intended for publication:

4. Author 1, A.B.; Author 2, C. Title of Unpublished Work (optional). Correspondence Affiliation, City, State, Country. year, status (manuscript in preparation; to be submitted).

5. Author 1, A.B.; Author 2, C. Title of Unpublished Work. Abbreviated Journal Name year, phrase indicating stage of publication (submitted; accepted; in press).

Unpublished materials not intended for publication:

6. Author 1, A.B. (Affiliation, City, State, Country); Author 2, C. (Affiliation, City, State, Country). Phase describing the material, year. (phase: Personal communication; Private communication; Unpublished work; etc.)

Conference Proceedings:

7. Author 1, A.B.; Author 2, C.D.; Author 3, E.F. Title of Presentation. In Title of the Collected Work (if available), Proceedings of the Name of the Conference, Location of Conference, Country, Date of Conference; Editor 1, Editor 2, Eds. (if available); Publisher: City, Country, Year (if available); Abstract Number (optional), Pagination (optional).

Thesis:

8. Author 1, A.B. Title of Thesis. Level of Thesis, Degree-Granting University, Location of University, Date of Completion.

Websites:

9. Title of Site. Available online: URL (accessed on Day Month Year).

Unlike published works, websites may change over time or disappear, so we encourage you create an archive of the cited website using a service such as WebCite. Archived websites should be cited using the link provided as follows:

10. Title of Site. URL (archived on Day Month Year).

Preparing Figures, Schemes and Tables

File for Figures and Schemes must be provided during submission in a single zip archive and at a sufficiently high resolution (minimum 1000 pixels width/height, or a resolution of 300 dpi or higher). Common formats are accepted, however, TIFF, JPEG, EPS and PDF are preferred.

Agronomy can publish multimedia files in articles or as supplementary materials. Please contact the editorial office for further information.

All Figures, Schemes and Tables should be inserted into the main text close to their first citation and must be numbered following their number of appearance (Figure 1, Scheme I, Figure 2, Scheme II, Table 1, etc.).

All Figures, Schemes and Tables should have a short explanatory title and caption.

All table columns should have an explanatory heading. To facilitate the copy-editing of larger tables, smaller fonts may be used, but no less than 8 pt. in size. Authors should use the Table option of Microsoft Word to create tables.

Authors are encouraged to prepare figures and schemes in color (RGB at 8-bit per channel). There is no additional cost for publishing full color graphics.

Anexo 2

Marco de Teoría y Antecedentes

Planteamiento del Marco Teórico.

Tomando como referencia la ecología del paisaje es posible acercarse a ciertos conceptos que nos aproximen a el análisis de espacial de las coberturas, dichos conceptos importantes sobre los cuales se basara la presente investigación son; de Tasas de Cambio, coberturas de la tierra, sensores remotos y patrones espaciales. Para a partir de información disponible Datos Abiertos de Colombia y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), además de estudios del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y cifras registradas en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP). Se tendrán como insumos (shapefiles) de las ANP y de los complejos de páramos, obtenidos de la página web del Sistema de Información Ambiental para Colombia (SIAC) de la información de las entidades geográficas cartografiadas. Para identificar los complejos de páramos bajo la jurisdicción de ANP, al igual que el área total de los páramos protegidos. Este análisis espacial se pretende desarrollar con base en las tablas de atributos extraídas del software ArcGis, para posteriormente analizarlas en Excel. Por medio de “La metodología Corine Land Cover, que es una metodología francesa adaptada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) para Colombia; que consiste en la evaluación de coberturas de la tierra mediante el uso de imágenes satelitales tipo Landsat” [1].

Para acercarse al entendimiento de las dinámicas territoriales es importante comprender las tasas de cambios, que se pretenden calcular de acuerdo con la fórmula utilizada por la FAO que expresa el cambio en porcentaje de la superficie al inicio de cada año del periodo. “Analizado, el cual fue aplicado a todas las clases de cobertura identificadas sobre el terreno (ecuación) y que para las coberturas naturales definió la tasa de deforestación” [2]:

$$\text{Ecuación 1: } \delta n = (S2/S1) 1/n - 1$$

Donde:

δ : Tasa de cambio

S1: Superficie en la fecha 1

S2: Superficie en la fecha 2

n: Número de años entre las dos fechas Para expresar en porcentaje se multiplicó por 100

La ecología del paisaje posee sustentos de diferentes disciplinas, como lo son los geobotánicos, ecólogos, geógrafos, planeadores y arquitectos europeos, que se han realizado esfuerzos para lograr analizar los paisajes ricos y heterogéneos de una manera holística; “como la integración de la naturaleza, los humanos y la tierra, para que así sus estudios tuvieran un valor práctico en la evaluación, planeación, manejo, conservación y restauración de los paisajes” [3]. Es así que la ecología del paisaje es una escuela reciente del pensamiento ecológico que ha venido consolidándose a partir de los años 40’s. Aunque fue el geógrafo Alemán Alexander Von Humboldt (1810) el primero en utilizar el concepto de paisaje en un contexto científico, definiéndolo como “el carácter integro de un trecho de la tierra”, fue el biogeógrafo, también Alemán, Carl Troll el que acuñó el termino ecología del paisaje, al reconocer la necesidad de llegar a una visión integral de los ecosistemas, donde se combinara la aproximación espacial (horizontal) de los geógrafos con la funcional (vertical) de los ecólogos[3]. En este sentido podemos catalogar a la ecología del paisaje como el estudio del efecto de los patrones del paisaje sobre los procesos ecológicos, es decir cómo la variación espacial en el paisaje afecta los procesos ecológicos; tales como la distribución y flujo de energía, materiales e individuos en el medio ambiente, que su vez pueden influir en la distribución de los elementos del paisaje [4].

Los análisis ecológicos del paisaje parten de la identificación y delimitación de unidades estructurales externas, haciendo énfasis en dos partes fundamentales, la Cobertura y la Geoforma. Asimismo, para que estos análisis ecológicos del paisaje tengan una visión integrada del territorio, se deben tener en cuenta tres aspectos fundamentales [5]: 1) La Estructura: Estudio de las relaciones espaciales y de las configuraciones de los ecosistemas o elementos componentes en cuanto a composición y distribución de energía, materia y especies [6] Dentro de esta dinámica del paisaje actúan los procesos ecológicos, que según Etter [5] “son todos aquellos que tienen incidencia sobre un paisaje imprimiéndole una dinámica propia, así como unas fases de desarrollo ligadas a sus características estructurales”. 3. Temporalidad: Es el estudio de los patrones en la dinámica de los cambios de la estructura y el funcionamiento en el tiempo. La tendencia general del cambio se puede hacer por medio de tres parámetros: La tendencia general del cambio, la amplitud de oscilación alrededor de la tendencia y el ritmo y frecuencia de oscilación, parámetros que producen conjuntamente una variación temporal. Este patrón de variación siempre tiene su expresión en la estructura o composición global del paisaje o ecosistema, a través de sus características fenosistémicas, relativas a la cobertura y la geoforma [5]

El cambio, la aceleración y la intensificación que han tenido los procesos culturales asociados a la actividad humana, son uno de los aspectos más importantes de la historia y la evolución planetaria reciente [5]. Vitousek [7], al hablar de los ecosistemas dominados por los humanos, dice que estas transformaciones son el resultado de sus tres grandes empresas; Producir, extraer y asentarse. Las actividades humanas en el paisaje tienen un efecto determinante en sus características. Así dependiendo del tipo, la intensidad y la duración de estas, los ecosistemas originales de un lugar, llegan a presentar diversos grados de transformación, que determinan así varios tipos de paisajes transformados con características propias y que progresivamente se diferencian de la condición inicial. Es así que los ecosistemas que han sido transformados por las actividades humanas solamente son susceptibles de ser analizados adecuadamente si se tienen en cuenta los aspectos sociales, económicos y políticos que intervinieron y están interviniendo en su génesis [6]. Las primeras etapas de transformación del paisaje por parte del hombre ocurren fundamentalmente a través de la alteración y transformación de la cobertura vegetal; algunas veces también a través de la hidrología, por ejemplo, drenaje o inundación de áreas con fines agrícolas. Por lo tanto y en términos generales se puede hablar de 5 tipos de paisajes, con relación al tipo, grado e intensidad de la actividad humana en una porción del espacio geográfico [5].

