

Cambios en la cobertura vegetal del biotopo del *Polylepis sericea* (Rosales: Rosaceae) en la microcuenca Termales, Villamaría, Caldas entre 1993 y 2021)



Cambios en la cobertura vegetal del biotopo del *Polylepis sericea* (Rosales: Rosaceae) en la microcuenca Termales, Villamaría, Caldas entre 1993 y 2021

Aura María Bolívar Villa
Karen Vanessa Chavarro Ramos

Programa de Geografía
Facultad de Humanidades
Sede Meléndez (Santiago de Cali)
Universidad del Valle

2024

Cambios en la cobertura vegetal del biotopo del *Polylepis sericea* (Rosales: Rosaceae) en la microcuenca Termales, Villamaría, Caldas entre 1993 y 2021

Aura María Bolívar Villa & Karen Vanessa Chavarro Ramos

Trabajo de grado para optar por el título de geógrafas

Tutor: Luis Marino Santana Rodríguez
Ingeniero Agroforestal y Agrónomo
Especialista en Interpretación de Imágenes de Sensores Remotos aplicado a
Estudios de Suelos
Doctor en Cartografía, SIG y Teledetección

Programa de Geografía
Facultad de Humanidades
Sede Melendez (Santiago de Cali)
Universidad del Valle

2024

Nota de aceptación:

Presidente del jurado:

Jurado 1:

Jurado 2:

Santiago de Cali, _____, _____, _____

Dedicatoria

*A mis abuelos...
Gloria, por enseñarme a nunca rendirme,
Y luchar siempre por un país mejor...
A Jaime, por creer siempre en mí,
Y enseñarme que nada es imposible...*

*A mi madre Luz,
Quien a pesar de las adversidades,
Nunca ha dejado de luchar,
Para ayudarme a cumplir mis sueños,
De ti he aprendido,
Que del mayor esfuerzo,
Siempre se obtiene la mejor recompensa.*

Agradecimientos

A nuestros padres, faltarán palabras de agradecimiento por tanto apoyo y paciencia durante este recorrido, gracias a ustedes tuvimos muchos momentos de orgullo y felicidad.

A nuestras madres, gracias por tanto amor, dedicación y cariño; por el ejemplo de superación qué significan para nosotras.

A nuestro director, el profesor Luis Marino Santana, por ser nuestro mentor y confiar en que este proyecto saldría adelante, por su paciencia y sus enseñanzas.

A la tía Lisseth, por enseñarnos que no hay límite para soñar. A Estefa, por su motivación y confianza.

A la tía Ruby, por patrocinarlos tantas horas de estudio.

A la abuelita Olga, por ser la mejor anfitriona y hacernos sentir siempre como en casa, después de largos recorridos en campo.

A Carolina, por siempre llenarnos de confianza y ser la mejor maestra de la vida.

A Rosa, por nunca desfallecer y ser la mejor compañera de risas.

A la Universidad del Valle por la oportunidad de formarnos como profesionales.

Al guía experto, por despertarnos a partir de su conocimiento local, una motivación más para seguir apropiándonos de nuestro territorio.

Y como faltar, Baco y Max, por su fiel y leal compañía a lo largo del camino.

Sin lugar a dudas el mayor de los méritos se lo lleva nuestra amistad, porque más allá de los aprendizajes, ganamos la hermandad.

Resumen

El crecimiento de las actividades agropecuarias en Colombia ha generado procesos de transformación sobre las coberturas vegetales. Es por ello que algunas especies se han visto afectadas por los cambios en su biotopo. La presente investigación identificó los cambios de la cobertura vegetal del biotopo de *Polylepis sericea* (Rosales: Rosaceae) en una de las microcuencas del río Chinchiná (Quebrada Termales) entre el periodo 1993-2021. Para ello se utilizó una metodología mixta, en la cual se requirió; trabajo de campo, una entrevista semiestructurada y un análisis e interpretación de imágenes de sensores remotos. A partir de esto se logró identificar que la cobertura de bosque denso alto andino (biotopo de *Polylepis sericea*) ha aumentado, debido a la creación de reservas para la conservación, lo cual influyó en la disminución de la cobertura pastos y mosaico de cultivos. Sin embargo, con la presente investigación se reconoció que estas, igual que las demás, se encuentran en un proceso de homogenización. La reestructuración del paisaje durante el periodo 1993-2021 resalta la importancia de investigar y conocer, a diferentes escalas, los procesos de transformación espacial que presentan las diferentes coberturas naturales y antrópicas en la zona de estudio y en otras aledañas, donde ocurren procesos similares.

Palabras clave: *Cobertura vegetal, biotopo, bosque andino, estructura del paisaje.*

“Queda por averiguar si nuestra especie, *Homo sapiens*, que a pesar de su inteligencia con frecuencia actúa de una manera insensata seguirá el consejo de estos biólogos sabios”¹ p. 15

¹ Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC); Selva Pluvial Tropical del Departamento del Valle del Cauca, Colombia; Dirección técnica Ambiental; 2006; ISBN: 958-8094-99-2

Tabla de Contenido

Introducción	14
2. Justificación	21
3. Objetivos:	25
3.1 Objetivo general:	25
3.2 Objetivos específicos:	25
4. Marco Referencial	26
4.1 Conceptos básicos	26
4.1.1 Cobertura vegetal	26
4.1.2 Detección de cambios de las coberturas	27
4.1.3 Bosque alto Andino	28
4.1.4 Bosque de Polylepis sericea	29
4.1.5 Biotopo	30
4.1.6 Entrevistas semi-estructuradas	30
4.1.7 Mosaico (parches) del paisaje	31
4.2 Contexto normativo	33
4.3 Estudios anteriores sobre el biotopo de P. sericea	35
5. Procedimiento metodológico	41
5.1 Localización geográfica del área de estudio	43
5.2 Caracterización general de la zona de estudio	45
5.3 Materiales y métodos	49
5.2.1 Trabajo de campo	49
5.2.2 Entrevista semiestructurada	53
5.2.3 Análisis e interpretación de las imágenes de sensores remotos	56
6. Resultados y discusión	59
6.1 Caracterización y dinámica de las coberturas en la microcuenca Termales y adyacentes	59

6.2 Caracterización de las actividades agrícolas y pecuarias generadoras de los cambios en el biotopo del <i>P. sericea</i> en la microcuenca Termales.	74
6.3 Formas del terreno asociadas al biotopo de <i>P. sericea</i>	84
6.4 Estructura del paisaje en la zona de estudio	86
7. Conclusiones	94
8. Recomendaciones	97
9. Bibliografía	99

Lista de figuras

Figura 1. Distribución de los ecosistemas boscosos en Colombia.	15
Figura 2. Índices de Fragstats más utilizados.	32
Figura 3. Diagrama del diseño metodológico seguido para la realización del trabajo.	42
Figura 4. Fotografías arboles de <i>Polylepis</i> en la parte alta de la microcuenca Termales, en medio de zona para el pastoreo.	43
Figura 5. Fotografías afluente principal en la parte alta de la cuenca, evidencia de taludes con fuertes inclinaciones y muestras de zonas de pastoreo.	43
Figura 6. Demarcación de ubicación de algunos árboles de <i>Polylepis sericea</i> .	44
Figura 7. Fotografías panorama paisajístico en la parte alta de la microcuenca Termales.	45
Figura 8. Promedio variables climatológicas en la zona de estudio.	48
Figura 9. Fotografía arboles con alturas entre los 6 y 8 metros.	50
Figura 10. Fotografía copa de árbol de <i>P. sericea</i> entre vegetación arbórea.	50
Figura 11. Ramificación, tronco y corteza de la especie (<i>P. sericea</i>).	51
Figura 12. Fotografías altura, líquenes y vista general de la especie (<i>P. sericea</i>).	52
Figura 13. Tipos de imágenes de satélite utilizadas.	56
Figura 14. Imagen falso color 2020.	57
Figura 15. Clases de las coberturas de la tierra y colores usados para su identificación.	57
Figura 16. Métricas de la estructura del paisaje.	58
Figura 17. Área de cobertura de las tierras en las microcuencas Termales, La Oliva, La María y Romerales.	59
Figura 18. Fotografía relictos de bosque denso alto o bosque alto andino en la parte alta de la microcuenca, dentro de un predio dedicado a la actividad del pastoreo.	69
Figura 19. Imagen satelital 2024/ Imagen falso color 2020.	70
Figura 20. Fotografía árbol de <i>Polylepis sericea</i> sobre la quebrada Termales.	74
Figura 21. Fotografía inmediaciones de la Laguna Negra, se observa un pequeño grupo de frailejones en el paisaje.	75
Figura 22. Fotografía preparación de terreno para cultivo de papa en las inmediaciones a la Laguna Negra.	75
Figura 23. Fotografía Vegetación herbácea de páramo, en la parte alta de la microcuenca Termales.	81
Figura 24. Fotografía árbol de <i>Polylepis</i> en un predio de la microcuenca, zona de pastoreo.	81
Figura 25. Fotografía paisaje de bosque denso alto.	81

Figura 26. Fotografía paisaje parte baja de la microcuenca Termales, por la antigua carretera al Nevado del Ruiz.	81
Figura 27. Fotografía macrocategorías de la cobertura de la tierra en la microcuenca Termales.	82
Figura 28. Fotografía aprovechamiento de árboles de pino por la carretera antigua al Volcán Nevado del Ruiz.	83
Figura 29. Fotografía madera para uso doméstico por la carretera antigua al Volcán Nevado del Ruiz.	83
Figura 30. Porcentaje (%) de pendiente de los árboles de <i>P. sericea</i> georreferenciados en campo.	84
Figura 31. Métricas de la estructura del paisaje en las microcuencas Termales, Romerales, La Maria y La Oliva.	87
Figura 32. Recortes de la imagen satelital reciente (2024) en la zona de la microcuenca Termales.	92

Lista de mapas

Mapa 1. Localización de la zona de estudio.	44
Mapa 2. Áreas protegidas dentro de la microcuenca del río Termales.	46
Mapa 3. Localización de árboles de <i>Polylepis sericea</i> georreferenciados en campo sobre la microcuenca Termales.	50
Mapa 4. Ubicación de personas consultadas para la valoración cualitativa preliminar de la distribución del <i>P. sericea</i>	65
Mapa 5. Coberturas de la tierra 1996.	60
Mapa 6. Coberturas de la tierra 2016.	61
Mapa 7. Coberturas de la tierra 2020.	26
Mapa 8. Coberturas de la tierra en la microcuenca Termales durante 1996, 2016 y 2020.	64
Mapa 9. Áreas protegidas en las microcuencas Termales, Romerales, La Oliva y La María.	68
Mapa 10. Coberturas de la tierra y áreas protegidas en las microcuencas Termales, Romerales, La Oliva y La María (2020)	72
Mapa 11. Usos recomendados de la tierra en las microcuencas Termales, Romerales, La Oliva y La María (2017).	77
Mapa 12. Usos recomendados de la tierra en la microcuenca Termales (2017).	77
Mapa 13. Pendientes de la microcuenca Termales.	85

Lista de gráficos

Gráfico 1. Porcentaje de cobertura 1996.	60
Gráfico 2. Porcentaje de cobertura 2016.	61
Gráfico 3. Porcentaje de cobertura 2020.	62
Gráfico 4. Número de parches (NP) por cobertura de la tierra en las microcuencas.	88
Gráfico 5. Densidad de los parches (DP) por cobertura en las microcuencas.	89
Gráfico 6. Promedio del perímetro de la forma (SHAPEMN) según la cobertura en las microcuencas.	90
Gráfico 7. Índice de dimensión fractal (FRAC MN) por cobertura en las microcuencas.	90
Gráfico 8. Índice de diversidad de Shannon's.	92

Introducción

Una de las coberturas naturales que más provee de recursos ecosistémicos a la humanidad es la de bosques, extendida sobre 4.000 millones de hectáreas, correspondiente al 30% de la superficie terrestre del planeta². Dentro este gran grupo se encuentran diferentes tipos de bosques naturales, los cuales están determinadas por los niveles altitudinales, la ubicación latitudinal y los rangos de humedad. De esta forma, a escala suramericana se pueden encontrar según la variación latitudinal y altitudinal grandes extensiones de selvas como la selva ecuatorial, la selva tropical, selva subtropical, selva templada y selva subpolar³.

Es por ello que sobre las latitudes cercanas a la línea del Ecuador es posible encontrar la selva tropical en las regiones más bajas y la selva andina con sus subdivisiones de acuerdo a los pisos térmicos basal (0-1000 m.s.n.m), subandino (1000-2000 m.s.n.m), andino (2000-3000 m.s.n.m), altoandino (más 3000 m.s.n.m) en los que se encuentre.

Colombia, por su ubicación entre los 4° de latitud sur y los 16° de latitud norte⁴, precisamente posee la selva andina (en todas sus subdivisiones), basal (natural, plantada), el bosque ripario, pantanoso, manglar e insular (figura 1). Cada una de estas variaciones de selva, está determinada por la región en que se encuentre y

² MINISTERIO DEL AMBIENTE; ¿Cuántos bosques hay en el mundo y cuál es su impacto económico?; [Sitio web]. Perú. <https://www.minam.gob.pe/programa-bosques/cuantos-bosques-hay-en-el-mundo-y-cual-es-su-impacto-economico/>

³ ENCICLOPEDIA HUMANIDADES; “Selva”; [Sitio web]; Argentina; Etecé. Última edición: 23 enero, 2023; Consultado: 11 diciembre, 2023. Disponible en: <https://humanidades.com/selva/>

⁴ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE); Atlas Estadístico (Tomo I Demográfico); El territorio colombiano; [Sitio web]; DANE; Consultado: 11 de diciembre, 2023; Disponible en: https://geoportal.dane.gov.co/servicios/atlas-estadistico/src/Tomo_I_Demografico/1.1.-el-territorio-colombiano.html

las condiciones de humedad y/o precipitaciones imperantes. Según la FAO⁵, para el año 2002, la mayor extensión de selva en el país la comprendía la selva basal amazónica (53%), seguida de la selva basal plantada (31%) y posteriormente del bosque andino (31%) (figura 1).

Figura 1. Distribución de los ecosistemas boscosos en Colombia

COBERTURA	ÁREA
Bosque andino	9.108.474
Bosque andino fragmentado	3.040.711
Bosque basal fragmentado	6.868.216
Bosque basal del Pacífico	4.429.955
Bosque basal Amazónico	33.506.755
Bosque basal del Caribe	7.669
Bosque basal del Orinoco	20.980
Bosque ripario	3.907.090
Especial pantano Caribe	2.335.804
Especial pantano Amazónico	161.186
Especial pantano andino	4.976
Manglar Caribe	66.201
Manglar pacífico	282.448
Insular pacífico	1.451
Bosque andino plantado	15.625
Bosque basal plantado	19.777.519
TOTAL	63.777.519

Fuente: FAO. 2002. [Libro]. Op.Cit.

En este sentido, Colombia por su localización geográfica en el noroccidente del subcontinente suramericano, cuenta con potencialidades notables a nivel de biodiversidad, riqueza hídrica y recursos naturales, parte de estos beneficios ecosistémicos están relacionados con la división de la cordillera de los Andes, en su zona norte en tres subdivisiones, la cordillera Occidental, Central y Oriental.

⁵ COMISIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Estado de la información forestal en Colombia. Santiago, Chile: FAO, 2002; vol 3; Disponible en: <https://www.fao.org/3/AD392S/AD392s10.htm>

El bosque andino comprende las áreas de bosque ubicadas entre los 1.000 y los 4.000 m.s.n.m⁶, ocupando casi una cuarta parte (19%)⁷ del total de los bosques sobre el territorio colombiano. Esta cobertura aporta diferentes beneficios ecosistémicos para el país, ya que se reconoce como una zona de regulación climática, balance y oferta hídrica, una forma natural de mitigación de fenómenos naturales como inundaciones, también conocida como sumideros de carbono, estos funcionan como depósito natural, regulando el carbono atmosférico y generando oxígeno, factores que ayudan a mitigar los efectos del cambio climático y el calentamiento global.