Impulsores de Cambio en el paisaje: “Identificar cambios del paisaje y de su dinámica antrópica en un territorio; estos reflejan procesos sociales generados por la interacción hombre-naturaleza. Así pues, los bosques de tierras de Colombia han sido transformados substancialmente, como lo evidencia la cifra de reducción neta aproximada del 15 por ciento desde 1970 calculada por Etter en 1998 [3]”.

Coberturas: “Las coberturas Nacionales se refiere a los mapas consolidados de cobertura terrestre para todo el país y que son producto del trabajo conjunto Interinstitucional, las cuales han conformado el Comité Nacional de Coberturas de la Tierra, que es el ente rector de la temática a nivel nacional y el encargado de establecer las directrices y lineamientos para el estudio y monitoreo a nivel regional y local, garantizando la compatibilidad y escalamiento de la información” [8].

Antecedentes Temáticos

El trabajo realizado por Andrés Etter y Ana María Sánchez-Cuervo llamado “Cambio de la cobertura del suelo en Colombia: tendencias sorprendentes de recuperación de los bosques entre 2001 y 2010” [8] se basa en la intención de “Monitorear el cambio de la tierra a múltiples escalas espaciales para desarrollar e implementar políticas para conservar la biodiversidad y los hábitats. En el país de alta

diversidad de Colombia, sin embargo, este tipo de análisis es difícil porque no existe un conjunto de datos multitemporal consistente de pared a pared para el uso de la tierra y el cambio de cobertura de la tierra.” Usaron para productos MODIS (250 m) junto con datos de referencia de imágenes de alta resolución espacial (QuickBird) en Google Earth.

“Las fuerzas motrices del cambio de paisaje en Europa: Una revisión sistemática de las pruebas” [11] Tobias Plieninger nos acerca a las de las la comprensión de los factores que impulsan estos cambios en el paisaje sigue siendo un reto, en parte porque la investigación sobre el paisaje se extiende por muchos ámbitos y disciplinas. Y presentan una síntesis sistemática de estudios que identifican los motores próximos y subyacentes del cambio del paisaje en toda Europa. Primeramente, clasificamos cómo se han abordado las fuerzas de cambio y afirman que la mayoría de los estudios tienen en cuenta las escalas temporales a medio plazo y el espacio local. En cuarto lugar, observamos que son distintas combinaciones de factores subyacentes, principalmente políticos/institucionales, culturales y naturales/espaciales, las que determinan el cambio del paisaje, en lugar de un único factor clave.

El texto “Páramos habitados: desafíos para la gobernanza ambiental de la alta montaña en Colombia” [12] muestra aportes para una visión integral de las dinámicas territoriales de la alta montaña colombiana, su estado y las tendencias de cambio. Para ello identifican aquellas áreas de los complejos de páramo que se encuentran dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) y los territorios colectivos, algunos de los retos para el ordenamiento territorial y los conflictos asociados a las actividades mineras y agropecuarias; elementos que son tenidos en cuenta para la identificación de oportunidades y obstáculos para la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Considerando además el escenario del posconflicto, es especialmente relevante el reconocimiento efectivo de distintas formas de gobernanza para la gestión integral del territorio.

Y en “Identificación y cuantificación de los procesos de cambio de las coberturas sobre el territorio de la cuenca alta del río Bogotá, entre 1977 y 2015” [2] utiliza en análisis sobre las coberturas realizó en la cuantificación de cambios en las coberturas sobre dicho territorio, entre 1977 y 2015, y de esta forma calcula tasas de cambio, deforestación y pérdida de coberturas vegetales naturales. Para encontrar que en “este periodo el 70,54 % del territorio se ha transformado, el 1,93 % fue alterado, el 0,53 % está en degradación y el 26,72 % presenta aún conservación de áreas naturales. Por otra parte, las coberturas de bosques naturales disminuyeron cerca de 38.681,39 ha. La deforestación total anual promedio en un periodo de 38 años fue de 1.017,93 ha/año para el bosque nativo. La tasa de deforestación de bosque nativo es de -1,54 %. La tasa de pérdida de páramo es de -0,16 %, la de los matorrales es de -3,03 % y la de la vegetación subxerófila es de -1,56 %.”

Y para finalizar en “Estrategias implementadas por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia para conservar los páramos” [10] de Vergara menciona que se analiza el estado actual de articulación de las estrategias de conservación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia con los páramos delimitados. Por medio de una revisión en torno a los complejos de páramos de Colombia, a partir de datos geográficos disponible en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas y en el Sistema de Información Ambiental para Colombia. Donde encontraron que 51.57 % de los complejos de páramos está incluido en áreas naturales protegidas y es la categoría de parque nacional natural la que abarca mayor extensión, con 914 683.96 ha. Así mismo que las autoridades ambientales de Colombia deben implementar estrategias de conservación para casi la mitad de los complejos de páramos del país y, con esto, asegurar la continuidad de sus procesos ecológicos, así como el flujo de servicios ecosistémicos para las comunidades que les habitan

3.3 Antecedentes de contexto:

Tendencias productivas:

Los principales resultados de este proceso investigativo, dan cuenta de la transformación acelerada (irreversible en algunos casos) de estos páramos, expresados en cambios profundos de sus coberturas, derivados de la expansión de la frontera agrícola, los procesos de pradización, la actividad extractiva de carbón y materiales para la construcción. Una presión muy fuerte sobre los servicios ecosistémicos especialmente asociados a los de regulación hídrica, que se expresa en conflictos ambientales por el uso del agua entre los diferentes actores sociales y económicos de la zona objeto de trabajo y el área de influencia, conllevando a la pérdida de la sostenibilidad local y regional y de la calidad de vida de los pobladores que han construido dichos territorios. Urge entonces una apuesta por la gobernanza ambiental de estos territorios desde y con la participación de los diferentes actores sociales e institucionales, que posibiliten la vida en estos ecosistemas estratégicos. “N. Rodríguez. LOS COMPLEJOS DE PÁRAMOS EN COLOMBIA: Entre los sistemas productivos y la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos”[9].

Motores de cambio:

Cambios de coberturas:

Impulsores de Cambio en el paisaje: “El paisaje es la esfera principal, donde se hacen visibles los efectos combinados de la sociedad y la naturaleza se hacen visibles. Como las sociedades y la naturaleza son dinámicas, el cambio es una característica inherente a los paisajes” [13].

“Identificar cambios del paisaje y de su dinámica antrópica en un territorio; estos reflejan procesos sociales generados por la interacción hombre-naturaleza. Así pues, los bosques de tierras de Colombia han sido transformados substancialmente, como lo evidencia la cifra de reducción neta aproximada del 15 por ciento desde 1970 calculada por Etter en 1998” [23].

Estrategias de Conservación en Áreas Protegidas:

“A sociedad civil y las altas cortes han sido actores fundamentales en la construcción de políticas públicas para la conservación de estos ecosistemas. Sin embargo, con frecuencia se pasa por alto que los páramos han sido apropiados por la sociedad durante décadas e incluso siglos, a través del uso productivo y del establecimiento de figuras de ordenamiento estatales y de organizaciones sociales, entre otros. Además, los páramos no son ajenos al cambio global. En este documento se hacen aportes para una visión integral de las dinámicas territoriales de la alta montaña colombiana, su estado y las tendencias de cambio. Para ello se identifican aquellas áreas de los complejos de páramo que se encuentran dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) y los territorios colectivos, algunos de los retos para el ordenamiento territorial y los conflictos asociados a las actividades mineras y agropecuarias; elementos que son tenidos en cuenta para la identificación de oportunidades y obstáculos para la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Considerando además el escenario del posconflicto, es especialmente relevante el reconocimiento efectivo de distintas formas de gobernanza para la gestión integral del territorio” [12].

Bibliografía

1. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; Instituto Geográfico Agustín Codazzi; Corporación Autónoma Regional del Río Grande de La Magdalena. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena - Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000 /IDEAM; IGAC; CORMAGDALENA - Bogotá. Imprenta Nacional de Colombia, 2008.

2. Cortés Sánchez, S. P. (2018). Identificación y cuantificación de los procesos de cambio de las coberturas sobre el territorio de la cuenca alta del río Bogotá, entre 1977 y 2015. *Revista Ciudades, Estados y Política*, 5(2), 17-32. <https://doi.org/10.15446/cep.v5n2.68552>
3. Farina, A. (1998). *Principles and Methods in Landscape ecology*. Chapman & May, Londres.
4. Turner, M.G. *Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process*. Annual review of ecology and systematics. Vol. 20 1989, 171–197, doi:10.1146/annurev.es.20.110189.001131.
5. Etter, A. (1990). Introducción a la ecología del paisaje: Un marco de integración para los levantamientos rurales. IGAC, Bogotá.
6. Mendoza, J.E. and A. Etter 2002. Multitemporal analysis (1940-1996) of land cover changes in the south western Bogotá highplain (Colombia). *Landscape and Urban Planning* 59: 147-158
7. Peter Vitousek and others, ‘Human Domination of Earth’s Ecosystems’, *Science*, 277 (1997) <https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5_1>.
8. Sánchez-Cuervo AM, Aide TM, Clark ML, Etter A (2012) Land Cover Change in Colombia: Surprising Forest Recovery Trends between 2001 and 2010. *PLoS ONE* 7 (8): e43943. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043943>
9. Nohra León Rodríguez. LOS COMPLEJOS DE PÁRAMOS EN COLOMBIA: Entre los sistemas productivos y la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos. Universidad Nacional de Colombia –Sede BogotáDepartamento de Geografía
10. Vergara-Buitrago, Paulina Alejandra. (2020). Estrategias implementadas por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia para conservar los páramos. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 167- 176. <https://dx.doi.org/10.15359/rca.54-1.9>
11. Tobias Plieninger, Hélène Draux, Nora Fagerholm, Claudia Bieling, Matthias Bürgi, Thanasis Kizos, Tobias Kuemmerle, Jørgen Primdahl, Peter H Verburg. The driving forces of landscape change in Europe: A systematic review of the evidence. 2016
12. Sarmiento, C., Osejo, A., Ungar, P., & Zapata, J. (2017). Páramos habitados: desafíos para la gobernanza ambiental de la alta montaña en Colombia. *Biodiversidad En La Práctica*, 2(1), 122–145. Recuperado a partir de Sarmiento, C., C. Cadena, J. Zapata y O. León. 2013.
13. Bürgi, M., Hersperger, AM y Schneeberger, N. Fuerzas impulsoras del cambio del paisaje: direcciones actuales y nuevas. *Paisaje Ecol* 19, 857–868 (2005). <https://doi.org/10.1007/s10980-005-0245-3>
14. Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. Instituto Humboldt. Bogotá, Colombia. 88 p.
15. <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/480>
16. Cadena, C. y C. Sarmiento. 2015. Cambios en las coberturas paramunas. pp. 204. En: Gómez M. F., L. A. Moreno, G. I. Andrade y C. Rueda (eds.). *Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Instituto Humboldt. Bogotá, Colombia.
17. Sarmiento, C., Cadena, C., Sarmiento, M., Zapata, J., & León, O. (2013). Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: actualización de la cartografía de los complejos de páramos a escala 1:100.000. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
18. Colombia: actualización de la cartografía de los complejos de páramos a escala 1:100.000. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
19. IDEAM. (2012a). Mapa de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. Período 2000-2002. Escala 1:100.000. Colombia.
20. IDEAM. (2012b). Mapa de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. Período 2005-2009. Escala 1:100.000. Colombia.
21. IDEAM. (2014) 5. IDEAM. (2013). Mapa de Bosque/No Bosque 2012 para Colombia, versión 1.0 con resolución espacial de 30 metros de pixel en formato raster temático. Colombia.

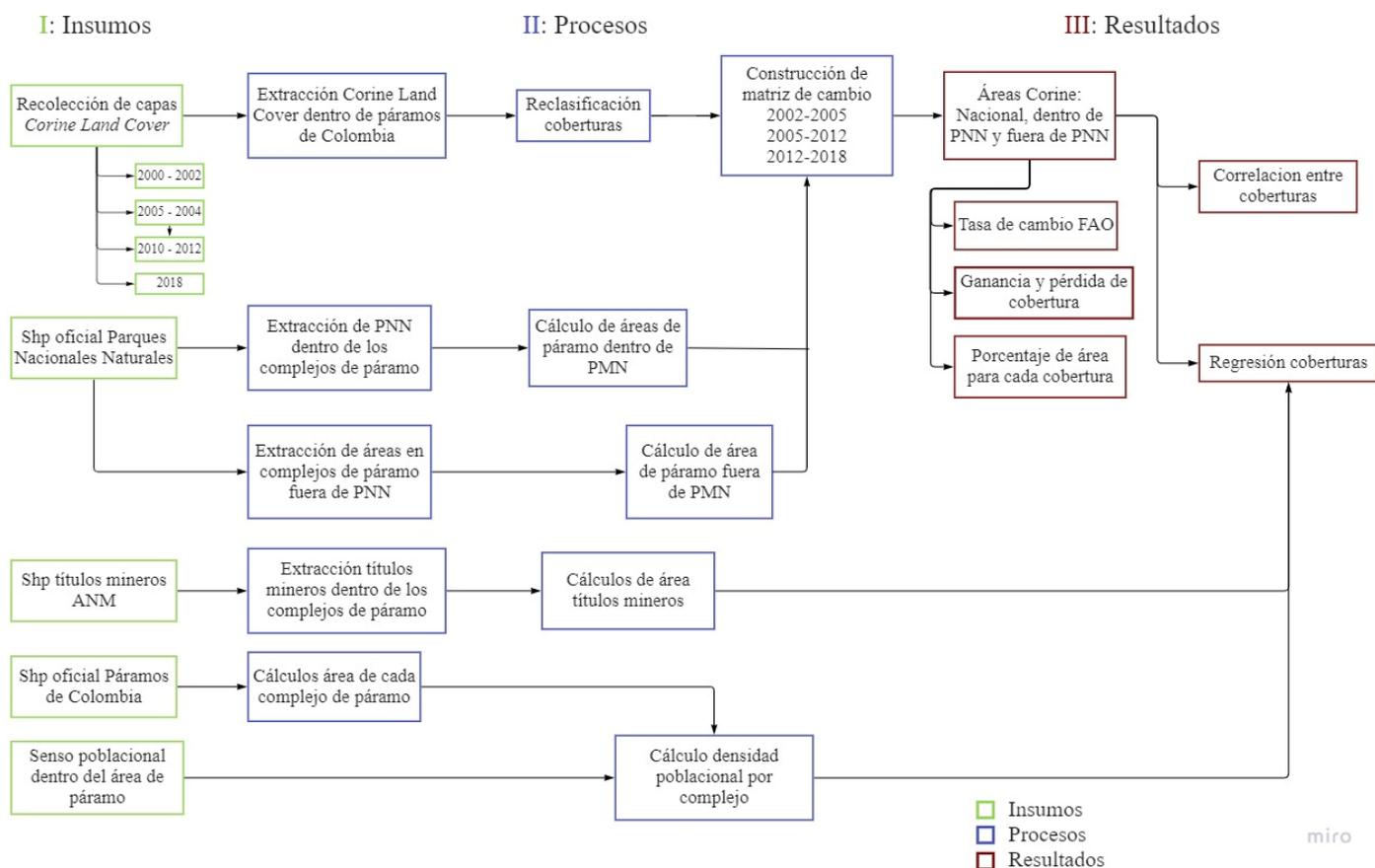
22. Sarmiento, C., Osejo, A., Ungar, P., & Zapata, J. (2017). Páramos habitados: desafíos para la gobernanza ambiental de la alta montaña en Colombia. *Biodiversidad En La Práctica*, 2(1), 122–145. Recuperado a partir de <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/480>
23. Etter, A. (1996). *Ecología del paisaje, aspectos conceptuales y metodológicos para levantamientos integrales*. Pontificia Universidad Javeriana, Instituto de estudios ambientales para el desarrollo. Bogotá. Colombia.
24. Geist, H., y Lambin, E. (2001). *What Drives Tropical Deforestation*. LUCR Report Series 4. LUCR International Project Office. University of Louvain, Department of Geography, Belgium.
25. Bossard, M., Feranec, J., Otahel, J. (2000). *Corine Land Cover technical guide – Addendum 2000*. European Environment Agency. Copenhagen.

Anexo 3

Metodología extendida

Coberturas

Para el desarrollo del estudio se tuvieron en cuenta los aspectos metodológicos contemplados en las siguientes fases: Fase I. Recopilación de Información, Fase II. Procesamiento de Información por medio de ArcGIS 10.7 y Fase III. Análisis de las dinámicas (Software R versión 3.6.1.)