De otro lado, a nivel de Suramérica el periodo de años 2000-2010, fue el que tuvo la mayor reducción de cobertura de bosque en todo el mundo⁸, estos se llegaron a reducir hasta 4 millones de hectáreas anuales, lo que significa una reducción del 1%.

No ajeno a esta situación se encuentra la cobertura de bosque andino en Colombia, por ser una de las que ha presentado mayores transformaciones⁹, causadas principalmente por la fuerte presión antrópica ejercida por las poblaciones ubicadas sobre las cordilleras. Esta situación cada vez es más crítica debido a la ocupación de las tierras bajas, donde se dedican grandes parcelas a los monocultivos o a la ganadería extensiva, lo que provoca la ampliación de la frontera agrícola hasta afectar los ecosistemas de cada piso térmico (basal, subandino, andino, altoandino e incluso el páramo).

⁶ FAO. [Libro]. Op.Cit

⁷ FAO. [Libro]. Op.Cit

⁸ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO); Evaluación de los recursos forestales mundiales; Roma, FAO, 2010; p.16; ISBN 978-92-5-306654-4

⁹ FAO. [Libro]. Op.Cit

Se estima, según el IDEAM¹⁰, que “en el período 2010-2018, se perdieron en el territorio nacional 981.058 ha de bosques naturales”, encontrándose como causas principales para Armenteras (2018), “la tala selectiva, los incendios forestales, la extracción de leña y el sobrepastoreo”¹¹. Entre los departamentos que se han visto mas afectados por la transformación de ecosistemas naturales se encuentra el departamento de Caldas, el cual, durante el periodo 2005-2009 vs 2010-2012 presentó una tasa de transformación de ecosistemas naturales del -14,54%, seguido de Cundinamarca (-12,23%), Santander (-11,81) y Atlántico (-11,14)¹². El panorama más preocupante es para el departamento de Caldas, que cuenta con la peor tasa de transformación de coberturas naturales, llegando a afectar tanto sus bosques bajos al margen del río Cauca como sus ecosistemas de páramo y borde glaciar en la vertiente occidental de la cordillera Central.

A pesar de que el bosque mas afectado para el periodo 2010-2012 fue el bosque basal húmedo y el de menor transformación el bosque andino húmedo, el proceso de modificación de los ecosistemas naturales en el departamento de Caldas plantea una preocupación, y aunque los procesos de degradación son más amplios en los bosques bajos, las tierras altas con coberturas naturales también se están afectando cada vez más. En estas zonas, las extensiones de bosque andino y altoandino tienen un valor y una importancia ecosistémica muy importante para la región, abastecen la red hídrica de una de las zonas mas densificadas del país, concentrando varias capitales y dotando de recursos

¹⁰ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM); 2021; Cuenta Ambiental y Económica de Bosque (CAE-B) 2012 – 2018, Bogotá D.C; p. 24.

¹¹ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Proyecto Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono; Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental (SMBYC), Grupo de Bosques 2019; Bogotá, D. C, 2019.

¹² INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM); Presentación del mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos (MEC) Escala 1:100000; 2017; Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Humboldt, Instituto SINCHI, INVEMAR, IIAP, Parques Nacionales Naturales & IGAC.

ecosistémicos a poblaciones como Manizales, Villamaría y Chinchiná (por nombrar algunas de mayor crecimiento poblacional y económico en el departamento de Caldas). Además, constituyen directamente zonas de diversos tipos de aprovechamientos, lo que para algunos pobladores de la zona se reconoce como tierras agropecuarias, con parcelas destinadas a la producción de alimentos derivados de la lactosa y productos agrícolas como la papa. Para otros se reconoce como tierras destinadas a la conservación y a las actividades recreativas, de descanso y turísticas.

Actualmente, en las zonas con cobertura de bosque alto andino del departamento de Caldas, se desarrollan actividades agropecuarias y de turismo, este último uso vinculado a las potencialidades ecoturísticas y paisajísticas que ofrece el complejo del Parque Nacional Natural Los Nevados, en el oriente del departamento o en su límite político-administrativo con el Tolima.

Estas actividades, junto con la funcionalidad de la vía Manizales-Bogotá-Manizales, han permitido que se asiente población en estas zonas rurales, ya sea por la continuidad de las labores que realizaban sus familias, o por el interés de posicionar algunos negocios de descanso como glampings y hoteles, como es el caso del Hotel Termales del Ruiz, que aprovecha las aguas termales del Volcán Nevado del Ruiz. De esta forma, indirectamente han llegado más actividades turísticas, de avistamiento de aves o incluso de renta de cuatrimotos y/o paseos a caballo.

En este sentido, la oferta natural y paisajista del sector, ha permitido a la comunidad de la zona como a algunos empresarios, generar ingresos económicos tras el aprovechamiento de las tierras o de los recursos naturales disponibles. El recurso hídrico disponible en la zona sur del departamento de Caldas, al igual que ocurre con la mayoría de los asentamientos urbanos de la región andina, son requeridos para dotar de servicios de agua a las poblaciones urbanas y rurales,

como es el caso del municipio de Manizales, que obtiene el recurso hídrico de la cuenca del río Chinchiná¹³. Según estimaciones realizadas en el POMCA del río Chinchiná, la parte alta de la cuenca aporta “cerca del 48% de su caudal medio a la altura de la bocatoma de Montevideo”¹⁴, lo cual representa la mayor parte del aporte hídrico para la región centro sur.

No obstante, como una de las alternativas para controlar los efectos negativos que provoca la actividad antrópica, se promulgó la Ley 99 del 1993, que con el conjunto de normativas vigentes en el ámbito medio ambiental se reconoce como una ley directriz del manejo ambiental. Precisamente esta ley pretende de forma general, definir los lineamientos para la protección ambiental y por ende la conservación y protección de los recursos naturales.

Del mismo modo, los acuerdos internacionales adscritos por Colombia en las cumbres ambientales y climáticas globales han planteado nuevos retos y compromisos medioambientales para el país, en materia de protección de los bosques. Las coberturas de bosque, los ecosistemas endémicos y la biodiversidad de Colombia, distingue al país con factores privilegiados en cuanto a la producción de agua, es por ello que la conservación de los ecosistemas naturales permite mitigar los efectos del cambio climático.

Precisamente, la región andina es una de las más importantes para la producción de agua del país y ha sido una de las zonas más deforestadas¹⁵, generando impactos directos sobre la vegetación de las zonas altoandinas donde la alta

¹³ ALCALDIA DE MANIZALES; Plan de Ordenamiento Territorial de Manizales; Alcaldía de Manizales, s.f: Capitulo 2.

¹⁴ CORPOCALDAS; Plan de Ordenacion y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Chinchiná Departamento de Caldas—POMCA CHINCHINÁ; 2022; Tomo 1.

¹⁵ ETTER, Andrés; VAN WYNGAARDEN, Willem; Patterns of Landscape Trasformation in Colombia, with Emphasis in the Andean Region; En: AMBIO: A Journal of the Human Environment, 2000; vol 29 No 7. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-29.7.432>

humedad deja en evidencia la alta producción de este recurso. Es por ello, que el papel de la vegetación es crucial en estas zonas, donde la cobertura vegetal de la parte alta de las cuencas determina la calidad y disponibilidad de agua para la población.

Así mismo, con las transformaciones en el paisaje y el crecimiento de las actividades económicas en la región Andina y específicamente en el suroriente del departamento de Caldas, aparece una preocupación latente de investigar acerca de los cambios que se han presentado sobre la cobertura vegetal del biotopo de *P. sericea* (Rosales: Rosaceae), como uno de los árboles que se desarrolla adecuadamente en la zona altoandina e incluso en alturas mayores, entre el rango altitudinal de los 3500 a 4300 msnm¹⁶. Esta especie ha sido encontrado en la microcuenca Termales, una de las zonas de amortiguación del Parque Nacional Natural los Nevados y de las microcuencas del río Chinchiná. Por tanto, para indagar y analizar las posibilidades de cambio del mencionado biotopo, se tomará como punto de partida el año de 1993, en el que se creó la Ley 99 y la cual enmarca las normativas institucionales para la vigilancia, control y protección ambiental a partir de la creación del ministerio del Medio Ambiente.

A continuación se podrán encontrar, inicialmente una justificación del estudio en cuestión, un marco referencial en cuanto a conceptos y normativas relacionadas con la investigación, una mención de los estudios relacionados con la temática, el procedimiento llevado a cabo y los resultados, junto con las respectivas conclusiones y recomendaciones. Esta investigación se delimita dentro del campo de la geografía por ser un estudio espacio-temporal que puede ser vinculado a elementos ambientales, sociales y económicos que se han presentado en la zona de estudio.

¹⁶ ARELLANO PEÑA, Henry & RANGEL, Jesús. Los bosques de *Polylepis* en Colombia: riqueza y amenazas para su conservación. Documento de trabajo “ESPERANZA PARA LOS BOSQUES DE POLYLEPIS. Colombia: Proaves; 2007; p. 5 Taller nacional: DOI: 10.13140 RG.2.2.14307.55849

2. Justificación

Los bosques andinos en Colombia, junto con los páramos constituyen la principal fuente de producción hídrica del país, generando la mayor cantidad de agua que abastece a la población andina. Estos no solo proveen el recurso hídrico a los habitantes de dicha zona, sino que son el lugar de nacimiento de los principales ríos del país. De esta manera, los bosques altoandinos y los páramos son de vital importancia para la producción hídrica de Colombia y para contrarrestar los efectos provocados por el fenómeno del niño¹⁷. La cobertura de bosque altoandino se distingue particularmente por aportar a la regulación climática, hídrica y de amenazas ante inundaciones y temporadas secas. Además reducen el dióxido de carbono en el aire reteniéndolo en el suelo¹⁸ y constituyen un hábitat para diferentes especies.

“Como resultado del amplio rango altitudinal de los bosques andinos, se observa toda una gama de condiciones ambientales, físicas y geográficas. Esto permite un desarrollo natural de los bosques, con lo que se conforman ecosistemas variados y, a la vez, se contribuye a la gran oferta de servicios ambientales que ofrecen estos ecosistemas, que van desde la regulación de caudales y el rendimiento hídrico, hasta escenarios de belleza escénica incomparable.”¹⁹

Son más de tres millones de habitantes los que se abastecen del agua que proveen las cuencas adyacentes al Parque Nacional Natural Los Nevados, es decir la población comprendida en el radio de influencia del parque, entre las que se encuentran cuatro capitales, Ibagué, Armenia, Pereira y Manizales y otros municipios entre los departamentos de Tolima, Quindío, Risaralda y Caldas. La

¹⁷ WWF. [sitio web]. Bogotá. Soy páramo, soy vida. [Consulta: 29 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.wwf.org.co/?204268/Soy-pramosoy-vida>

¹⁸ WWF. [sitio web]. Op. Cit.

¹⁹ ROMERO RINCON, Jhon; El bosque Alto-Andino: una oportunidad para llevar al educando al aprendizaje significativo y a las estrategias de conservación; Maestría; Bogotá D.C; Universidad Nacional de Colombia; 2012; p. 39.

importancia de la microcuenca Termales, perteneciente a la cuenca del río Chinchiná radica en el hecho de ser parte de la zona de mayor producción de agua de la cordillera Central, aportando el recurso no solo a las grandes capitales, si no a los municipios de la vertiente occidental y oriental de la cordillera de los Andes.

La especie *P. sericea* se asocia a una franja de transición entre el bosque altoandino y los ecosistemas de páramo, al encontrarse registros de este árbol sobre los 4000 m.s.n.m, perteneciendo a las especies de angiospermas arbóreas que crecen a mayores altitudes²⁰. Es por ello que la importancia de la conservación e investigación de los cambios en la cobertura de bosque altoandino y de subpáramo, son fundamentales para conocer el estado de los árboles que hacen parte de este ambiente y que cuentan con una distribución entre los pisos térmicos frío y muy frío²¹.

Además, algunos autores como Etter & Villa en el año 2000 (citado por Arellano & Rangel²²), reconocieron para el biotopo de *P. sericea* una “pérdida del 70 al 90 % de la cobertura original”, precisamente vinculando este proceso a la ampliación de la frontera agrícola, las prácticas ganaderas y el uso del árbol para el combustible doméstico²³.

Este proceso de utilización de tierras sobre el bosque altoandino y los páramos de Colombia obedece a un conjunto de prácticas de producción agropecuaria impulsadas a finales del siglo XIX y principios del siglo XX por la alta demanda de

²⁰ RUNDEL Phillip; SMITH Alan; Meinzer F. Tropical Alpine Environments: Plant Form and Function; Cambridge University Press; 2008; ISBN 0521054117

²¹ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM); Clasificaciones climáticas Colombia; IDEAM.

²² ARELLANO & RANGEL. Op. Cit. p. 2

²³ ARELLANO & RANGEL. Op. Cit., p. 2

productos del mercado nacional e internacional, sin embargo, fue para el siglo XXI que estas prácticas se intensificaron utilizando terrenos considerados como baldíos, algunos de ellos con potencial de conservación.²⁴

Años atrás, por diversas problemáticas ambientales sobre el territorio, se creó la Ley 99 de 1993 o Ley del Sistema Nacional Ambiental (creación del Ministerio de Medio Ambiente), que reconoce, entre otros aspectos, la importancia de los páramos, estableciéndolos como objeto de protección especial. Sin embargo es necesario caracterizar las actividades que se han realizado sobre la zona contigua al Parque Nacional Natural (PNN) Los Nevados, que se reconocen como actividades transformadoras del entorno y por ende de la cobertura vegetal. En la actualidad se desarrollan actividades agrícolas y pecuarias en la zona, tanto así que en los últimos años se han emprendido planes de apoyo para el sector agrícola (hortalizas) a través de estrategias de reducción de riesgos para los cultivos. La Unidad de Gestión Rural de Manizales se dedica a entregar materiales y adaptar infraestructura para reducir el riesgo de pérdida de hortalizas en la zona rural del municipio. Así mismo, los agricultores cuentan con el acompañamiento permanente de la Secretaría de Agricultura de Manizales, presentándose como algunas de las acciones conjuntas entre la administración municipal y las comunidades locales para aplicar la normativa vigente de protección de los ecosistemas.²⁵

Este tipo de contradicciones entre la actividad económica creciente sobre las zonas de bosque altoandino y páramo, específicamente en la zona contigua al PNN Los Nevados, está generando impactos sobre la vegetación endémica de

²⁴ CUETO, Ivonne. Colonización y frontera agropecuaria en Colombia (De la gesta heroica de modernización, hasta el desarraigo forzado y la disminución de nuestra biodiversidad como producto de nuestra búsqueda del desarrollo). En: *Punto de Vista*. Agosto, 2011, p. 92.

²⁵ CARACOL RADIO. [sitio web]: Con microtuneles se conservan los cultivos en el páramo de letras. [Consulta: 10 octubre 2022].

estos ecosistemas, como es el caso del biotopo de *P. sericea* y de otras especies arbóreas y arbustivas que se encuentran en la zona. Esta especie se encuentra sometida a impactos como la pérdida de hábitat naturales (deforestación) y la fragmentación de ecosistemas, asociada principalmente al desarrollo de actividades ganaderas²⁶.