Fase I: Recopilación de información

Para los análisis de los complejos de páramo de Colombia, se utilizaron las áreas de la Cartografía de Páramos de Colombia Esc. 1:100.000. Proyecto: Actualización del Atlas de Páramos de Colombia. Convenio Inter administrativo de Asociación 11-103, Instituto Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Debido a que la sentencia en el artículo 159 Ley 1753 / junio 9 de 2015 menciona que “la delimitación de áreas de páramos deberá tener como área de referencia la definida en la cartografía generada por el Instituto Alexander Von Humboldt a escala 1:100.000” por tal motivo, para realizar el análisis competente a la delimitación de páramo se utilizaron las capas disponibles del Instituto Humboldt en colaboración con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo.

En este aspecto, para cuantificar los cambios espaciales y temporales en las coberturas y usos del suelo se analizaron cuatro diferentes momentos en el periodo comprendido entre 2000 y 2018. Utilizando la información disponible del IDEAM, según el mapa de coberturas de la tierra para los periodos 2000-2002, 2005-2009, 2010-2012 y 2018 a escala 1:100.00, dentro del programa CORINE (Coordination of information on the environment) desarrollando el proyecto de cobertura de la tierra “CORINE Land Cover” 1990 (CLC90), donde se definió una metodología específica para realizar el inventario de la cobertura de la tierra. La base de datos de Corine Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas [16].

El análisis para la densidad poblacional tiene como insumo el análisis y procesamiento espacial de la información del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, específicamente información relacionada con el CENSO Nacional de Población y Vivienda de 2018 (CNPV-2018) y Agropecuario de 2014 (CNA_2014), y el subsiguiente análisis cartográfico de identificar los municipios que interceptan los páramos en Colombia y los municipios que interceptan los páramos con un buffer de dos kilómetros realizado para El Reporte de Estado y Tendencias de los páramos colombianos [17], para dar el censo poblacional de los complejos de páramo que se utilizaría en el análisis de densidad de cada páramo.

Teniendo en cuenta la información del Sistema Integral de Gestión Minera – ANNA Minería, se realizó una selección de los datos de títulos mineros vigentes, con el fin de realizar intercepción entre los complejos de páramos de Colombia y la capa de los títulos mineros vigentes que arroja el catastro minero colombiano del año 2020. Se utilizó la información de los títulos mineros vigentes que se encuentran en las etapas de exploración, construcción y montaje y explotación; así como el Decreto 1666 de 2016.[17]

Para desarrollar el análisis frente a las estrategias de áreas protegidas sobre el cambio en las tendencias de las coberturas, se utilizó la información pública disponible de los Parques Nacionales Naturales de Colombia en el Sistema Referencia Magnas – Sirgas y escala 1:100.000 donde se presenta precisión cartográfica de los límites de los Parques Nacionales Naturales dentro de los complejos de páramos de Colombia.

Fase II: Procesamiento de Información

Para el procesamiento y análisis de la información se contó el programa de SIG ArcGIS 10.7 (casa matriz ESRI®) – Empleado para la creación de mapas, realización de los análisis espaciales y administrador de los datos geográficos. Por consiguiente, se reclasificaron las categorías de coberturas de las capas de IDEAM de los periodos 2000-2002, 2005-2009, 2010-2012 y 2018. Las coberturas que se definieron en el presente estudio están enfocadas principalmente a la

compatibilidad de los usos permitidos de páramo donde el enfoque dado para la reclasificación son los grandes grupos de disturbio que implican una cobertura con transformación antropogénica, que modifica los ecosistemas paramo y bosque (Tabla 1). Sin embargo, existen ciertas coberturas que dificultan el análisis como son los mosaicos, los cuales fueron analizados de manera individual indicando si el mosaico mostraba desarrollo en agricultura o una unidad compatible o no con los usos permitidos dentro de páramos que permitiese inferir conflictividad. Así se observó que estos mosaicos muestran una estructura predial muy pequeña.

Después, se ingresó la información de delimitación de los complejos de páramos del país, con las fuentes del censo Nacional Agropecuario, ANNA Minería, Parques Nacionales Naturales de Colombia y así lograr extraer la información de población, densidad poblacional, área de títulos mineros y área de Parques Nacionales Naturales que se interceptan con los complejos de páramos que se muestran a continuación:

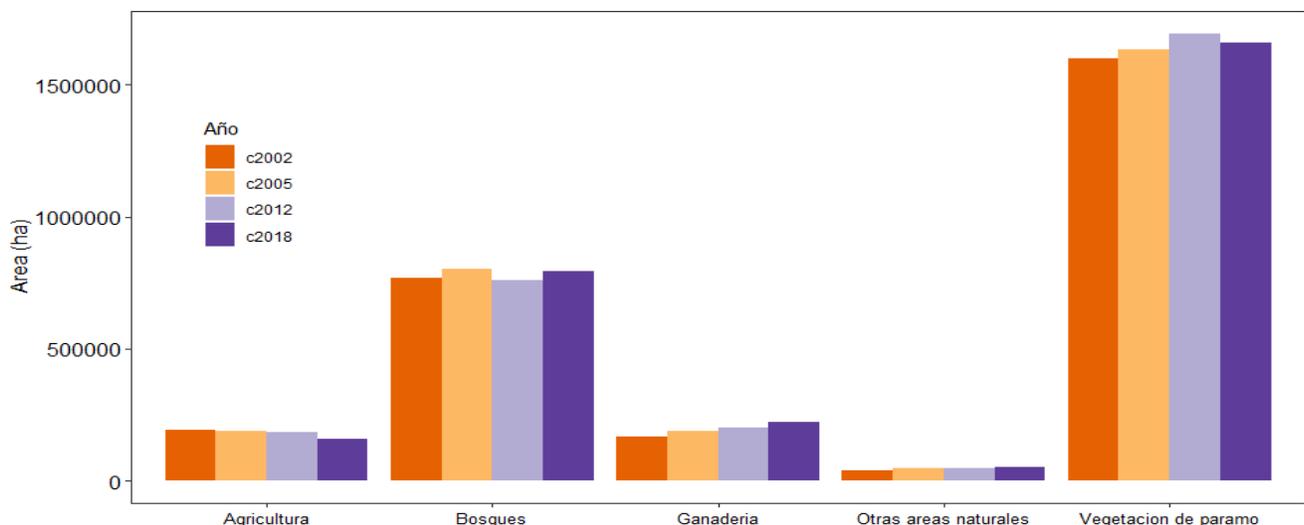
Fase III: Análisis de dinámicas

Las tasas de cambio se calcularon a partir el uso de las ecuaciones de la tasa anual de cambio propuestas por Puyravaud [18] la cual resulta intuitiva ya que se deriva de la tasa media anual de cambio y tiene una mejor correspondencia matemática con la regla del interés compuesto que es equivalente a la usada para cálculos financieros de interés compuesto. Esta ecuación permite determinar la dinámica que presentan los cambios y cuantificar la tasa en la que algunas coberturas ganan y otras pierden superficie que están esencialmente asociados con la intervención antrópica del territorio [19] cuando el valor de r resulta negativo, significa una pérdida de cobertura; de manera contraria, si es positivo, se interpretará como un incremento en la superficie de la cobertura.

Del mismo modo se generaron abreviaturas para los complejos de paramo. Para que visualmente fuera mucho más fácil contemplar algunos gráficos.

Anexo 4 Resultados

Trayectoria de cambio para las coberturas



Tasas de Cambio

Este indicador fue construido a partir de los valores calculados del área para cada cobertura reclasificada en dos periodos de referencia, donde se obtiene el promedio anual de variación en la superficie que ocupa dicha cobertura, dada en porcentaje anual de cambio de hectáreas entre dos instantes de tiempo, véase el uso de la fórmula de cálculo enunciada anteriormente. tasa continua de cambio por año.

Por lo que se construyeron la tasa anual de cambio para cada cobertura bajo la fórmula:

$$r = (1/(t_2 - t_1)) \times \ln(A_2 / A_1)$$

Matrices de cambio

Se generaron las matrices de cambio de coberturas expresada en porcentaje de años para cada periodo de tiempo.

	Cambio de 2002 a 2005								
	Agricultura	Bosques	Coberturas u	Ganaderia	Humedales	Otras areas	Sistema forestal	Vegetacion de pa	Zonas de extraccion mi
Agricultura	78.58	1.81	0.01	13.27	0.00	0.01	0.09	5.47	0.01
Bosques	0.67	89.83	0.00	1.65	0.00	0.00	0.13	6.73	0.00
Coberturas urbanas	20.84	16.63	62.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ganaderia	10.80	3.84	0.01	73.81	0.00	0.02	0.02	9.77	0.00
Humedales	0.15	0.00	0.00	0.50	85.88	11.01	0.01	2.45	0.00
Otras areas naturales	0.04	0.02	0.00	0.52	0.97	91.62	0.00	6.64	0.09
Sistema forestal	4.69	14.42	0.00	6.93	0.21	0.00	54.56	19.19	0.00
Vegetacion de paramo	0.82	2.46	0.00	1.29	0.01	0.50	0.05	94.56	0.00
Zonas de extraccion minera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

	2005-2012								
	Agricultura	Bosques	Coberturas u	Ganaderia	Humedales	Otras areas	Sistema forestal	Vegetacion de pa	Zonas de extraccion mi
Agricultura	75.32	1.56	0.00	15.96	0.34	0.01	0.04	6.76	0.00
Bosques	0.17	87.94	0.00	1.11	0.00	0.01	0.02	10.48	0.00
Coberturas urbanas	6.53	0.00	93.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ganaderia	11.29	4.69	0.00	72.38	0.19	0.00	0.06	11.35	0.00
Humedales	0.00	0.09	0.00	0.11	95.01	3.67	0.00	1.11	0.00
Otras areas naturales	0.01	0.39	0.06	0.27	0.19	94.78	0.00	4.30	0.00
Sistema forestal	1.48	11.83	0.00	2.27	0.00	0.00	56.21	28.21	0.00
Vegetacion de paramo	1.00	1.69	0.00	1.40	0.02	0.10	0.05	95.73	0.00
Zonas de extraccion minera	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.19	63.33

	2012-2018								
	Agricultura	Bosques	Coberturas u	Ganaderia	Humedales	Otras areas	Sistema forestal	Vegetacion de pa	Zonas de extraccion mi
Agricultura	58.193	2.997	0.006	26.022	0.064	0.097	0.080	12.536	0.006
Bosques	0.400	87.877	0.000	2.002	0.001	0.072	0.136	9.509	0.002
Coberturas urbanas	45.023	2.326	35.395	0.419	0.000	0.000	0.000	16.837	0.000
Ganaderia	13.694	9.467	0.005	57.233	0.067	0.107	0.085	19.342	0.001
Humedales	0.719	0.473	0.000	3.577	76.640	6.026	0.001	12.565	0.000
Otras areas naturales	0.058	0.143	0.000	0.169	1.517	91.912	0.000	6.202	0.000
Sistema forestal	4.091	16.271	0.000	8.740	0.000	0.011	43.322	27.565	0.000
Vegetacion de paramo	1.184	5.766	0.001	2.640	0.045	0.537	0.089	89.736	0.002
Zonas de extraccion minera	0.323	2.003	0.000	16.990	0.000	0.000	0.000	25.129	55.556

Tasas de Cambio por Complejo de Páramo

Cobertura	abre	c2002	c2005	c2012	c2018	Tasas 2002_2005	Tasas 2005_2012	Tasas 2012_2018	Promedio Cambio
Agricultura	Alc	2581	3219.21	2978.38	2885.4	8.242412502	0.460327857	-0.520284079	2.727485427
Agricultura	Alm	23336	22743.96	28359.9	20416.08	-0.845660858	5.55852671	-4.668463352	0.014800833
Agricultura	Bel	0	127.41	5.4492	291.57	0	-14.01872621	100.1156133	28.69896236
Agricultura	Cer	176.8	459.46	408.341	90.66	53.2918552	50.05846648	-12.96632834	30.12799778
Agricultura	Cft	38.8	0	0	0	-33.33333333	0	0	-11.11111111
Agricultura	Chi	3540.8	2173.06	1317.45	1719.88	-12.87599789	-3.342649653	5.090971261	-3.709225428
Agricultura	Chl	0.9	109.32	133.024	43.91	100.5555556	28.99243257	-11.16515481	39.46094444
Agricultura	Con	1076.5	1589.41	1398.52	1928.22	15.88202508	-3.924426303	6.312642324	6.090080367
Agricultura	Coy	17668.3	17618.43	11525.9	7637.69	-0.094085641	7.272608846	-5.622429291	0.518697971
Agricultura	Cum	10619.2	10652.25	11503	12084.33	0.103742906	-0.687209268	0.842260806	0.086264815
Agricultura	Djc	238.1	284.43	342.453	57.76	6.486070279	70.41267808	-13.85557154	21.01439227
Agricultura	Fro	5.6	0	0	37.19	-33.33333333	-14.28571429	0	-15.87301587
Agricultura	Gue	15599.8	16076.64	11581	14206.91	1.018901952	-2.640476611	3.779050694	0.719158678
Agricultura	Gun	5847.7	7884.88	5529.21	4503.22	11.61242882	3.254786194	-3.09263904	3.924858657
Agricultura	Gut	17169.6	15247.89	11990.8	9494.95	-3.730838226	3.7551521	-3.46911656	-1.148267562
Agricultura	Her	350.4	319.12	2703.52	879.39	-2.97564688	29.63298065	-11.2453936	5.137313392
Agricultura	Hui	36.1	136.86	157.608	4.52	93.0378578	100.8441214	-16.18868839	59.23109692
Agricultura	Iga	5830.5	4650.78	4968.94	4081.51	-6.744533059	3.106110029	-2.976599783	-2.205007604
Agricultura	Nev	7113.5	5334.48	3003.26	2050.07	-8.336355755	6.642206503	-5.289748697	-2.327965983
Agricultura	Per	829.5	508.05	459.211	230.47	-12.91742013	14.17857112	-8.301965614	-2.346938209
Agricultura	Pic	0	0	0.64623	0	0	0	-16.66666667	-5.555555556
Agricultura	Pis	12727.8	11769.61	15634.4	5740.96	-2.509441276	24.61856098	-10.54663907	3.854160211
Agricultura	Rab	4048.8	4226.36	3626.85	3417.02	1.461832312	0.877256457	-0.96425306	0.45827857
Agricultura	San	10944.2	14553.87	17469.1	14571.42	10.99416434	2.84088772	-2.764595607	3.69015215
Agricultura	Smt	259.7	316.19	14.9628	130.79	7.250673854	-12.65138554	100.0171428	31.53881036
Agricultura	Son	0	4.31	6.53449	28.94	0	-11.06007997	57.14679595	15.36223866
Agricultura	Sot	1305.7	2025.11	1650.26	2164.06	18.36588292	-3.391798749	5.189133232	6.721072469
Agricultura	Sum	23092.8	18173.35	18647.7	23141.07	-7.100986743	-2.773915233	4.016046521	-1.952951818
Agricultura	Tam	0	6.3	0	0	0	0	0	0
Agricultura	Tot	28216.1	28709.86	27068.3	25243.26	0.583307639	1.032805509	-1.123700291	0.164137619
Bosques	Alc	239.5	190.78	205.99	221.43	-6.780793319	-0.996115509	1.249242015	-2.175888938
Bosques	Alm	13411.8	14842.34	14690.8	11256.76	3.555426316	4.35800776	-3.895867064	1.339189004
Bosques	Bel	6142.7	6182.71	3501.32	6136.35	0.217114081	-6.134485554	12.54306918	2.208565903
Bosques	Cer	13991	12996.44	13291.2	14262.9	-2.369523265	-0.973279748	1.218509588	-0.708097808
Bosques	Cft	9506.9	9950.23	9656.96	10192.72	1.554414864	-0.75089421	0.924644984	0.576055213
Bosques	Chi	25801.7	27968.37	28320.5	30244.2	2.799130807	-0.908633589	1.132077581	1.007524933
Bosques	Chl	42405.5	42543.12	44685	43314.03	0.108177791	0.452176106	-0.511353269	0.016333543
Bosques	Con	73417.9	86354.01	88465.9	85418.52	5.873277044	0.509660488	-0.574121413	1.93627204
Bosques	Coy	26198.7	26357.62	26798.7	23201.64	0.202198328	2.214751254	-2.237059361	0.059963407
Bosques	Cum	11778.7	6104.44	6511.17	10878.72	-16.05796905	-5.735381972	11.1796473	-3.53790124
Bosques	Djc	48116.8	51452.19	51765.8	51566.75	2.310620546	0.055138282	-0.064080665	0.767226054
Bosques	Due	2853.7	2918	2897.84	2806.08	0.751071708	0.467136361	-0.527735704	0.230157455
Bosques	Far	2385.2	2385.19	2385.19	2385.19	-0.000139751	1.25776E-05	-1.46739E-05	-4.72823E-05
Bosques	Fro	10799.6	10867.13	10895	10254.6	0.208433646	0.892155381	-0.979666889	0.040307379
Bosques	Gue	3862.9	2350.26	1077.14	2430.53	-13.05271514	-7.954695948	20.94106489	-0.022115402
Bosques	Gun	66790.9	62317.74	36689.2	54868.17	-2.232419886	-4.733156426	8.258096061	0.430839917
Bosques	Gut	20124.1	19699.84	17270.1	15995.76	-0.702739501	1.138098346	-1.229806548	-0.264815901
Bosques	Her	51666.4	65905.5	59535.5	62769.57	9.186563544	-0.736048926	0.905371592	3.118628737
Bosques	Hui	61394	68461.09	58584.1	62602.61	3.837014475	-0.917014553	1.143235781	1.354411901
Bosques	Iga	6515.4	5842.12	5020.44	3722.11	-3.444556998	4.983065289	-4.310137434	-0.923876381
Bosques	Mir	17162.8	19517.87	18769.4	18726.34	4.573981712	0.032862878	-0.038252029	1.522864187
Bosques	Nev	30606.9	24755.76	25075.4	33789.07	-6.372353946	-3.684056167	5.791635179	-1.421591645
Bosques	Par	5727.8	5727.79	5727.79	5571.71	-5.81957E-05	0.400192401	-0.454168305	-0.018011367
Bosques	Per	3931.9	4893.37	7818.05	6436.15	8.151021135	3.067273092	-2.945960663	2.757444521
Bosques	Pic	20807.1	20458.71	20596.4	20589.46	-0.558126793	0.004834832	-0.005638728	-0.18631023
Bosques	Pis	14241.8	15449.32	15033.6	13983.3	2.826234512	1.072965425	-1.16434208	0.911619285
Bosques	Rab	4405.8	3717.46	3739.83	3912.31	-5.2078321	-0.629794929	0.768647052	-1.689659992
Bosques	San	24281.5	25914.9	25412.3	25496.1	2.242310675	-0.046940933	0.054944963	0.750104902
Bosques	Smt	10221.6	10206.13	10421.7	10143.23	-0.050448723	0.392177626	-0.445315567	-0.034528888
Bosques	Son	7433.9	7587.36	2518.22	7709.19	0.688108978	-9.619263224	34.35609881	8.47498152
Bosques	Sot	37871.3	46486.49	47237.9	45793.51	7.582866181	0.450594094	-0.50961892	2.507947118
Bosques	Sum	59960.7	59624.86	61962.2	65103.64	-0.186700066	-0.689324979	0.844985341	-0.010346568
Bosques	Tam	6925.4	6738.64	6844.56	6016.81	-0.89891318	1.965329255	-2.015592876	-0.316392267
Bosques	Tat	6724.3	6724.25	6724.25	6731.69	-0.000247857	-0.015781115	0.018431661	0.000800897
Bosques	Tot	17692.8	18328.55	18704.6	19142.72	1.197756526	-0.326963551	0.390392566	0.42039518
Bosques	Yar	1892.7	1919.36	2499.42	1931.46	0.469523256	4.200841259	-3.787294004	0.294356837