En la actualidad los expertos hacen especial énfasis en el estado de la cobertura vegetal de las regiones altoandinas, que se encuentra cada vez más amenazada por la actividad agrícola, pecuaria y forestal, y por la introducción de nuevos pobladores y actividades antrópicas. Según Cabrera & Ramirez²⁷ “la actual demanda productiva, extractiva y el crecimiento poblacional, han generado mayores tasas de transformación, a unos niveles acelerados” es por ello que estudiar la cobertura vegetal y las asociadas a los árboles de *P. sericea*, como uno de los que cuenta con una distribución de mayor nivel altitudinal, encontrándose en una franja entre el bosque altoandino y el ecosistema de páramo, constituye una investigación relevante por la importancia de la cobertura de bosque y de esta especie para la estabilidad de los ecosistemas.

²⁶ MONGABAY. Colombia: La ganadería extensiva está acabando con los bosques. [Sitio web]. 7 de enero, 2017. [Consultado: 20 junio, 2024]. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2017/01/colombia-ganaderia-deforestacion/>

²⁷ CABRERA, Marían & RAMIREZ, Wilson. Restauración ecológica de los páramos de Colombia: Transformación y herramientas para su conservación; Bogotá D.C, editado por Marían Cabrera y Wilson Ramirez, 2014; p. 9.

3. Objetivos:

3.1 Objetivo general:

- Identificar los cambios en la cobertura vegetal del biotopo de *Polylepis sericea* en la microcuenca Termales entre 1993 y 2021.

3.2 Objetivos específicos:

- Evaluar la cobertura vegetal del biotopo de *Polylepis sericea*.
- Caracterizar las actividades agrícolas y pecuarias generadoras de los cambios en la cobertura vegetal del biotopo de *Polylepis sericea*.
- Identificar las formas del terreno asociadas al biotopo de *Polylepis sericea*.
- Reconocer los procesos de fragmentación y/o homogenización ocurridos en el paisaje.

4. Marco Referencial

4.1 Conceptos básicos

4.1.1 Cobertura vegetal

De manera general la cobertura vegetal se define como:

“(…) la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales.”²⁸

En Colombia, la cobertura vegetal ha sido estudiada desde hace varias décadas, destacándose con reconocimiento en el análisis de las coberturas de la tierra. Ya en las décadas más recientes, el proceso de interpretación análogo de las coberturas a partir de imágenes aéreas (tomadas desde aviones) quedó relegado, por la facilidad de adquirir imágenes satelitales. A partir de este desarrollo, Colombia tuvo la necesidad de adoptar una metodología que pudiera ser aplicada e interpretada a nivel nacional e internacional, para facilitar así los proceso de análisis, comparación y gestión.

Fue por ello, que a nivel nacional y en cabeza del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) se adoptó la metodología Corine Land Cover (CLC) como método rector de la construcción de mapas de coberturas en Colombia, resultando en el año 2010 la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra (Escala 1:100000)²⁹, la cual enmarca y diferencia las coberturas presentes

²⁸ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE; Recuperación de cobertura vegetal en áreas disturbadas; Departamento Nacional de Planeación, 2022; p. 7.

²⁹ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METODOLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM); Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra; Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; Bogotá, D. C., pp. 72.

en Colombia, permitiendo su análisis, interpretación y la elaboración de cartografía con parámetros generales.

4.1.2 Detección de cambios de las coberturas

La detección de cambios o transformaciones sobre las coberturas vegetales permite identificar problemáticas o ventajas sobre la superficie terrestre, para algunos autores como Gonzaga & Aguilar (citado en Evaluación de cambios en la cobertura vegetal en Isla Guadalupe mediante índices de vegetación) “La detección de los cambios temporales y espaciales en la cobertura vegetal es un indicador importante de la dinámica de los ecosistemas”³⁰. Es decir, permite reconocer conflictos entre la vocación, la capacidad de uso y el uso actual de las tierras, ya sea en un momento particular o en un periodo de tiempo.

En Colombia, los conflictos de uso de la tierra se pueden estudiar bajo un enfoque crítico, que implique el reconocimiento de los niveles de inequidad en la distribución de las tierras, o desde un enfoque ecológico, que permita reconocer procesos de sobreutilización, subutilización o de contradicción en el uso actual.

Es por ello que las metodologías para detectar cambios de cobertura tienen especial importancia. Por una parte, es posible detectar los cambios, bajo un proceso análogo de interpretación de imágenes aéreas, o es posible, utilizar imágenes satelitales y realizar un proceso de interpretación ya sea a partir de los sistemas de información geográfica (SIG), tales como ArcGis, Qgis o sistemas para el procesamiento de imágenes como PCI Geomatics, ERDAS, además, de los relatos que forman parte de la memoria histórica de los pobladores de una región, los cuales permiten identificar las transformaciones espaciales que atravesó un espacio geográfico en particular.

³⁰ CECEÑA, Martha; GONZÁLEZ, Ricardo; SOLIS, Aurora; DELGADILLO, José; MENDOZA, Luciana; RUBIO, Alfredo; Evaluación de cambios en la cobertura vegetal en Isla Guadalupe mediante índices de vegetación; En: *Madera y Bosques*; Primavera, 2021; vol. 27; num 1; p. 2

4.1.3 Bosque alto Andino

El bosque alto andino se desarrolla entre los 2.400 y los 3.800 m.s.n.m, en áreas con temperaturas entre los 15° y los 6°C, y se caracterizan por ser zonas con mucha frecuencia de nubosidad y neblina³¹, que según la clasificación de Holdridge³² se cataloga como bosque muy húmedo Montano.

En este bosque, las diferencias están marcadas por el nivel altitudinal, en zonas mucho mas altas, la cantidad de árboles es menor y los que se logran desarrollar poseen hojas muy pequeñas y menor tamaño. De esta manera, en las zonas más elevadas es posible encontrar, como árboles dominantes los de los géneros *Weinmannia*, *Ilex*, *Escallonia*, *Miconia*, *Herperomeles*, entre otras. En algunas áreas es posible encontrar árboles de *Polylepis* “(...) uno de los árboles dominantes, caracterizado por la corteza externa del tronco rojizo (...)”³³.

Además menciona Cuatrecasas que:

“Las asociaciones vegetales del límite altitudinal del bosque en su contacto con el piso contiguo de páramo son difíciles de clasificar, puesto que en ellas se encuentran especies de las integrantes del subpáramo, así como en este se entrometen las del bosque”³⁴

Este es el caso del árbol de *P. sericea*, el cual presenta una distribución hasta un rango altitudinal más alto a los 3.800 m.s.n.m, a pesar de que algunos autores; establecen el límite superior del bosque andino a los 3.600 m.s.n.m. En este

³¹ CUATRECASAS, Jose; Aspectos de la vegetación natural de Colombia; Smithsonian Institution; Washington D.C; 1958; p.248. Disponible en: https://www.accefyn.com/revista/Volumen_10/40/221-264.pdf

³² HOLDRIDGE, Leslie Ransselaer. Ecología basada en zonas de vida. Costa Rica, Ed IICA, 1978. p. 9.

³³ CUATRECASAS, Jose. Op. Cit., p. 248

³⁴ CUATRECASAS, Jose. Op. Cit., p. 249

sentido, Cuatrecasas³⁵ presenta la evidencia de que el límite climático del bosque se encontró por encima de los 3.800 m.s.n.m, como es el caso del bosque macizo de San Paulino, en la Cordillera Oriental (Sierra Nevada del Cocuy), donde se hallaron evidencias del bosque hasta los 4.000 m.s.n.m, precisamente con árboles como *Polylepis boyacensis* que se extienden en menor medida hasta los 4.200 m.s.n.m, y géneros como *Escallonia*, *Rapanea*, *Weinmannia*, *Miconia*, *Gynoxys*.

Finalmente Cuatrecasas menciona que las evidencias encontradas demuestran como:

“El bosque andino en otros tiempos estuvo mucho más extendido que en la actualidad sobre las faldas y altos de las cordilleras; el hombre ha destruido grandes extensiones de monte como objeto de dedicar la tierra al cultivo (maíz, papas, cereales) o al pastoreo.”³⁶

4.1.4 Bosque de *Polylepis sericea*

La investigación se fundamenta en autores como Jesús Orlando Rangel (1995)³⁷(2007)³⁸ quien ha desarrollado investigaciones en torno a los bosques de *Polylepis* en Colombia y a el área del PNN Los Nevados donde se ha identificado presencia según el mismo autor, de bosques bajos de *Polylepis sericea*. En este sentido, en la presente investigación se utilizará únicamente la denominación bosque *P. sericea* para aludir coherentemente lo mencionado por este autor, a diferencia de otros autores que denominan a este tipo de cobertura selva.

³⁵ CUATRECASAS, Jose. Op. Cit., p. 249

³⁶ CUATRECASAS, Jose. Op. Cit., p. 249

³⁷ RANGEL, Jesus & GARZÓN, Aida. Parque Nacional Naturales Los Nevados (con referencia especial al Transecto de Ecoandes 1980). Colombia diversidad biótica. Universidad Nacional, Bogotá, 1995; p. 191, vol 1; 958-608-112-5

³⁸ ARELLANO & RANGEL. Op. Cit. p. 2

4.1.5 Biotopo

Según los autores³⁹ se trata de un término usado para exponer el medio físico y natural en el que se encuentra la biocenosis, se trata entonces del medio inerte donde habitan los seres vivos.

Para la Real Academia Española (RAE), biotopo se define como un “Territorio o espacio vital cuyas condiciones ambientales son las adecuadas para que en él se desarrolle una determinada comunidad de seres vivos”⁴⁰.

Este concepto se diferencia del de biocenosis ya que, “Se llama biocenosis al grupo de seres vivos de diferentes especies que conviven y desarrollan su reproducción en un mismo biotopo”⁴¹. En este sentido, el biotopo constituye el ambiente físico y natural donde se desarrolla adecuadamente un grupo de individuos de diferentes especies.

Por otra parte, el ecosistema posee tanto el conjunto de seres vivos, es decir la biocenosis, como el ambiente físico, compuesto por el suelo, el clima y el agua⁴².

4.1.6 Entrevistas semi-estructuradas

La memoria histórica de los pobladores de un territorio se encuentra expresada en transformaciones espaciales (mentales, materiales y afectivas), las cuales representan cambios sobre un espacio geográfico en particular. Es por ello que la entrevista semi-estructurada se convierte en una herramienta fundamental y útil

³⁹ SÁNCHEZ, Francisco & PONTES, Alfonso. La comprensión de conceptos de ecología y sus implicaciones para la educación ambiental. En: *Eureka Enseñanza Divulgación Científica*. 2010. Vol. No Extraordinario. p. 275.

⁴⁰ REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (RAE); [Sitio web]; Biotopo; Madrid. Disponible en: <https://dle.rae.es/biotopo#>

⁴¹ DEFINICIÓN.DE; Definición de biocenosis; [Sitio web]; s.f. Disponible en: <https://definicion.de/biocenosis/>

⁴² EDUMEDIA. Ecosistema de los estanques (biocenosis y biotopo). [Sitio web]. [s.f] Disponible en: <https://www.edumedia.com/es/media/140-ecosistema-de-los-estanques-biocenosis-y-biotopo>

para la investigaciones que utilizan métodos cualitativos, suele considerarse una conversación o diálogo a partir de un interés determinado en la cual existe una intercomunicación entre el investigador y la población a investigar⁴³.

4.1.7 Mosaico (parches) del paisaje

Se trata de un patrón espacial de las coberturas, que resulta de la existencia de manchas o parches, corredores y matriz, cada uno compuesto a su vez, por la agregación de objetos similares⁴⁴. La matriz, o cobertura de mayor extensión, puede sufrir procesos de transformación de las formas, lo que conduce a la homogenización o fragmentación. Los estudios sobre la fragmentación del paisaje se han realizado desde la década de los 60, estos se originaron a partir de una interposición entre la teoría biogeográfica de islas⁴⁵ y la teoría de metapoblaciones⁴⁶. La primera referida a la distancia de un fragmento de hábitat natural frente a otros hábitats y el tamaño de estos en cuanto a la diversidad de especies. La segunda profundiza en los términos de conectividad y el intercambio entre subpoblaciones semiaisladas⁴⁷.

De estas teorías surge una posibilidad para indagar sobre la pérdida de un hábitat y la fragmentación de los paisajes, las cuales se expresan principalmente por

⁴³ DIAZ, Laura; TORRUCO, Uri; MARTINEZ, Mildred; VARELA, Margarita. La entrevista, recurso flexible y dinámico; En: ELSEVIER; julio-septiembre 2013; vol. 2; p 163.

⁴⁴ FORMAN, Richard; Land mosaics: the ecology of landscapes and regions; 1995; Cambridge University Press: United Kingdom, 1995; p. 632. ISBN: 0-521-47462-0

⁴⁵ MACARTHUR, Robert & WILSON, Edward. The theory of island biogeography. 1967. p. 224. ISBN 9780691088365

⁴⁶ LEVINS Richard; Some demographic and Genetic Consequences of Enviromental Heterogeneity for Biological Control. En: Bulletin of Entomology Society America; 1969; vol.15, p. 237.

⁴⁷ JUNTA DE ANDALUCIA. La fragmentación del paisaje como principal amenaza a la integridad del funcionamiento del territorio; s.f. p. 27.

efectos negativos, aunque algunas especies generalistas pueden resultar favorecidas. En algunas de las técnicas para interpretar estos procesos se reconoce el papel de la geografía, en la cual se habla desde la ecología del paisaje, desde la que se interpretan las transformaciones sobre el paisaje desde un gran sistema conocido como mosaico, dentro del cual se distinguen tres grandes elementos, fragmentos, corredores y la matriz, con sus respectivos nombres en inglés patches, corridors y matrix.

Estos tres elementos se interpretan a través de programas como Patch Analyst y Fragstats, a partir de imágenes aéreas, satelitales o mapas de coberturas, para obtener datos numéricos y posteriormente una interpretación a partir del balance de los resultados. Sin embargo, también es posible realizar un análisis posterior, en el cual se obtienen valoraciones de forma, heterogeneidad, tamaño de los parches, entre otros.

Las métricas más utilizadas para el análisis de fragmentación del paisaje son (figura 2):

Figura 2. Índices de Fragstats más utilizados

Tipo de índice del paisaje	Descripción
Índice de diversidad de Shannon's (SHDI):	Se trata de una forma de medir la diversidad del paisaje, proviene de la ecología, se reconoce como un índice más sensible a parches raros. Cuando se acerca más a 0 significa que no existe diversidad (este valor puede tener valores por encima de 0, infinitos)
Número de parches (NP):	Corresponde al número de parches de cada cobertura o clase. Este es igual a 1 cuando el paisaje contiene un solo parche.
Densidad de los parches (DP):	Es igual al número de parches de una clase dividido entre la superficie total del paisaje en metros cuadrados. Se mide en hectáreas y indica la compactación o como su palabra lo dice la densidad de los parches de una misma cobertura. Entre más lejano a 0 el valor, mayor densidad de los parches de una clase.

Indice de forma (SHAPEMN):	Se trata de la métrica que da significado a irregularidad de la forma de los parches, en este sentido cuando el valor es igual a 1, se habla de una forma muy simple, cercana al cuadrado. Mientras más aumenta significa mayor irregularidad y complejidad en la forma.
Índice de dimensión fractal (FRAC MN):	Esta métrica indica la complejidad de las formas, se acerca a 1 si estas tienen perímetros más simples y se acerca a 2 cuando estos son más complicados.

Fuente: FRAGSTATS; Documentación [Sitio web] [Consultado el: 1 febrero, 2024] Disponible en: <https://www.fragstats.org/index.php/fragstats-metrics/patch-based-metrics/diversity-metrics/l4-shannons-diversity-index>

Estas métricas son analizadas respectivamente para identificar los procesos espaciales que ocurren en un determinado paisaje, fueron analizadas con exactitud por Richard Forman⁴⁸, quien en el año de 1995 desarrolló los métodos para determinar y reconocer diferentes procesos espaciales.