Cobertura	abre	c2002	c2005	c2012	c2018	Tasas 2002_2005	Tasas 2005_2012	Tasas 2012_2018	Promedio Cambio
Cober. Urbanas	Alm	34.4	13.58	13.5784	0	-20.1744186	0	-16.66666667	-12.28036176
Cober. Urbanas	Cum	0	0	0	2.14	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Cober. Urbanas	Iga	0.1	0.06	0.13714	10.04	-13.33333333	-14.09058054	100.4976423	24.35790948
Cober. Urbanas	Pis	6.7	0	0	0	-33.33333333	0	0	-11.11111111
Cober. Urbanas	San	68.9	87.49	81.6875	59.62	8.993710692	5.287659942	-4.50242583	3.259648268
Cober. Urbanas	Sum	0	0	39.0751	22.45	0	10.57914095	-7.0910936	1.16268245
Ganaderia	Alc	881	178.36	506.064	551.16	-26.58494135	-1.168851669	1.485176884	-8.75620538
Ganaderia	Alm	10792.5	11300.04	10153.5	16813.72	1.567570072	-5.658806872	10.9324748	2.280412665
Ganaderia	Bel	1800.9	931.6	1252.34	776.09	-16.0901031	8.766509039	-6.338151506	-4.553915188
Ganaderia	Cer	1771.5	2108.07	2470.22	1698.77	6.333051087	6.487428551	-5.204980779	2.53849962
Ganaderia	Cft	120.1	170.55	61.5734	0	14.00222037	0	-16.66666667	-0.888148765
Ganaderia	Chi	3791.9	3971.37	5867.71	5646.14	1.577661155	0.560605627	-0.629342974	0.502974603
Ganaderia	Chl	5579.9	4494.94	4998.84	4228.09	-6.481358686	2.604188821	-2.569768858	-2.148979574
Ganaderia	Con	3403.6	3645.76	4332.99	4226.71	2.371606534	0.359195686	-0.40878331	0.774006304
Ganaderia	Coy	13703.3	17366.24	18365	26325.64	8.910116541	-4.31988204	7.224487853	3.938240785
Ganaderia	Cum	1890.3	4941.75	4421.49	2892.84	53.80891922	7.548938907	-5.76220045	18.53188589
Ganaderia	Djc	455.7	643.9	476.907	802.1	13.76636676	-5.791818441	11.36466812	6.446405481
Ganaderia	Due	0	0	0	2.8	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Ganaderia	Fro	234.3	223.21	195.327	165.14	-1.577749324	2.611353138	-2.575745909	-0.514047365
Ganaderia	Gue	5392.8	3015.61	7762.3	4158.3	-14.69360382	12.3814296	-7.738255019	-3.350143078
Ganaderia	Gun	5886.1	5527.07	5987.36	10788.99	-2.03320818	-6.357850245	13.36604288	1.658328153
Ganaderia	Gut	7632.4	12203.98	12296.2	17401.39	19.96567266	-4.191140519	6.919791127	7.564774422
Ganaderia	Her	10877.8	10488.35	8874.44	10706.76	-1.193409207	-2.444814571	3.441200458	-0.06567444
Ganaderia	Hui	908.6	1432.93	2277.37	2637.93	19.23582068	-1.952612194	2.638714602	6.640641028
Ganaderia	Iga	1699	1308.01	1758.86	3641.56	-7.670982931	-7.385753594	17.84008616	0.927783211
Ganaderia	Mir	0	0	0	0.01	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Ganaderia	Nev	27110.2	27452.39	30266.3	26930.5	0.420739549	1.769548515	-1.836935067	0.117784332
Ganaderia	Par	0	0	0	1.06	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Ganaderia	Per	1752.4	1894.02	2125.24	1560.55	2.693829415	5.169317594	-4.428432385	1.144904875
Ganaderia	Pic	0.6	0	0	0.4	-33.33333333	-14.28571429	0	-15.87301587
Ganaderia	Pis	10834.7	14530.66	13669.4	20896.92	11.37075015	-4.940900969	8.812198457	5.080682546
Ganaderia	Rab	546.4	487.26	1123.9	1339.87	-3.607857491	-2.302668169	3.20267505	-0.90261687
Ganaderia	San	18583.1	16927.05	16493.6	18069.41	-2.970530572	-1.245864767	1.59238132	-0.87467134
Ganaderia	Smt	1587.1	224.48	1184.5	1924.52	-28.61865457	-5.493168315	10.41254781	-7.89975836
Ganaderia	Son	857.2	799.67	770.431	963.71	-2.237128636	-2.865104203	4.181189654	-0.307014395
Ganaderia	Sot	1679.4	3404.87	2729.13	2778	34.24774721	-0.251326957	0.298465655	11.43162864
Ganaderia	Sum	9581.1	16062.82	17042.1	10804.49	22.55036826	8.247312804	-6.10016634	8.232504908
Ganaderia	Tam	128.6	80.31	155.157	186.7	-12.51684811	-2.413539674	3.388230257	-3.847385842
Ganaderia	Tot	19342.2	20251.86	22372.4	23797.11	1.567660349	-0.855246967	1.06132689	0.591246757
Ganaderia	Yar	1.1	221.46	7.53075	0.25	100.5757576	100.0428571	-16.11337959	61.50174504
Humedales	Alm	206.5	293.97	285.004	308.99	14.11945117	-1.108960993	1.402673542	4.804387906
Humedales	Chi	670.7	707.56	667.221	549.87	1.831916903	3.04880738	-2.931344592	0.64979323
Humedales	Chl	0.8	0.79	0.78603	0	-0.416666667	0	-16.66666667	-5.694444444
Humedales	Con	56.7	57.23	47.8142	100	0.311581423	-7.455111429	18.19046719	3.682312394
Humedales	Coy	3122.4	2664.71	3710.09	2695.33	-4.886091895	5.378397238	-4.55855602	-1.355416892
Humedales	Cum	364.1	253.66	253.66	503.77	-10.11077543	-7.092533157	16.43346439	-0.256614731
Humedales	Djc	0	0	0.04357	0	0	0	-16.66666667	-5.555555556
Humedales	Fro	5.2	5.23	5.22611	0.14	0.192307692	100.9908163	-16.22019054	28.32097783
Humedales	Gue	53.2	31.94	31.3828	34.04	-13.32080201	-1.115175424	1.41119944	-4.341592663
Humedales	Gun	111.8	90.11	111.774	90.11	-6.466905188	3.434548251	-3.230339885	-2.087565607
Humedales	Gut	0	0	96.5734	0	0	0	-16.66666667	-5.555555556
Humedales	Her	379.9	213.98	294.118	350.2	-14.55821707	-2.28774333	3.177958644	-4.556000587
Humedales	Hui	1498.7	1154.26	1135.07	930.14	-7.660861636	3.147390408	-3.009016909	-2.507496046
Humedales	Nev	1800	1620.25	1667.54	1721.67	-3.328703704	-0.449109461	0.540967801	-1.078948455
Humedales	Pis	81.1	88.31	81.0806	84.05	2.963419647	-0.504692785	0.610371765	1.023032875
Humedales	Rab	211.4	222.84	229.109	226.25	1.803847367	0.180537964	-0.207999004	0.592128775
Humedales	San	38.7	38.71	38.708	148.36	0.008613264	-10.55848419	47.21327418	12.22113442
Humedales	Smt	1802.9	1990.93	1739.59	1739.59	3.476436112	-9.6903E-06	1.13054E-05	1.158812576
Humedales	Son	0	19.37	0	1.59	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Humedales	Sot	0	30.98	30.0906	30.09	0	0.000280112	-0.000326791	-1.55596E-05
Humedales	Sum	571.6	542.92	542.526	503.84	-1.672498251	1.09689584	-1.188458732	-0.588020381
Humedales	Tot	0	0	0	91	0	-14.28571429	0	-4.761904762

Cobertura	abre	c2002	c2005	c2012	c2018	Tasas 2002_2005	Tasas 2005_2012	Tasas 2012_2018	Promedio Cambio
Nubes	Alc	49.1	71.85	0	0	15.44467074	0	0	5.14822358
Nubes	Cer	36.1	539.3	0	0	100.6352724	0	0	33.5450908
Nubes	Cft	299.6	19.61	0	0	-31.15153538	0	0	-10.38384513
Nubes	Chi	207.8	1040.23	0	0	133.5306384	0	0	44.51021281
Nubes	Chl	4139.8	3290.22	0	0	-6.840749151	0	0	-2.280249717
Nubes	Con	30682.2	0	0	0	-33.33333333	0	0	-11.11111111
Nubes	Cum	612.5	0	0	0	-33.33333333	0	0	-11.11111111
Nubes	Djc	12588.5	0	0	0	-33.33333333	0	0	-11.11111111
Nubes	Gue	902.4	93.89	0	0	-29.86517435	0	0	-9.955058117
Nubes	Gun	4350.6	0	0	0	-33.33333333	0	0	-11.11111111
Nubes	Gut	0	332.9	0	0	0	0	0	0
Nubes	Her	17478.8	991.43	0	0	-31.44260476	0	0	-10.48086825
Nubes	Hui	9233.1	7007.33	0	0	-8.035473821	0	0	-2.678491274
Nubes	Iga	0	1560.88	0	0	0	0	0	0
Nubes	Mir	2444	0	0	0	-33.33333333	0	0	-11.11111111
Nubes	Nev	8113.6	12602.58	0	0	18.44220404	0	0	6.147401345
Nubes	Per	1522.8	69.97	0	0	-31.80172489	0	0	-10.60057496
Nubes	Pic	0	162.68	0	0	0	0	0	0
Nubes	Pis	0	68.92	0	0	0	0	0	0
Nubes	Rab	751.6	138.88	0	0	-27.17402874	0	0	-9.05800958
Nubes	San	1434.9	0	0	0	-33.33333333	0	0	-11.11111111
Nubes	Smt	2847	0	0	0	-33.33333333	0	0	-11.11111111
Nubes	Sot	21520.7	0	0	0	-33.33333333	0	0	-11.11111111
Nubes	Sum	2608.3	3962.35	0	0	17.3043745	0	0	5.768124832
Nubes	Tot	97.2	1676.74	0	0	100.6803841	0	0	33.56012803
Nubes	Yar	79.4	40.29	0	0	-16.41897565	0	0	-5.472991884
Otras Areas Nat.	Alc	0	5.71	5.09437	8.45	0	-5.673085376	10.97823022	1.768381613
Otras Areas Nat.	Alm	884.6	155.84	0	2732.89	-27.46099932	-14.28571429	0	-13.9155712
Otras Areas Nat.	Cft	0	0	0	147.03	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Otras Areas Nat.	Chi	11.2	19.39	0	5.16	24.375	-14.28571429	0	3.363095238
Otras Areas Nat.	Chl	1327.9	1248.66	854.203	301.11	-1.989105605	26.24065624	-10.7915973	4.486651112
Otras Areas Nat.	Con	329.6	329.58	329.578	415.49	-0.002022654	-2.953907435	4.344566689	0.462878867
Otras Areas Nat.	Coy	24201	17479.6	17729.5	18713.4	-9.25774417	-0.751118633	0.924936674	-3.027975377
Otras Areas Nat.	Cum	992.3	929.46	867.228	697.42	-2.110920756	3.478289369	-3.263424766	-0.632018718
Otras Areas Nat.	Djc	70.4	0	0	0	-33.33333333	0	0	-11.11111111
Otras Areas Nat.	Fro	0	0	0	1010.85	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Otras Areas Nat.	Gue	145.4	26.6	58.7785	91.06	-27.2352132	-5.064401807	9.153436345	-7.715392889
Otras Areas Nat.	Gun	1107.5	1080.19	1132.14	1101.47	-0.821971407	0.397743924	-0.45146486	-0.291897448
Otras Areas Nat.	Gut	1.3	2.34	0	1261.06	26.66666667	-14.28571429	0	4.126984127
Otras Areas Nat.	Her	1217.7	99.51	113.337	0	-30.60934549	0	-16.66666667	-15.75867072
Otras Areas Nat.	Hui	637.4	1344.48	1814.68	2002.04	36.97730363	-1.336900005	1.720749581	12.45371774
Otras Areas Nat.	Nev	8195.9	8206.12	8195.24	8254.84	0.041565498	-0.103137224	0.121201791	0.019876688
Otras Areas Nat.	Per	0	29.93	0	0	0	0	0	0
Otras Areas Nat.	Pic	0	0	0	7.22	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Otras Areas Nat.	Pis	0	0	7.19431	709.71	0	-14.14090041	127.479888	37.77966254
Otras Areas Nat.	San	100.3	40.15	42.5601	1353.01	-19.99002991	-13.83634478	113.17623	26.44995177
Otras Areas Nat.	Smt	0	13227.11	13485.6	13519.55	0	-0.035859604	0.041941485	0.002027294
Otras Areas Nat.	Son	19.4	0	0	0	-33.33333333	0	0	-11.11111111
Otras Areas Nat.	Sot	0	0	0	22.44	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Otras Areas Nat.	Sum	94.9	1002.82	715.404	42.28	118.9041096	100.4374138	-15.68167512	67.8866161
Otras Areas Nat.	Tot	0.6	26.22	53.2312	25.44	123.3333333	15.606031	-8.701416199	43.41264938
Sistema forestal	Alc	224.5	215.62	212.325	107.01	-1.318485523	14.05946574	-8.266817454	1.491387587
Sistema forestal	Alm	0	0	0	76.96	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Sistema forestal	Bel	19.6	0	28.4749	0	-33.33333333	0	-16.66666667	-16.66666667
Sistema forestal	Chi	151.8	724.87	267.384	416.84	105.838823	-5.122066363	9.315915828	36.67755749
Sistema forestal	Con	0	0	0	19.73	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Sistema forestal	Coy	0	0	29.1753	45.33	0	-5.091128549	9.228489996	1.379120482
Sistema forestal	Cum	0	0	0	47.51	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Sistema forestal	Gue	632.6	750.38	204.412	205.29	6.206133418	-0.061087799	0.071575165	2.072206928
Sistema forestal	Gun	250.1	340.83	340.832	0	12.09249633	0	-16.66666667	-1.524723444
Sistema forestal	Gut	204	102.23	226.29	401.7	-16.62908497	-6.238145382	12.9193165	-3.315971284
Sistema forestal	Iga	0	0	0	26.74	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Sistema forestal	Nev	24.4	94.65	89.5136	380.66	95.96994536	-10.92637712	54.20899312	46.41752045
Sistema forestal	Pis	51.5	33.6	158.801	186.47	-11.58576052	-2.119766489	2.903961292	-3.600521905
Sistema forestal	Rab	0	580.23	620.218	549.55	0	1.837037056	-1.899011132	-0.020658025
Sistema forestal	San	0	0	0	554.08	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Sistema forestal	Sot	171.3	6.44	9.25792	0	-32.08017124	0	-16.66666667	-16.24894597
Sistema forestal	Sum	256.8	258.97	637.207	899.4	0.281671859	-4.164571619	6.857874577	0.991658272
Sistema forestal	Tot	119.9	123.85	152.933	237.27	1.098137337	-5.077830561	9.191092315	1.73713303