4.2 Contexto normativo

El marco normativo legal colombiano para la protección medio ambiental, actualmente se fundamenta principalmente en la Ley 99 de 1993 o Ley del Sistema Nacional Ambiental, la cual reorganiza el sector público que se encarga de la protección y conservación del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

Esta ley creó el Ministerio del Medio Ambiente, ente rector para la toma de decisiones medioambientales junto con las respectivas corporaciones regionales ambientales, que actúan de forma independiente de acuerdo a las entidades territoriales (en este caso por departamento), algunas de ellas poseen manejo y control ambiental a escalas mayores.

A su vez, estableció el Sistema Nacional Ambiental como punto de partida para la protección de los ecosistemas, en la cual se plantea el principio general ambiental

⁴⁸ FORMAN, Richard; Op. Cit. p. 407

donde las zonas de páramo, sub páramo y de nacimiento de agua serán un recurso de protección especial.⁴⁹

Como se menciona en el Artículo 5, parágrafo 23 de esta Ley⁵⁰ el Ministerio del Medio Ambiente, dentro de una de sus funciones para el caso específico de las especies de flora debe:

Adoptar las medidas necesarias para asegurar la protección de las especies de flora y fauna silvestres; tomar las previsiones que sean del caso para defender especies en extinción o en peligro de serlo; y expedir los certificados a que se refiere la Convención Internacional de Comercio de Especies de Fauna y Flora Silvestre Amenazadas de Extinción (CITES).

Además de este principio rector medioambiental de especial importancia para el manejo de los recursos naturales que empezó a regir desde el año de 1993, desde años antes existía el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, que en su primer artículo dicta que “El ambiente es patrimonio común”⁵¹. Es por ello que “El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social”⁵².

Estas normas, plantean principios generales para la protección de los recursos naturales renovables, y el adecuado manejo de estos para alcanzar la equidad en el acceso, el desarrollo en armonía del ser humano con el resto de seres vivos y

⁴⁹ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 99; (22, diciembre, 1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

⁵⁰ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Op. cit.

⁵¹ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 2811; (18, diciembre, 1974). Por la cual se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.

⁵² COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 2811. Op cit

lograr la disponibilidad continua y permanente de dichos recursos vitales para la vida en el planeta⁵³ (artículo 2 del decreto 2811 de 1974).

4.3 Estudios anteriores sobre el biotopo de *P. sericea*

Las especies que conforman el género *Polylepis* se distribuyen “a lo largo de la Cordillera de los Andes desde el norte de Venezuela, pasando por Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, el norte de Chile y el noreste de Argentina”⁵⁴. Se trata de un género que incluye “entre 15 y 28 especies”⁵⁵ parte de ellas se encuentran amenazadas. Por ello, el género *Polylepis* tiene gran relevancia a nivel ecosistémico en la zona andina suramericana.

Este género se diferencia por “tener una corteza rojiza laminada, hojas pequeñas, gruesas y cubiertas por resina, flores pequeñas en racimo y un tronco retorcido”⁵⁶.

Las especies han sufrido una reducción considerable en su número, tal y como lo plantea Smith⁵⁷, ya que para el desarrollo del género *Polylepis* es necesario contar con unas condiciones microambientales idóneas para que las especies se desarrollen adecuadamente. Estas crecen principalmente en zonas de taludes, esta ubicación les da beneficios en la competencia con los otros tipos de

⁵³ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 2811. Op cit

⁵⁴ ARELLANO PEÑA, Henry. Op. cit. p. 2

⁵⁵ KESSLER, Michael. Bosques de *Polylepis*. En: *Botánica económica de los Andes Centrales*. 2006. p. 111.

⁵⁶ ARELLANO PEÑA, Henry. Op. cit. p. 3.

⁵⁷ SMITH, Alan. Establishment of seedlings of *Polylepis sericea* in the paramo (Alpine) Zone of the Venezuelan Andes. Smithsonian Tropical Research Institute, Canal Zone and Department of Biology, 1978. No 45. p. 14.

vegetación y a su vez, establece restricciones para llevar a cabo actividades ganaderas y la tala de árboles.

El género *Polylepis* tiene gran relevancia a nivel ecosistémico en la zona andina de Suramérica.

En Colombia, esta especie se habría descubierto en la cordillera Oriental (...); sin embargo, los investigadores Jesús Orlando Rangel y Henry Arellano Peña, del Instituto de Ciencias Naturales (ICN) de la Universidad Nacional, evidenciaron una disminución muy acentuada de sus poblaciones (...) Otra de las razones amenazantes que entregan los investigadores para su desaparición es el avance continuo de la línea de producción de papa, por lo menos en las zonas de alta montaña, que no superan los 3500 msnm.

Por sus ventajas para incluir en el ciclo vital del agua, autoridades ambientales y expertos han recomendado combatir la deforestación de alta montaña al plantar *Polylepis* por ser un árbol compuesto de diversas capas absorbe la humedad de las nubes, libera agua para manantiales y ríos y les proporciona humedad óptima a hábitats secos y erosionados⁵⁸.

En cuanto al origen del género, según CUYCKENS & RENISON⁵⁹ este se encuentra asociado al género *Acaena* (tribu *Sanguisorbeae*), se piensa que fue producto de una hibridación aloploiploide entre dos especies de *Acaena* (*Acaena longata* y *Acaena cylindristachya*). Se ha reconocido que estas especies siguen encontrándose juntas en su hábitat⁶⁰.

⁵⁸ UNIVERSIDAD NACIONAL. Bosques de *Polylepis*, vitales contra el cambio climático. En: *Agencia UNAL*. 2021. No 352. <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/bosques-de-polylepis-vitales-contra-el-cambio-climatico>

⁵⁹ CUYCKENS, Griet & RENISON, Daniel. Ecología y conservación de los bosques montanos de *Polylepis* (Una introducción al número especial). Asociación argentina de ecología, 2018. No 1-bis. vol 28. p. 158. https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/766/317

⁶⁰ CUYCKENS, Griet. Op. cit. p 158

En este sentido, el biotopo de *P. sericea* fue identificado previamente por Rangel y Garzón⁶¹ en el Parque Nacional Natural Los Nevados, se trata de una especie “distribuida en el macizo colombiano y la cordillera Central”. Estos autores plantean que el biotopo se puede encontrar entre los 3500 y 4300 m.s.n.m, en un clima muy frío, generalmente superando el límite de crecimiento. Es por ello, que algunos individuos pueden llegar a encontrarse sobre los drenajes a partir de los 3.500 m.s.n.m, generalmente sobre los derrubios rocosos o en zonas de talud.

El género *Polylepis* se encuentra en climas muy fríos altoandinos, ya que sus tallos poseen la corteza para soportar condiciones extremas como las heladas. Según autores como Van der Hammen, estos tuvieron su mayor distribución en la época de las glaciaciones⁶².

A su vez, se han realizado investigaciones en torno a la caracterización y descripción de los bosques de *Polylepis*, entre ellas la más destacada corresponde a “Los bosques de *Polylepis* en Colombia: Riquezas y amenazas para su conservación”⁶³, la cual aborda la distribución de los bosques dominados por *Polylepis*, y plantea características de dos de las especies que se encuentran en Colombia, *P. sericea* y *P. cuadrifuga*; también aborda las fragilidades que este bosque presenta en la actualidad, siendo uno de los que se ha transformado y fragmentado como consecuencia de las actividades humanas en su zona de distribución.

⁶¹ RANGEL, Jesus & GARZÓN, Aida. Op. cit. p. 191

⁶² VAN DER HAMMEN, Thomas. Historia y tolerancia de los ecosistemas parameros. Caracas, El medio ambiente páramo, 1979.

⁶³ ARELLANO PEÑA, Henry. Op.cit.

Por otro lado, el trabajo “Bosques de *Polylepis* (Rosaceae): Biodiversidad, distribución y vulnerabilidad en la cordillera Oriental de Colombia”⁶⁴ trata la biodiversidad y vulnerabilidad de estos bosques en la cordillera Oriental. Este trabajo también es relevante, ya que presenta la distribución de los bosques de *Polylepis* en diferentes áreas de la cordillera Central y Oriental.

Coloquialmente esta especie se distingue bajo el nombre común de queñual, queñua, quintal o quewiña, la variedad de estos nombres comunes se debe a su identificación a lo largo de la cordillera de Los Andes, desde Venezuela hasta Argentina. Como se mencionó, en Colombia se reconocieron dos especies de *Polylepis*; una de ellas distribuida al occidente de la cordillera Oriental (*P. quadrijuga*) y la otra ubicada a lo largo de la cordillera Central (*P. sericea*).

Por otra parte, una publicación denominada “Prediciendo la distribución de *Polylepis*: bosques andinos vulnerables y cada vez más importantes”⁶⁵ de la revista peruana de biología, determinó la distribución potencial de varias especies de *Polylepis* a lo largo de la cordillera de los Andes. Obtuvieron que la distribución de *P. cuadrijuga* sería a lo largo de la cordillera Oriental de Colombia.

De la misma manera, la publicación mencionada anteriormente expone a través de la representación cartográfica la distribución potencial de *P. sericea*, donde se exponen las zonas con mayor probabilidad de distribución de esta especie. En el bosquejo se aprecia que la zona con alto potencial para su distribución se concentra en Perú y Ecuador; sin embargo también identificaron algunos parches

⁶⁴ ESPITIA, Edgar. Bosques de *Polylepis* (Rosaceae): Biodiversidad, distribución y vulnerabilidad en la cordillera Oriental de Colombia. Maestria, Bogotá D.C, Universidad de los Andes. 2018.

⁶⁵ ZUTTA, Brian. RUNDEL, Phillip. SAATCHI, Sassan. CASANA, Jorge. GAUTHIER, Paul. SOTO, Aldo. VELAZCO, Yessenia. BUERMANN, Wolfgang. Prediciendo la distribución de *Polylepis*: Bosques andinos vulnerables y cada vez mas importantes. En: *Revista Peruana de Biología*. Noviembre, 2012, 19(2) 206-207, 209.

de esta especie sobre la cordillera Central y Oriental de Colombia. Además, esta se reconoce como la de mayor distribución dentro del género, ya que se extiende desde Venezuela hasta el norte de Bolivia⁶⁶.

Del mismo modo, atribuyen que los cambios en la distribución de *Polylepis*, se deben generalmente a las transformaciones provocadas por el ser humano que históricamente, con sus actividades, ha desconectado y desequilibrado los ecosistemas. Estimaron que el 1% de bosque se pierde en 50 años sobre la Cordillera de Vilcanota en Perú⁶⁷, e incluso otros autores estiman que la deforestación de esta especie puede llegar a presentarse en periodos mas cortos⁶⁸.

Según Jameson & Ramsay⁶⁹ en esta zona de Perú, los agricultores dependían de la madera que producían los bosques de *Polylepis* y utilizaban estas áreas como zonas de pastoreo para ganado. Estos investigadores, emprendieron un método basado en entrevistas formales a los agricultores de la zona alto andina para conocer su percepción sobre los cambios en la cobertura de este bosque, en este caso el conformado por la especie *P. racemosa*. Este trabajo, en primera medida, consistió en reconocer los cambios en la cobertura de bosque a través de la teledetección, y hacer uso de las entrevistas para recopilar información específica acerca del estado del bosque estudiado. Como resultados de este estudio se lograron reconocer subzonas donde predomina la cobertura vegetal de bosque de *Polylepis*, resultando la comprendida por el Valle de Mantamay, seguido del Valle de Choquechaca y en menor medida en el Valle de Huil-loc en Perú.

⁶⁶ ZUTTA, Brian. Op. cit.

⁶⁷ JAMESON, Joanne & RAMSAY, Paul. Changes in high-altitud *Polylepis* forest cobert and quality in the cordillera de Vilcanota, Perú, 1956-2005. En: Biological conservation. Mayo, 2007, vol.138, 38-39, 41.

⁶⁸ ZUTTA, Brian. Op. cit.

⁶⁹ JAMESON, Joanne. Op. cit

En este sentido y a pesar de que se han realizado estudios sobre los llamados bosques de *Polylepis* en Colombia, con énfasis en su distribución y riqueza, como es el caso del trabajo “Prediciendo la distribución de *Polylepis*: bosques Andinos vulnerables y cada vez más importantes”⁷⁰ y “Modelización de la distribución potencial del género *Polylepis* en Colombia y consideraciones para su conservación”⁷¹, los trabajos enfocados a los árboles de *P. sericea* en el PNN Los Nevados no se han realizado, al igual que ocurre con otras especies de árboles del bosque altoandino en la zona de estudio. Es de resaltar que el género *Polylepis* es uno de los pocos que cuenta con una distribución hasta los 4.300 m.s.n.m. Esta característica lo sitúa entre una de las especies arbóreas de mayor valor sobre estas zonas, a pesar de ser menos reconocido coloquialmente que algunas especies de páramo como los frailejones. Es por ello que tras realizar una visita a la sede de este parque en Manizales, se encontró que el proceso de georreferenciación de esta especie se estaba llevando a cabo.

Pero sin duda, es a partir de los autores anteriormente nombrados, como Henry Arellano y Jesus Orlando Rangel que se logra reconocer el estado de amenaza y algunas de las causas de su desaparición durante el último siglo en el territorio colombiano.

Sin embargo, esta especie descrita por Wedd⁷² en 1861 (*P. sericea*) y por Cuatrecasas⁷³ en 1940 (*P. quindiensis*), sobre el Parque Nacional Natural Los

⁷⁰ ZUTTA, Brian. Op. cit.

⁷¹ FAJARDO, Francisco; INFANTE, Jhon; CABRERA, Diego. Modelización de la distribución potencial del género *Polylepis* en Colombia y consideraciones para su conservación. En: *Ecología austral*. Abril, 2018. vol 28. n° 1. p. 20.

⁷² GLOBAL CORE BIODATA RESOURCE. Species. [Sitio web]. Disponible en: <https://www.gbif.org/es/species/5370573>

⁷³ GLOBAL CORE BIODATA RESOURCE. Occurrence. [Sitio web]. Disponible en: <https://www.gbif.org/es/occurrence/1842878161>

Nevados en Colombia y estudiada posteriormente por Boza & Kessler⁷⁴ en el año 2022, no ha sido evaluada localmente sobre las microcuencas asociadas al Volcán Nevado del Ruiz. Es por ello que a continuación, se procedió a realizar un análisis de la cobertura del bosque altoandino, en un sector adyacente al Volcán Nevado del Ruiz, donde los anteriores autores determinaron la presencia de esta especie, aquí entendida como biotopo de *P. sericea*.

5. Procedimiento metodológico

La presente investigación se enmarcó dentro del método empírico-analítico, en el cual se llevan a cabo una serie de procesos técnicos ordenados⁷⁵. En este caso, se empleó la estrategia del trabajo de campo como un acercamiento fundamental al medio natural y social, objeto de estudio de la investigación. Así mismo, se reconoció como un tipo de investigación descriptiva⁷⁶ ya que se describieron una serie de cambios en el paisaje natural y antrópico.

A su vez, la investigación se encuentra dentro de la epistemología positivista, debido al planteamiento de los objetivos generales y específicos, los cuales requieren de la recolección de datos e información histórica, y en consecuencia, de la interpretación y análisis de los cambios relacionados con la pérdida o mantenimiento de la cobertura vegetal de la especie.

Planteada esta investigación se logró establecer que la hipótesis se sustenta en que las actividades agropecuarias llevadas a cabo sobre este sector, han incidido

⁷⁴ ESPINOZA BOZA, Tatiana & KESSLER, Michael. A monograph of the genus *Polylepis* (Rosaceae). En: *Phytokeys*. Agosto, 2022. vol. 203. 1-274

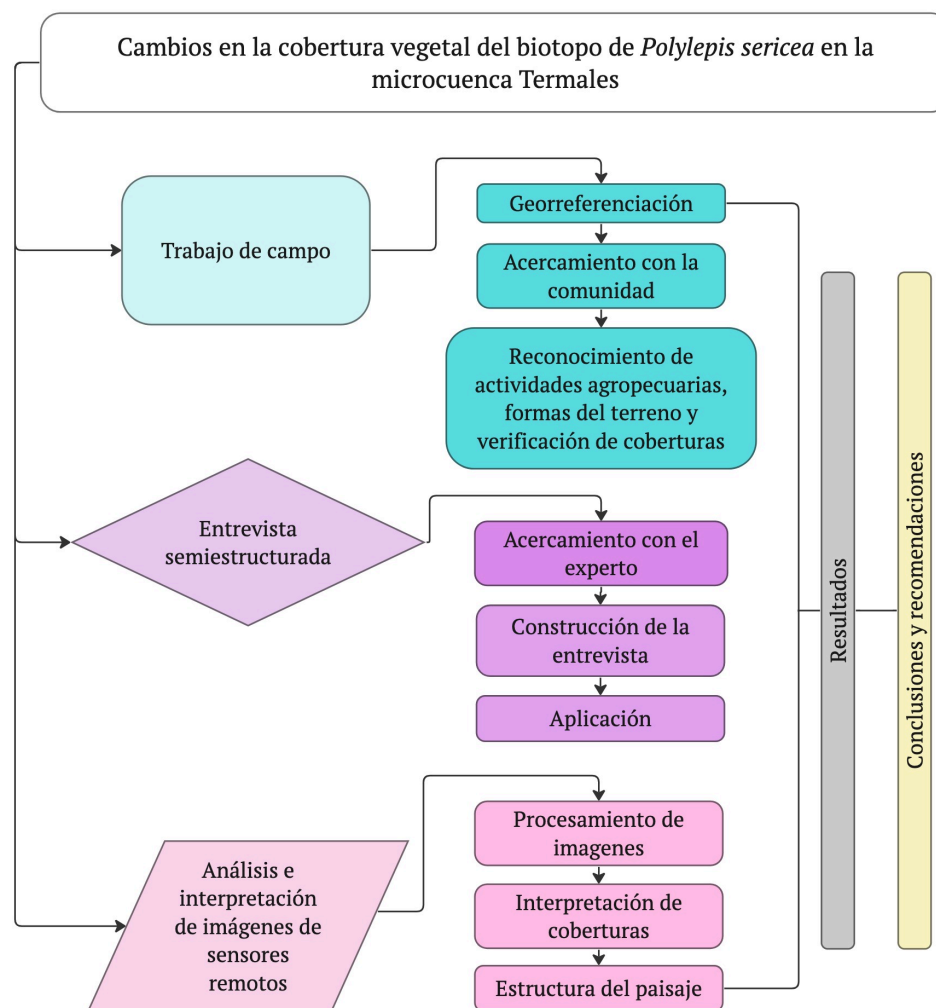
⁷⁵ KITCHIN, R. & TATE, Nicolas J. Conducting Research in Human Geography: Theory, Methodology and Practice. Essex: Pearson, 2000; p. 7.

⁷⁶ HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos & BAPTISTA LUCIO, Pilar. Metodología de la investigación. 5a. ed. México: McGraw-Hill, 2010.

en la disminución del área del biotopo de *P. sericea* y por ende en las demás coberturas de bosque altoandino, durante el periodo de 1993-2021.

El procedimiento metodológico llevado a cabo en la presente investigación se resume en la figura 3:

Figura 3. Diagrama del diseño metodológico seguido para la realización del trabajo.



5.1 Localización geográfica del área de estudio

La presente investigación se enfocó hacia una de las zonas de amortiguación del Parque Nacional Natural Los Nevados, sobre una de las microcuencas de la cuenca del río Chinchiná, la quebrada Termales (mapa 1), la cual presenta las características idóneas para el desarrollo de esta especie, considerándola como uno de los biotopos del *P. sericea* en la vertiente occidental de la cordillera Central. Fue en esta zona donde se logró identificar previamente la presencia irregular de la especie, debido al amplio desarrollo de actividades agropecuarias, donde se encuentran los ecosistemas de páramo, subpáramo y bosque alto andino (figura 4, 5 y 6).



Figura 4. Fotografías arboles de *Polylepis* en la parte alta de la microcuenca Termales, en medio de zona para el pastoreo. [18 de marzo, 2023] [Autoras]



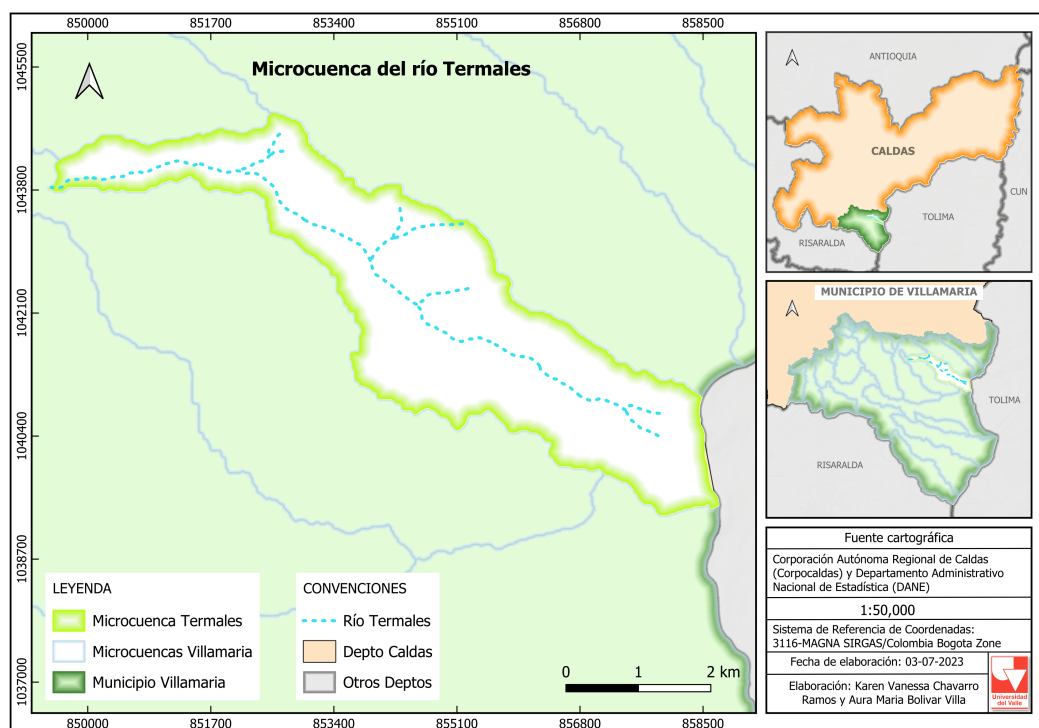
Figura 5. Fotografías afluente principal en la parte alta de la cuenca, evidencia de taludes con fuertes inclinaciones y muestras de zonas de pastoreo. [18 de marzo, 2023] [Autoras].

Se seleccionó esta microcuenca, por su proximidad al PNN Los Nevados; anteriormente por ella discurría la única ruta de acceso al mismo y actualmente se constituye cómo una zona con amplias características funcionales con Villamaría y Manizales.



Figura 6. Demarcación de ubicación de algunos árboles de *Polylepis sericea* en inmediaciones al PNN Los Nevados, cara occidental de la cordillera Central. Estos fueron georreferenciados por parte de funcionarios de Parques Nacionales.

Tiene como límites la cuenca de la quebrada La Oliva al norte, y al sur la cuenca de la quebrada Romerales, la cual limita con la microcuenca La María o Tolda Fría, todas afluentes del río Chinchiná (mapa 1) y muy próximas al PNN Los Nevados; ambas cuencas se incluyeron en el proceso de clasificación de las coberturas de la tierra, para que el análisis alcanzara una mayor contextualización.



Mapa 1. Localización de la zona de estudio.

5.2 Caracterización general de la zona de estudio

La zona de estudio se caracteriza por sus actividades agrícolas, pecuarias y turísticas. Se trata de una microcuenca muy importante dado que posee parte del Parque Nacional Natural Los Nevados y de la Reserva Natural del Bosque de la CHEC; por este sector, en torno a las proximidades de la quebrada Termales, se encuentra la vía antigua al Nevado del Ruíz, que en su momento representaba la única forma de acceso al volcán.

Dentro de la microcuenca Termales se reconoce el hotel Termales del Ruíz, que se distingue por sus actividades ecoturísticas y de descanso.

En la mayoría de la microcuenca se encuentran fincas aisladas de gran extensión y, en la parte alta, según la información recolectada en campo, solo existe una gran finca que limita con el área del parque nacional, dedicada principalmente a la producción lechera, es decir al pastoreo o ganadería de leche (figura 7).

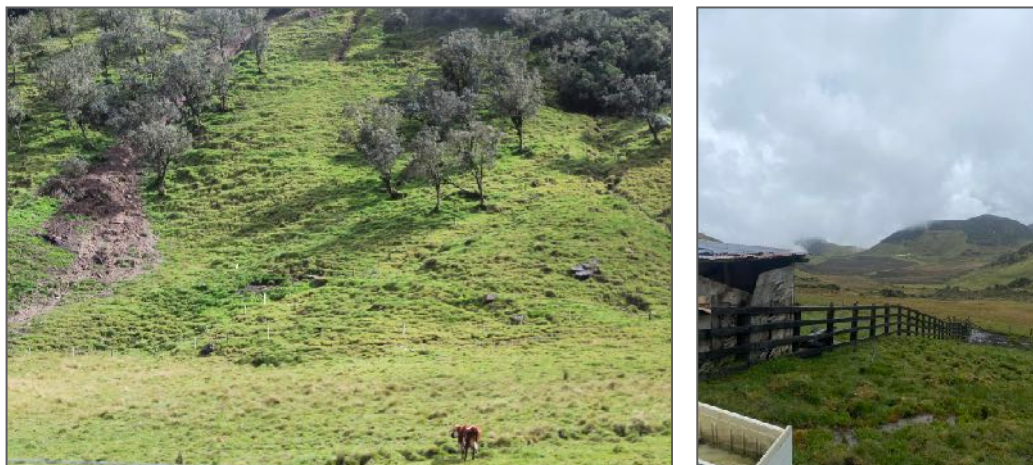
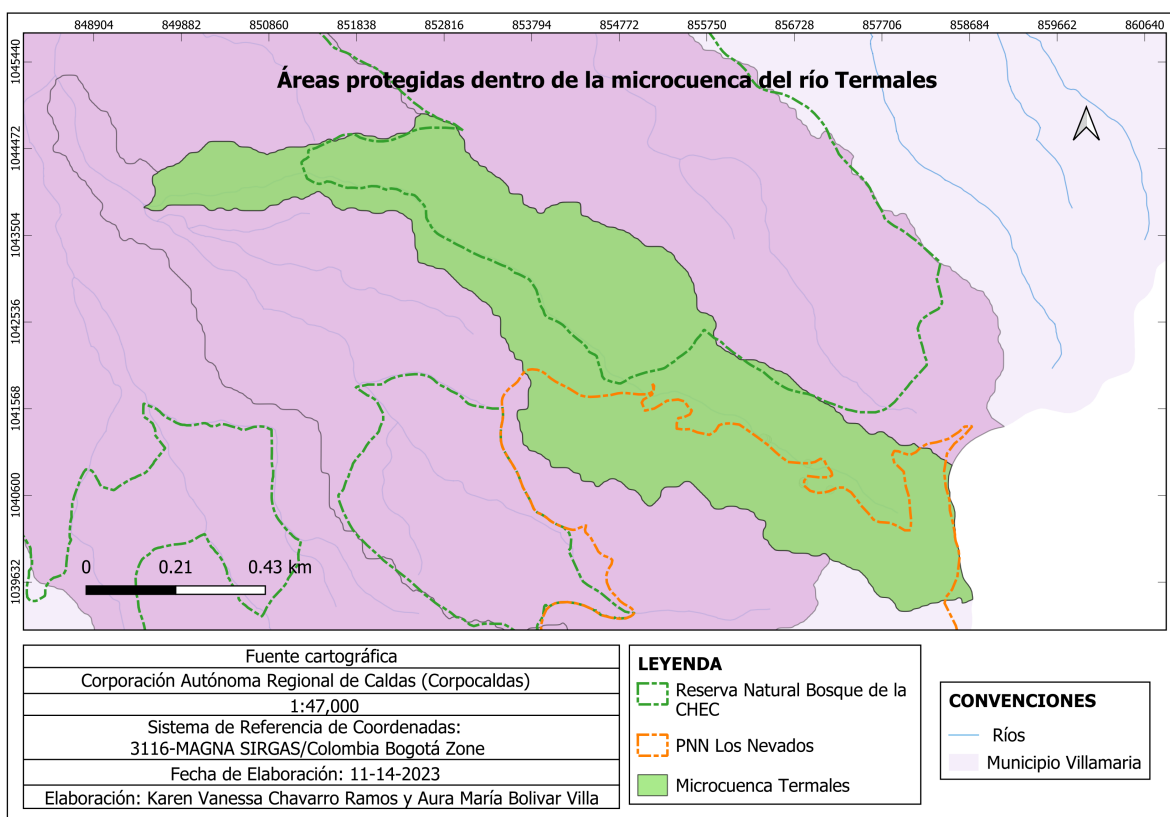


Figura 7. Fotografías panorama paisajístico en la parte alta de la microcuenca Termales. Algunos de los predios cuentan con relictos de bosques en las partes altas de los lotes. [18 de marzo, 2023] [Propias]

En ocasiones, estas actividades pecuarias se intercalan con el cultivo de la papa, situación que se identificó en las salidas de campo, especialmente en parcelas pequeñas.

En el ámbito ecológico, la zona tiene un alto potencial debido a la diversidad ecológica y paisajística, dado que contiene parte del PNN Los Nevados y de la Reserva Natural de la CHEC (mapa 2); las cuales actualmente se encuentran en un buen estado de conservación y por ende, se posicionan como atractivos ecoturísticos para visitantes nacionales y extranjeros. Sin embargo, no solo las zonas protegidas cuentan con ese potencial ecosistémico, también existen relictos de bosque alto andino y vegetación de subpáramo y páramo en las zonas adyacentes al parque en torno a la quebrada Terales. Pero son las partes medias y bajas las que se encuentran mas desprovistas de vegetación nativa y donde se concentra en mayor medida la producción pecuaria y agrícola encabezada por el cultivo de la papa.



Mapa 2. Áreas protegidas dentro de la microcuenca del río Terales.

Actualmente, en la zona se asientan campesinos que viven de la comercialización de productos lácteos y agrícolas, quienes se encargan de distribuirlos en las cabeceras urbanas adyacentes como Manizales y Villamaría en Caldas y el municipio de Murillo en el Tolima.

La Quebrada Termales, en la cual se encontraron los árboles de *P. sericea* constituye un cauce de tercer orden, que pertenece a la cuenca del río Chinchiná. Muy cerca al nacimiento de la quebrada se encuentra el sector conocido como Laguna Negra, donde nace el río Chinchiná. Esta cuenca provee del recurso hídrico a poblaciones de tres departamentos (Caldas, Risaralda y Quindío).

Desde el punto de vista biofísico, el biotopo de *P. sericea* se encuentra entre el piso bioclimático del bosque altoandino, páramo y súperpáramo, lo que constituye según Rangel un piso altitudinal entre los 3.500 y 4.200 msnm⁷⁷ y abarca los pisos morfogénicos de modelado glaciar heredado y periglaciario actual⁷⁸.

La zona de estudio comprende un área en torno a la quebrada Termales, que se encuentra entre los 2500 (donde desemboca al río Romerales) y los 4.100 m.s.n.m. En la zona intermedia de la microcuenca, se encuentra el biotopo del *P. sericea*.