Cobertura	abre	c2002	c2005	c2012	c2018	Tasas 2002_2005	Tasas 2005_2012	Tasas 2012_2018	Promedio Cambio
Vegetacion de Páramo	Alc	681.6	775.1	748.843	881.28	4.572574335	-2.146829449	2.947592905	1.791112597
Vegetacion de Páramo	Alm	107788	107104.11	102951	104848.43	-0.211492312	-0.258518743	0.30716373	-0.054282441
Vegetacion de Páramo	Bel	2650.3	3371.83	5825.97	3409.54	9.074821718	10.12463818	-6.912803488	4.095552137
Vegetacion de Páramo	Cer	1039.2	911.34	844.878	962.28	-4.101231717	-1.742915041	2.315957025	-1.176063244
Vegetacion de Páramo	Cft	1254.3	1079.37	1498.34	880.01	-4.6488081	10.03769064	-6.87793689	-0.496351449
Vegetacion de Páramo	Chi	75775.6	73346.7	73511.2	71369.47	-1.068461792	0.428710492	-0.485589819	-0.375113706
Vegetacion de Páramo	Chl	27192.8	28960.45	29885.5	32760.35	2.166811313	-1.253613996	1.603238629	0.838811982
Vegetacion de Páramo	Con	123183	53079.85	50481	52953.61	-18.96989677	-0.667054808	0.81634908	-6.273534167
Vegetacion de Páramo	Coy	320175	189289.05	192617	192156.63	-13.62652575	0.034253723	-0.039867085	-4.544046371
Vegetacion de Páramo	Cum	36679.5	40055.01	39380	35710.24	3.067571804	1.468074187	-1.553144069	0.994167308
Vegetacion de Páramo	Djc	7631.5	16720.49	16515.8	16674.39	39.69944747	-0.135856253	0.160020749	13.24120399
Vegetacion de Páramo	Due	1592.6	1528.31	1548.47	1637.42	-1.345598393	-0.776025699	0.95736934	-0.388084917
Vegetacion de Páramo	Far	2150.3	2150.34	2150.34	2150.34	0.000620069	-7.83929E-06	9.14585E-06	0.000207125
Vegetacion de Páramo	Fro	2859	2808.19	2808.19	2435.83	-0.592398274	2.183849975	-2.209985584	-0.206177961
Vegetacion de Páramo	Gue	15735.8	19979.63	21609.9	21198.75	8.989755843	0.277055406	-0.31708186	2.98324313
Vegetacion de Páramo	Gun	53126.5	60230.36	87656.6	66074.25	4.457198071	4.666246687	-4.103574201	1.673290186
Vegetacion de Páramo	Gut	74561.2	72093.21	77798.5	75121.2	-1.103339717	0.509145678	-0.573561447	-0.389251829
Vegetacion de Páramo	Her	125822	129774.73	136140	133086.69	1.047284409	0.327731077	-0.373778016	0.333745823
Vegetacion de Páramo	Hui	76658.6	70829.49	85279.2	82184.91	-2.534662343	0.53786509	-0.604740457	-0.867179237
Vegetacion de Páramo	Iga	14262.7	14945.83	16559.3	16825.73	1.596542029	-0.226210529	0.268158503	0.546163334
Vegetacion de Páramo	Mir	311.5	400.41	1148.86	1191.93	9.514178705	-0.516225905	0.624842757	3.207598519
Vegetacion de Páramo	Nev	62990.4	65888.66	77157.8	72828.08	1.533704607	0.849307961	-0.935256814	0.482585251
Vegetacion de Páramo	Par	1008.6	1008.55	1008.55	1163.58	-0.001652456	-1.90332054	2.561864019	0.218963674
Vegetacion de Páramo	Per	21461.3	22102.69	19095.5	20962.38	0.996196254	-1.272251079	1.629403665	0.45111628
Vegetacion de Páramo	Pic	2912.4	3098.78	3123.09	3123.09	2.133177677	1.633E-05	-1.90516E-05	0.711058318
Vegetacion de Páramo	Pis	68225.8	64228.95	61584.9	64567.57	-1.952755898	-0.659912253	0.807184599	-0.601827851
Vegetacion de Páramo	Rab	14684.1	15263.53	15289.8	15191.07	1.315322923	0.092839449	-0.107613337	0.433516345
Vegetacion de Páramo	San	0	84935.4	82978.1	82292.91	0	0.118949327	-0.13762826	-0.006226311
Vegetacion de Páramo	Smt	0	125046.97	124165	123554.14	0	0.070682802	-0.082057267	-0.003791488
Vegetacion de Páramo	Son	393	292.72	5408.25	0	-8.505513147	0	-16.66666667	-8.390726604
Vegetacion de Páramo	Sot	18225.5	28819.94	29117.2	29985.72	19.37658775	-0.413786453	0.497150862	6.486650719
Vegetacion de Páramo	Sum	237248	233785.88	231333	232877.62	-0.486386169	-0.094739785	0.111267653	-0.156619434
Vegetacion de Páramo	Tam	9220.9	9449.57	9275.06	10075.77	0.82663659	-1.135267266	1.438819613	0.376729646
Vegetacion de Páramo	Tat	4191.8	4191.76	4191.76	4184.32	-0.000318081	0.025391086	-0.029570376	-0.001499124
Vegetacion de Páramo	Tot	85968.3	82319.85	82450.2	82900.13	-1.414649353	-0.077531898	0.090947474	-0.467077926
Vegetacion de Páramo	Yar	2278	2070.12	1682.63	2319.53	-3.041849576	-3.922622686	6.308642952	-0.21860977
Zonas de extraccion minera	Alc	0.1	0.07	0	1.96	-10	-14.28571429	0	-8.095238095
Zonas de extraccion minera	Cum	0	0	0	6.52	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Zonas de extraccion minera	Gue	0	0	0.06946	0.08	0	-1.882142857	2.529033496	0.215630213
Zonas de extraccion minera	Gun	0	0	24.1082	44.96	0	-6.625517921	14.41546579	2.596649291
Zonas de extraccion minera	Gut	7.1	17.36	21.281	23.68	48.16901408	-1.447297297	1.878862608	16.20019313
Zonas de extraccion minera	Hui	0	0	0	4.29	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Zonas de extraccion minera	Pis	0	0	0	0.4	0	-14.28571429	0	-4.761904762
Zonas de extraccion minera	Rab	0	11.52	18.3683	12.01	0	7.563102177	-5.769269158	0.59794434
Zonas de extraccion minera	San	0	47.34	28.8348	0.01	0	100.2571429	-16.66088661	27.86541875
Zonas de extraccion minera	Sum	0	0	3.59331	19.19	0	-11.61072731	72.34133246	20.24353505