Muy cerca a la microcuenca, en la estación meteorológica de Brisas, ubicada a 4.150 m.s.n.m se presenta un promedio de precipitación entre 1000 y 2000 mm anuales⁷⁹, con una temperatura que oscila entre los 3 y los 11 °C, encontrándose

⁷⁷ Rangel-Altura de la especie. Op. Cit

⁷⁸ RIVERA, D. y RODRIGUEZ, C. Op. Cit. p. 27.

⁷⁹ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Promedios Climatológicos 1981-2010.

las zonas de vida (según Holdridge⁸⁰) Subalpino y bosque muy húmedo Montano. Según los datos raster obtenidos de la plataforma World Clim⁸¹ sobre uno de los puntos georreferenciados de *P. sericea* se lograron reconocer las siguientes variables climatológicas en la zona de estudio (figura 8).

Figura 8. Promedio variables climatológicas en la zona de estudio.

Temperatura máxima	Temperatura mínima	Velocidad del Viento	Presión de Vapor	Brillo Solar	Precipitación
12,85 °C	4,5 °C	1,21 ms-l	1,11 kPa	14866 kJ m-2 day-l	1673 mm

Fuente: WORLD CLIM. Datos mensuales. Adaptado por las autoras (datos tomados en la ubicación de un *Polylepis sericea* registrado en campo a una altura de 3.800 m.s.n.m)

Por otro lado, la zona se caracteriza por tener gran biodiversidad de fauna, resaltándose la presencia de aves, como colibríes y otras aves. Es por ello que a nivel turístico, es muy atractiva para actividades dentro del turismo de naturaleza.

De otro lado, el biotopo de *P. sericea* se desarrolla adecuadamente en las condiciones de los suelos de la microcuenca, tal y como se logró observar en campo, específicamente en un perfil de suelo producto de una observación realizada en una finca del sector de Laguna Negra. En este perfil fue posible identificar la presencia de horizontes A y/o B enterrados, intercalados por capas de ceniza volcánica (con mayor o menor presencia de arenas y gravas volcánicas). La presencia de alto contenido de materia orgánica, evidenciada por la coloración muy oscura, se corresponde en un factor de atracción para que estas tierras sean dedicadas para el uso agrícola y/o pecuario, lo cual resulta inadecuado para este tipo de ambiente.

⁸⁰ HOLDRIDGE, Leslie Ransselaer. Ecología basada en zonas de vida. Costa Rica, Ed IICA, 1978. p. 9.

⁸¹ WORLD CLIM. Datos Climáticos Históricos. [Sitio web] Consultado: 11 de noviembre, 2023. Disponible en: <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>

5.3 Materiales y métodos

5.2.1 Trabajo de campo

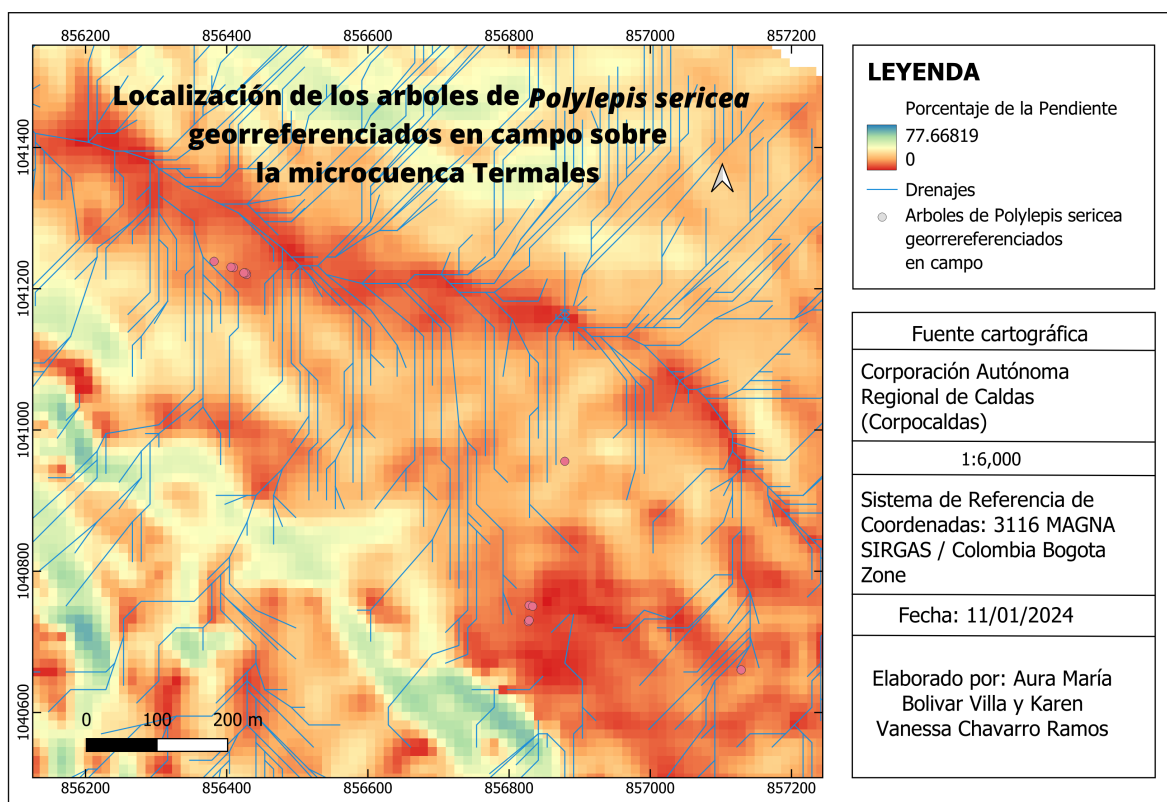
El trabajo de campo se realizó de manera transversal al desarrollo de la investigación, con un énfasis particular en la observación y análisis de las condiciones del ambiente, y acercamiento a los habitantes de la comunidad. Con este proceso fue posible reconocer a un líder turístico de la zona, con amplio conocimiento de los antecedentes y procesos ocurridos en el PNN Los Nevados y sus zonas adyacentes.

Para la recopilación de la información asociada a los cambios durante el periodo de tiempo de interés de la investigación, se partió de un reconocimiento previo realizado por la entidad de PNN Los Nevados, quienes se encontraban adelantando un proceso de georreferenciación de la presencia de *P. sericea* (figura 6). De esta manera fue posible acceder a las primeras coordenadas de algunos árboles identificados por la entidad en la zona (noviembre, 2022).

A partir de allí, el trabajo de campo se dividió en tres actividades, una inicial de reconocimiento y verificación de coordenadas de la especie, una segunda para realizar la entrevista a la persona con conocimiento experto de la zona de estudio, y una tercera de verificación en terreno de las coberturas obtenidas a partir de la interpretación de las imágenes de sensores remotos, acompañada de una verificación y análisis del paisajes para reconocer las actividades agropecuarias y turísticas, al igual que las formas del terreno asociadas al *P. sericea* (figura 4 y 5).

Entre las características identificadas en torno a la ubicación de la especie se distinguió su cercanía a la carretera antigua al nevado y se logró confirmar que la

mayoría de árboles reconocidos se encuentran muy cerca a la Quebrada Termales o a sus afluentes (mapa 3).



Mapa 3. Localización de los árboles de *P. sericea* georreferenciados en campo sobre la microcuenca Termales. Nota: En esta mapa, además de integrarse la georreferenciación de las especies encontradas durante el trabajo de campo, se incluyó el modelo de pendientes, donde se reconoce que la mayoría de ellos se encuentran sobre las laderas de los drenajes.

Estos árboles se georreferenciaron en campo y se reconocieron algunas características generales de la especie, que coincidieron con lo planteado por los autores nombrados anteriormente (figura 9-12).



Figura 9. Fotografía árboles con alturas entre los 6 y 8 metros. [18 de agosto, 2023] [Propia]



Figura 10. Fotografía copa de árbol de *P. sericea* entre vegetación arbórea. [18 de agosto, 2023] [Propia]

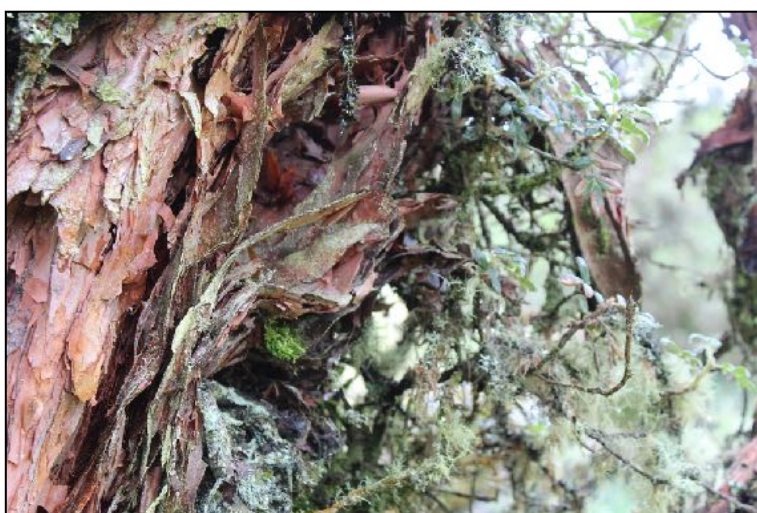


Figura 11. Fotografías ramificación, tronco y corteza de la especie (*P. sericea*). [18 de agosto, 2023] [Propia]



Figura 12. Fotografías altura, líquenes y vista general de la especie (*P. sericea*). [18 de agosto, 2023] [Propia]

5.2.2 Entrevista semiestructurada

Como parte de la etapa de indagación para la adquisición de información primaria en la zona de estudio, se llevó a cabo una entrevista semiestructurada, aplicada a uno de los líderes turísticos y expertos de la zona de estudio: le llamaremos el experto (por protección de datos*).

Se trata de un guía turístico certificado, su carrera inició cuando fue uno de los socorristas que atendieron el desastre de Armero, cuenta él que después de la tragedia producto de la erupción del Volcán Nevado del Ruiz, trabajó 28 días en Armero, zona donde se concentró la mayor afectación por el flujo del lahar y el represamiento del río Lagunilla. Su trabajo como socorrista le permitió ser seleccionado como uno de los guías empíricos que se necesitaron para realizar labores de turismo en el PNN Los Nevados y zonas aledañas desde el año 1993. Además, fue fundador de la Asociación Caldense de Guías de Turismo de Alta Montaña, la cual les permitió posicionar el turismo en el Nevado del Ruiz con acceso desde la vía antigua por la microcuenca del río Termales.

Gracias al diálogo compartido entre las investigadoras y el señor experto, se construyó la entrevista denominada: Historicidad de la distribución del bosque de *Polylepis* en el PNN Los Nevados y especialmente en sus zonas aledañas.

La entrevista tuvo el propósito de documentar los cambios que han ocurrido en el PNN Los Nevados y especialmente en sus zonas aledañas, las cuales actualmente se encuentran bajo el desarrollo de actividades humanas. Además se buscó conocer algunos de los cambios presentados en el biotopo del *P. sericea* en los últimos 30 años sobre la vertiente noroccidental del Nevado del Ruiz, en

* Por protección a la privacidad del entrevistado, se reserva el nombre del mismo, y a lo largo de la investigación se hará mención a él como el experto.

relación con los planes, proyectos y acciones contenidas en los instrumentos de planificación territorial.

De este modo, se presenta la siguiente entrevista semiestructurada aplicada para la investigación (anexo 1):

- **Caracterización del sujeto**

1. ¿Cuántos años lleva viviendo o desarrollando actividades en la zona?
2. ¿Conoce el árbol denominado *Polylepis* o siete cueros de páramo?
3. ¿En qué tipo de ambiente, relieve o zona crece esta especie de árbol?
4. ¿Consideran ustedes, como nativos pobladores del campo, que este árbol es o no es beneficioso? Si creen que es un árbol útil ¿Qué beneficios les traen?
5. ¿Conoce la importancia del bosque de *P. sericea* para los ecosistemas de páramo?

- **Transformaciones materiales sobre el territorio**

1. ¿Identifica cambios en la cobertura vegetal en los últimos 30 años en las zonas contiguas al Parque Nacional los Nevados? ¿Cuáles?
2. ¿Siendo así, identifica usted cambios, es decir un menor o mayor número de árboles de *Polylepis*?
3. Nos podría especificar las zonas donde anteriormente usted encontraba la especie *Polylepis*.

- **Aproximación a la distribución histórica de la especie**

1. ¿Considera que las actividades agropecuarias han provocado cambios en las coberturas de bosque en los últimos 30 años?
2. ¿Cuál actividad ha tenido mayor aumento en el área, los pastos o los cultivos?

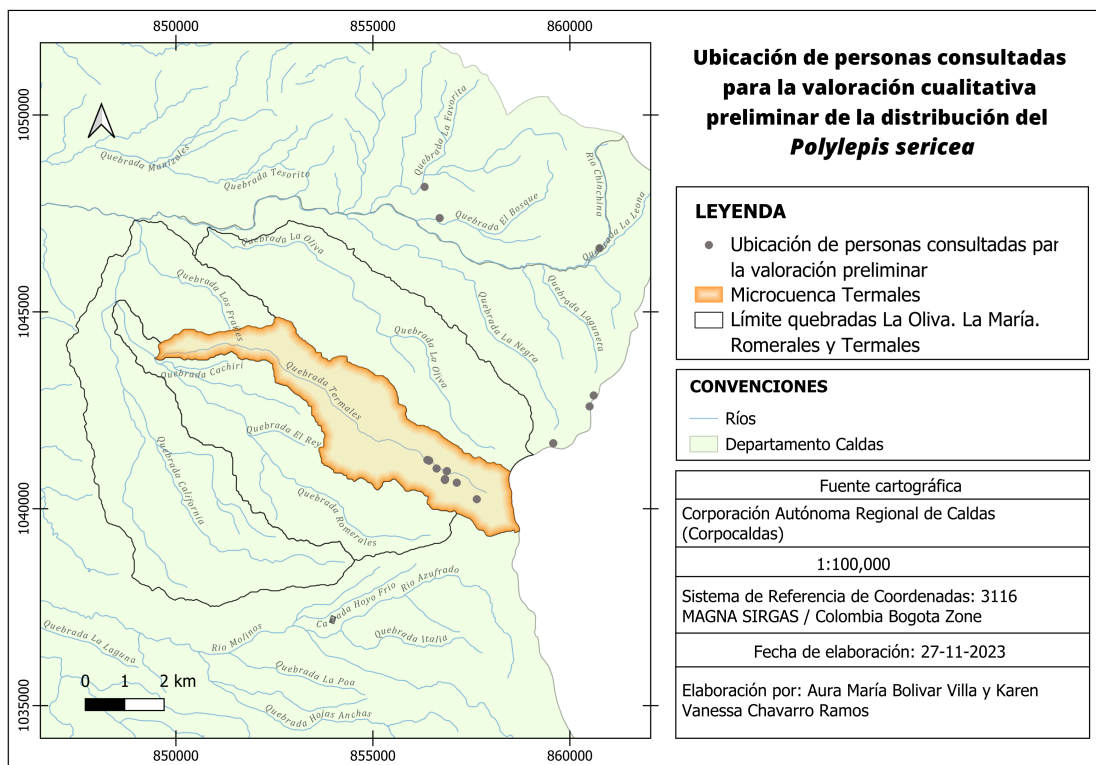
- **Aproximación a la distribución actual de la especie**

1. ¿Utilizando su narrativa nos podría especificar las zonas donde actualmente usted encuentra la especie *Polylepis*.
2. ¿En sus recorridos por el territorio, ha visto árboles jóvenes?
3. ¿En qué tipo de paisaje o zona se encuentran estos arboles jóvenes? ¿Conoce la altitud a la que se encuentran?

- **Actuación de los entes territoriales o instituciones**

1. ¿Durante el periodo de tiempo señalado, ha recibido la visita o acompañamiento de funcionarios de alguna institución?

2. ¿Se trataba de funcionarios del municipio, Corporación Regional Autónoma de Caldas, IDEAM o de Parques Nacionales Naturales de Colombia?
3. ¿De haber recibido esa visita, con qué fines?
4. ¿Ha escuchado hablar del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio Villamaría?
¿Ha escuchado del Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca del río Chinchiná?
5. ¿Conoce de las decisiones y acciones para la zona contenidas con esos planes?
Enunciarlas. ¿Participó la comunidad en las decisiones?
6. ¿Está de acuerdo con las mismas? ¿Qué beneficios les ha traído? ¿Para este siglo, las áreas de bosques han disminuido, aumentado o son iguales?
7. ¿Cuál es su opinión sobre los páramos y zonas próximas?



5.2.3 Análisis e interpretación de las imágenes de sensores remotos

En este sentido, para acompañar los métodos cualitativos, también fue necesaria la recolección de datos e información histórica, y en consecuencia, la interpretación y análisis de los cambios relacionados con la pérdida o mantenimiento de la cobertura arbórea del biotopo de *P. sericea*, la cual se llevó a cabo a través de la interpretación de imágenes satelitales Landsat, teniendo en cuenta tres periodos o lapsos de tiempo, o tres imágenes de alta resolución desde el año de 1993, tomando como punto de partida la Ley 99 de 1993 mencionada anteriormente.

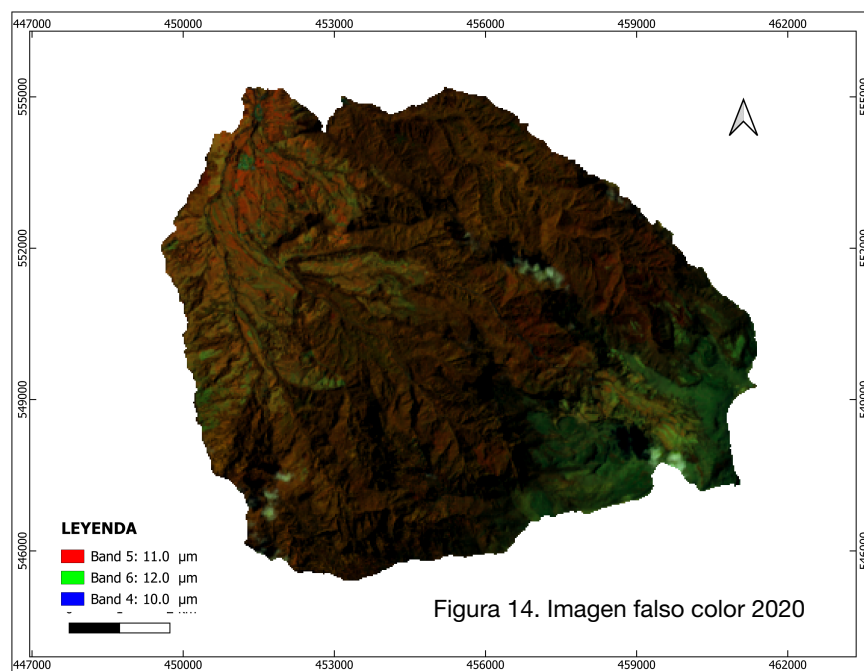
De esta forma, según la disponibilidad y calidad atmosférica (nubosidad) y la necesidad de abarcar el periodo de 30 años, se seleccionaron 3 imágenes de la siguiente manera:

Figura 13. Tipos de imágenes satelitales utilizadas

Row;Path	Fecha	Sensor	Resolución espacial	Combinación RGB
56;9	08-Febrero-1996	Landsat 5 - TM	30 m	453
56;9	14-Enero-2016	Landsat 8 - OLI	30 m	564
56;9	23-Agosto-2020	Landsat 8 - OLI	30 m	564

Fuente: UNITED STATE GEOLOGICAL SURVEY; Disponible en: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

A partir de allí se procedió a realizar el proceso de clasificación supervisada usando una combinación de bandas para visualizar la composición en falso color 5-6-4 (figura 14) de la imágenes, usando el complemento SCP Dock en QGIS, para de esta manera tomar 10 muestras por clase, sobre la imagen de cada año, obteniendo una generalización sobre el resto de la superficie de las imágenes. Posteriormente, realizadas las clasificaciones, se aplicó un filtro de 3x3 para reducir el número de píxeles aislados y lograr realizar el análisis de forma más clara.



Este proceso se realizó sobre la microcuenca Termales y sus adyacentes, para realizar posteriormente un análisis en contexto de la situación sobre los cambios de las 5 coberturas de la tierra durante el transcurso de los 3 periodos de tiempo, y de esta manera, establecer los cambios que se presentaron sobre la cobertura de bosque y vegetación de páramo, que explican la distribución de la cobertura vegetal de *P. sericea*. Las coberturas se representaron de la siguiente manera, teniendo como referencia el método de Corine Land Cover (figura 15).

Figura 15. Clases de las coberturas de la tierra y colores usados para su identificación.

Cobertura Corine Land Cover	Color	Cobertura Corine Land Cover	Color
Mapa coberturas		Mapa vocación de uso	
Bosque denso alto		Áreas agrícolas heterogéneas	
Pastos no arbolados		Cultivos agroforestales	
Mosaico de cultivos		Conservación de suelos	
Herbazal denso de tierra firme no arbolado (vegetación de páramo)		Plantación forestal	
Vegetación secundaria o en transición			

Fuente: SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA; Coberturas de la Tierra 100K; [Sitio web] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f; [Consultado: 15 de diciembre, 2023]; Disponible en: <http://www.siac.gov.co/coberturas-de-la-tierra>

Posteriormente se realizó un proceso de verificación del mapa de clasificación más reciente (2020) a través del trabajo de campo, para el cual se tomaron 20 muestras de cada cobertura en el terreno, las cuales se llevaron al mapa de clasificación para su verificación con la clase generada automáticamente. Con este método fue posible validar los resultados de las clasificaciones realizadas para los otros dos momentos.

A partir de los resultados del mapa de coberturas, fue posible emprender un proceso de interpretación del mosaico del paisaje (manchas/parches). Para este análisis se utilizó el programa FragStats⁸³ para la obtención de las métricas de la estructura del paisaje, a nivel de parches, clases y paisaje (figura 16).

Figura 16. Métricas de estructura del paisaje (Fragstats)

Métricas a nivel de parche (Patch Metrics)	Métricas a nivel de clase (Class Metrics)	Métricas a nivel de paisaje (Landscape Metrics)
Euclidian Nearest-Neighbor Distance (ENN)	Número de parches (NP)	Shannon Diversity Index (SHDI)
	Densidad de los parches (DP)	
	Promedio del perímetro de la forma (SHAPEMN)	
	Fractal Dimension Index (FRAC MN)	

Nota: Cada una de estas métricas del paisaje se tomaron para cada cobertura de la tierra, a excepción de la diversidad de Shannon, la cual se genera para todo el paisaje, generándose un valor para cada año de estudio.

A partir de estos resultados, se aplicó el método de Forman⁸⁴, reconociendo el proceso espacial en que se encuentra el paisaje actualmente, y el cual atravesó durante los otros momentos del estudio.

Finalmente se utilizó un modelo de elevación digital (DEM) que permitió identificar las formas asociadas al biotopo de *P. sericea*, acompañado de un trabajo de campo de verificación.

⁸³ FRAGSTATS; Op. Cit. Documentación; [Sitio web]

⁸⁴ FORMAN, Richard; Op. Cit. p. 407

6. Resultados y discusión

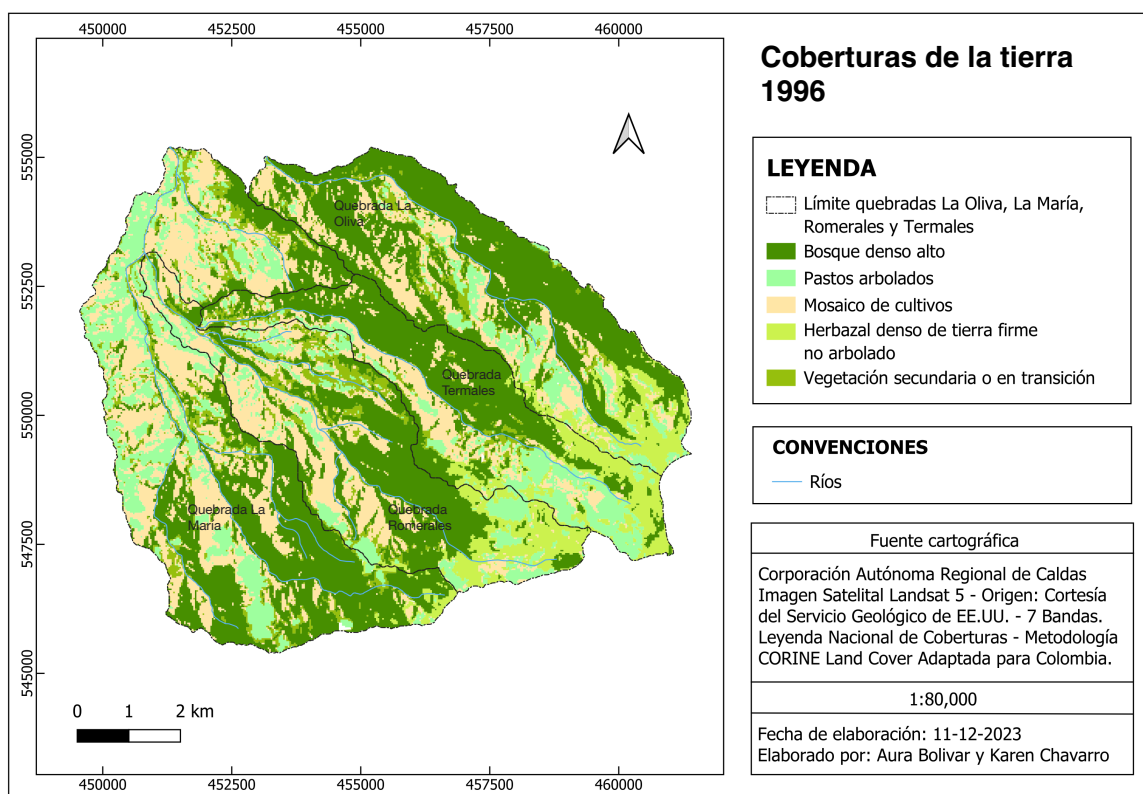
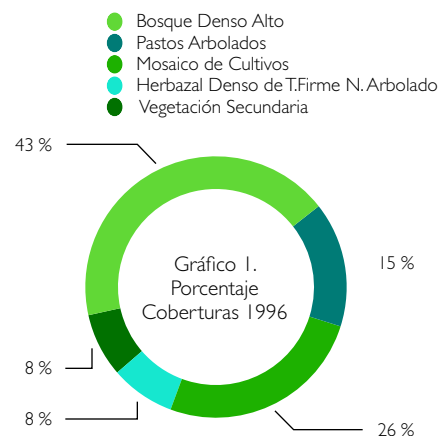
6.1 Caracterización y dinámica de las coberturas en la microcuenca Termales y adyacentes

A partir de la clasificación supervisada realizada para el año 1996, ya vigente la Ley 99 de 1993 y el Código Nacional de Recursos Naturales, se evidenció que las zonas de menor nivel altitudinal de las microcuencas de los ríos La Oliva, La María, Romerales y Termales, presentaban un desarrollo alto de actividades agrícolas y pecuarias, con un 26% y 15% respectivamente de la cobertura de las microcuencas (figura 17 y mapa 5).

Figura 17. Área de cobertura de la tierra en las microcuencas Termales, La Oliva, La María y Romerales						
Cobertura(ha)	1996		2016		2020	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Bosque denso alto	3549,8	43,0	4048,7	49,0	6040,2	73,1
Pastos arbolados (dispersos)	1275,5	15,4	2099,25	25,4	833,5	10,1
Mosaico de cultivos	2130,2	25,8	542,52	6,6	534,6	6,5
Herbazal denso no arbolado (vegetación de páramo)	653,1	7,9	689,35	8,3	794,5	9,6
Vegetación secundaria o en transición	647,7	7,8	880,61	10,7	57,8	0,7
Area Total	8256,3	100,0	8260,43	100	8260,6	100,0

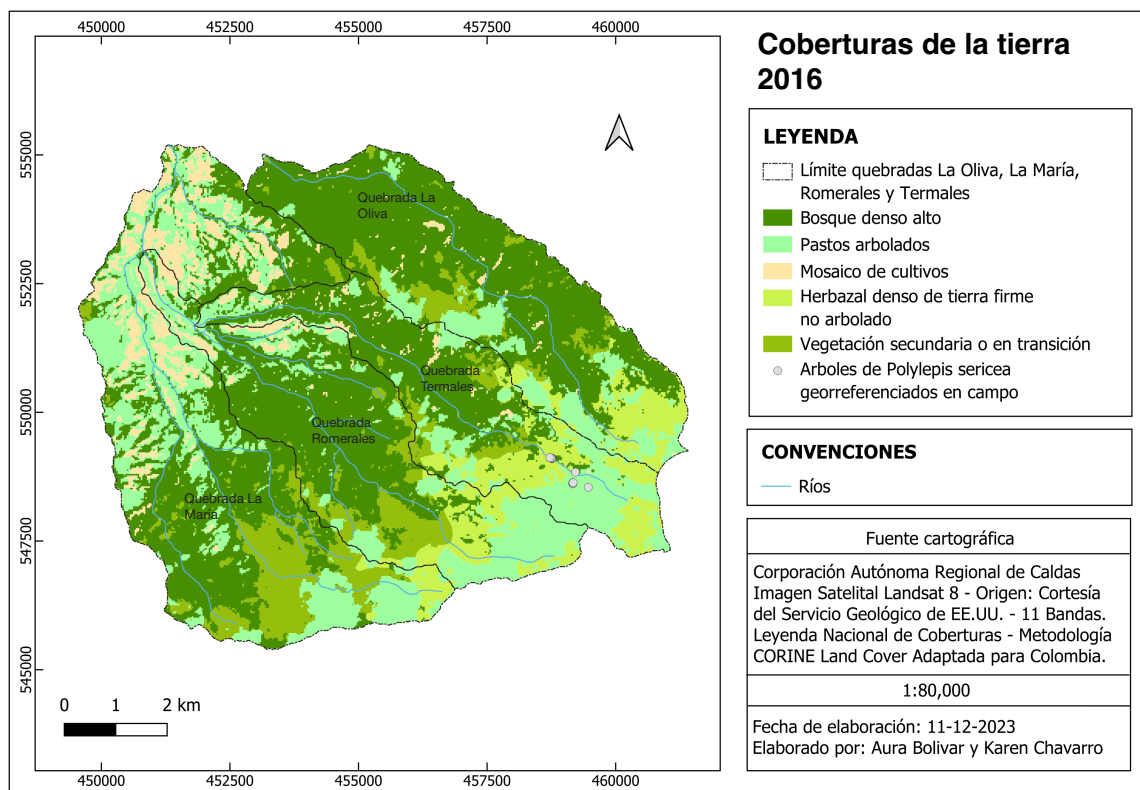
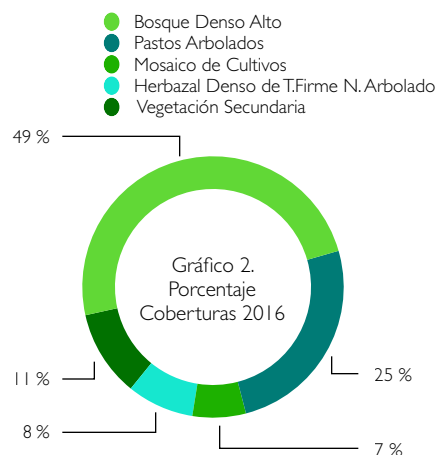
Nota: El área total de las 4 microcuencas involucradas, corresponde a 8260,7 ha; sin embargo, en la tabla se mencionan las áreas de la sumatoria de las coberturas, que no corresponde con la extensión de las microcuencas, debido a la ausencia de datos que se presentó por la nubosidad en cada año de interés. [1996=0,53% ;2016= 0,049% ; 2020=0,01%, con un área de: 7,1 Ha; 4,1 Ha; 0,1 Ha respectivamente].

Para el año 1996, los resultados de la clasificación muestran que la cobertura de bosque denso alto alcanzaba a cubrir el 43% de las microcuencas (gráfico 1), presentaba extensiones más dispersas de actividades agropecuarias (15% pastos; 26% mosaico de cultivos); estas últimas fueron directamente proporcional al nivel altitudinal, en las zonas más altas, ya que se identificó este tipo de actividad intercalada con la cobertura denominada herbazal denso de tierra firme (considerado en esta investigación como la vegetación de subpáramo y páramo propiamente dicho) y extendiéndose principalmente en el sector suroriental de las mismas (mapa 5).



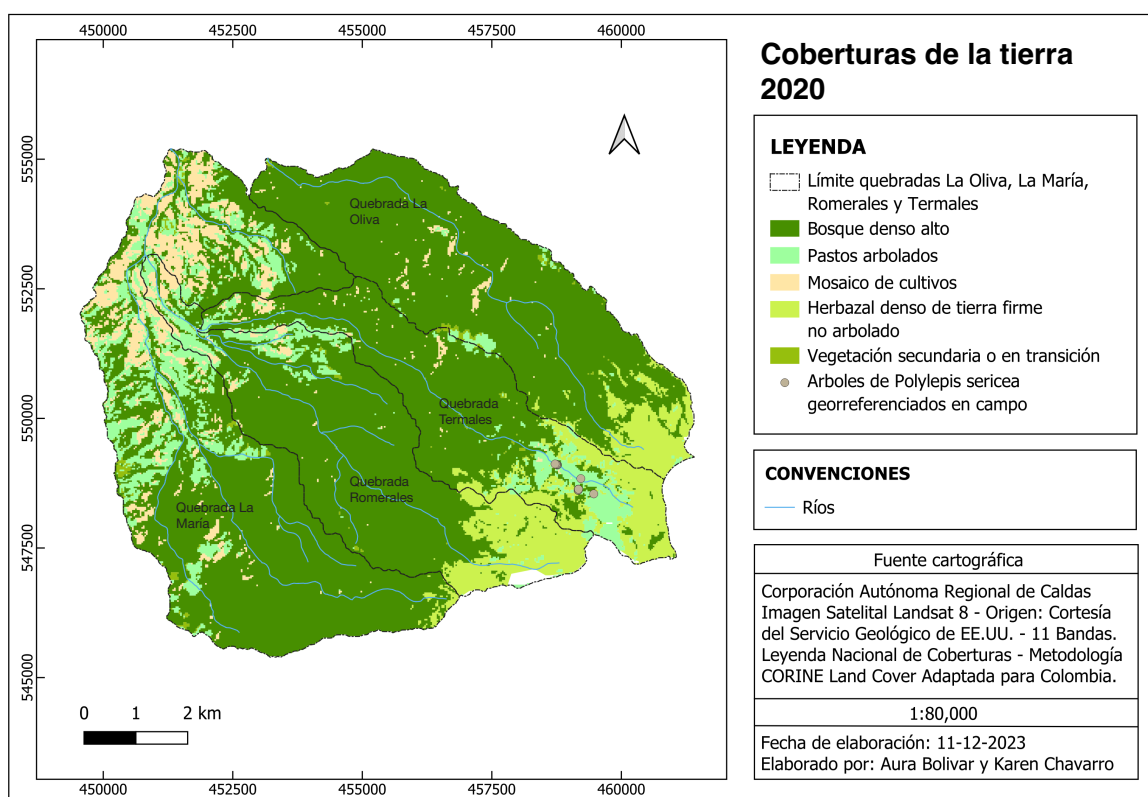
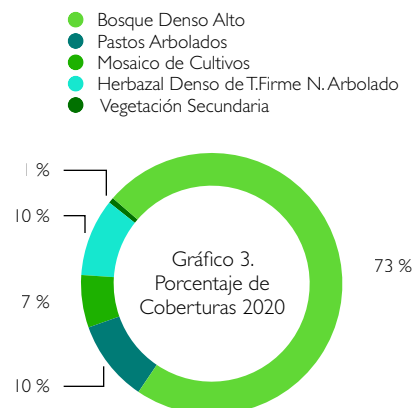
Mapa 5. Coberturas de la tierra 1996. Sistema de Referencia: WGS84 32618 UTM Zone 18N.

Para el 2016, transcurridos 20 años (mapa 6), la clasificación evidencia que la cobertura de bosque denso fue mayor, alcanzando el 49% del área total de las microcuencas (gráfico 2). Sin embargo, este año se presentó un aumento de la cobertura de pastos (25%) y una disminución del mosaico de cultivos (7%). También hubo un incremento de la vegetación secundaria, que para este año se encontró intercalada con el bosque denso y el herbazal denso de tierra firme (mapa 7). En la zona de estudio, la vegetación secundaria se atribuye a procesos de recuperación de bosque sobre las microcuencas, situación que se estuvo presentando paulatinamente desde el año 1996, pasando de ocupar un 8%, a un 11% para el 2016 (gráfico 1 y 2).



Mapa 6. Cobertura de la tierra 2016. Sistema de Referencia: WGS84 32618 UTM Zone 18N.

Para el año 2020 (mapa 7) se logró identificar la consolidación del bosque denso, con una mayor extensión que en los años anteriores, alcanzando el 73% del área (gráfico 3), y una disminución muy significativa de la vegetación secundaria. Esto demuestra un proceso de reestructuración del bosque denso alto, el cual inicialmente contaba con el 43% del área total de las microcuencas (gráfico 1), posteriormente con el 49% para el año 2016 (gráfico 2), alcanzando el 73% para el año 2020. En efecto, se presentó una disminución en la cobertura de pastos, la cual presentó la distribución más baja durante el periodo 1993-2020.

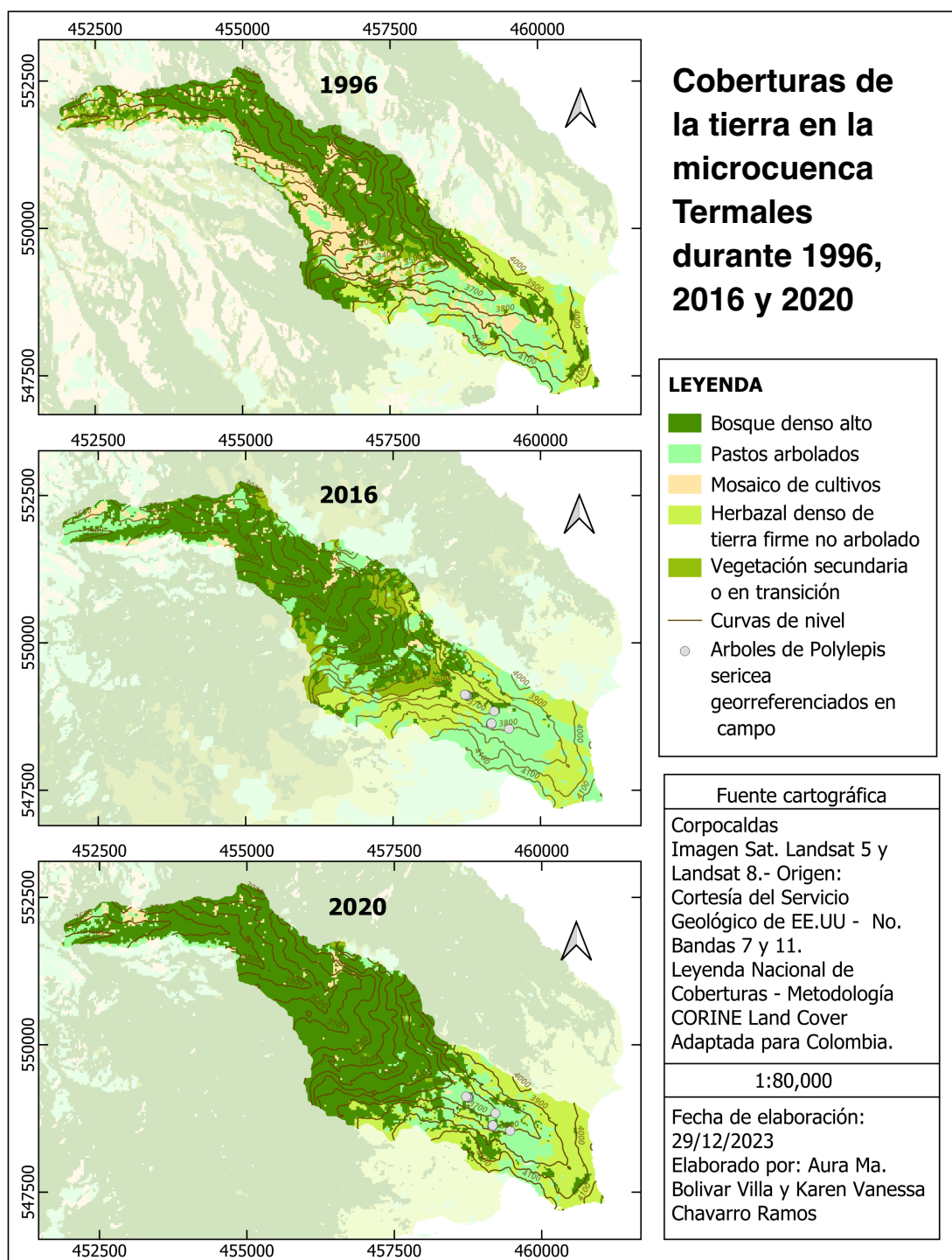


Mapa 7. Coberturas de la tierra 2020. Sistema de Referencia: WGS84 32618 UTM Zone 18N.

Teniendo en cuenta lo anterior, se reconoció que para el caso de estas microcuencas han ocurrido dos procesos, diferenciados espacialmente. Por una parte, en las zonas de menor nivel altitudinal de las microcuencas (suroccidente) se presenta un proceso de degradación del bosque denso, el cual se identificó a partir de tres consideraciones; la primera, que la vegetación secundaria se reconoció en torno a la cobertura de pastos arbolados, la segunda, que no se encuentran zonas de protección o de reserva, y por último, que el crecimiento de las actividades económicas de distinto tipo (pecuarias y agrícolas) a causa de la presión antrópica que ejercen los municipios de Villamaría y Manizales, conllevan a la colonización de más zonas para llevar a cabo estas actividades.

Por el contrario, la zona media y alta de las microcuencas atravesó un proceso de recuperación paulatino de bosque desde 1996, que se logró identificar a partir de los mapas de coberturas de la tierra del año 2016 y 2020, donde se logró reconocer la consolidación del bosque denso (mapa 7), recuperándose 2490,4 (30,1%) hectáreas en torno a las manchas de bosque denso que aún se encontraban en las microcuencas. En esta zona, se encuentran predios dedicados al pastoreo, intercalados con los relictos de bosque denso en torno a los drenajes de la microcuencas.

Particularmente, a escala de la microcuenca Termale la zona de bosque denso alto es cada vez mayor, sin embargo el crecimiento de la actividad pecuaria, se ha concentrado hacia la parte alta de la misma, muy cerca al nacimiento de la quebrada Termale, por el contrario, la actividad agrícola ha disminuido progresivamente, reduciendo su extensión a unas pocas áreas en la parte baja de la microcuenca (mapa 8).



Mapa 8. Coberturas de la tierra en la microcuenca Termales durante 1996, 2016 y 2020. Sistema de referencia: WGS84 32618 UTM Zone 18N.

Además del análisis espacial cuantitativo de las coberturas naturales en la zona de estudio, las personas que se encontraron en viviendas rurales cercanas a la Laguna Negra comentaron que los habitantes mayores han visto el árbol por el Alto de la Laguna Negra, ubicado a los 3.900 m.s.n.m, esta observación permitió llegar a zonas más cercanas al Nevado del Ruiz, como el sector de la entrada al Parque (Brisas), donde se hizo contacto con un guía turístico de la zona (experto); quien por su experiencia, se consideró como una fuente de información relevante para desarrollar uno de los objetivos específicos de la presente investigación.

Según lo mencionado por el experto: En sus labores de guía turístico, reconoció el llamado árbol de *P. sericea* en la parte alta de la cuenca, sin embargo empezó a notar los cambios en la vegetación en la parte baja y zonas aledañas, todo esto producto de la deforestación que se produjo con la colonización cundiboyasense. Menciona el experto que no solo se trataba de un proceso de crecimiento económico acompañado de la colonización, sino de un sistema de funcionamiento donde los agregados o mayordomos se cambiaban cada uno o dos años, incluso algunos duraban solo meses, por ello las personas que llegaron a ocupar la zona no contaban con la consciencia ambiental para manejar estas zonas de reserva, y talaron muchos árboles para usarlos en sus fogones.

Además de esto, el experto relata que la disminución en el área de bosque en esta zona se debe a otros dos factores fundamentales, la introducción del cultivo de la papa y el pastoreo.

A su vez, cuenta que realizando su trabajo ha recorrido diferentes zonas dentro y fuera del parque y distingue la presencia del árbol entre los 3500 y los 4050 m.s.n.m, en zonas húmedas, con caída de ceniza y en zonas cercanas a fuentes termales.

El experto reconoce la importancia de este árbol para los ecosistemas y para las comunidades, ya que mantiene las cuencas de agua protegidas de las cuales se abastecen los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda y Tolima, además menciona la importancia de este bosque para reducir la erosión producto de la intervención antrópica de terrenos, en la parte alta de la montaña. A su vez destaca el hecho de que el bosque constituye el hábitat de muchas aves y/o insectos.

En los últimos diez años, la Corporación Autónoma Regional de Caldas, la CHEC y Parques Nacionales, han propiciado grandes proyectos de reforestación de las cuencas, incentivando y llevando a cabo campañas de siembra de especies pertenecientes a la vegetación nativa de la zona. Este proceso con el fin de lograr repoblar algunas zonas donde las especies son más vulnerables frente a la presión antrópica.

Sin embargo, el experto consultado no conoce procesos de reforestación a gran escala del árbol de *P. sericea* (aparte de los 150 árboles que fueron destinados por la CHEC para ser sembrados en su finca, la cual se encuentra entre los 3850 y 3900), pero si de diferentes especies asociadas, como frailejones, romeros, cenecios, árnicas, pentacalias, chilcas, guardarocios, entre otros.

Las instituciones han realizado este tipo de visitas con el propósito de reforestar y concientizar frente a la importancia de los páramos y su fauna y flora, y los beneficios que esta cobertura brinda a las comunidades. De esta manera, las entidades visitan la zona alterna del Parque y el área protegida en sí misma para fortalecer los lazos y proyectos comunitarios relacionados con el turismo, los viveros para la reforestación, la utilización de cocinas a gas, entre otras.

El experto, a pesar de ser guía turístico en la zona no tiene conocimiento de las acciones, planes y proyectos de Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de

Villamaría en la zona en cuestión, ni conoce del manejo y la gestión designada por la corporación ambiental. En este sentido, menciona que las labores realizadas para la conservación de la parte alta de la cuenca del río Chinchiná se han concentrado en la vegetación en general. Sin embargo, no se ha realizado un proyecto en el que se involucre directamente al árbol de *P. sericea*.

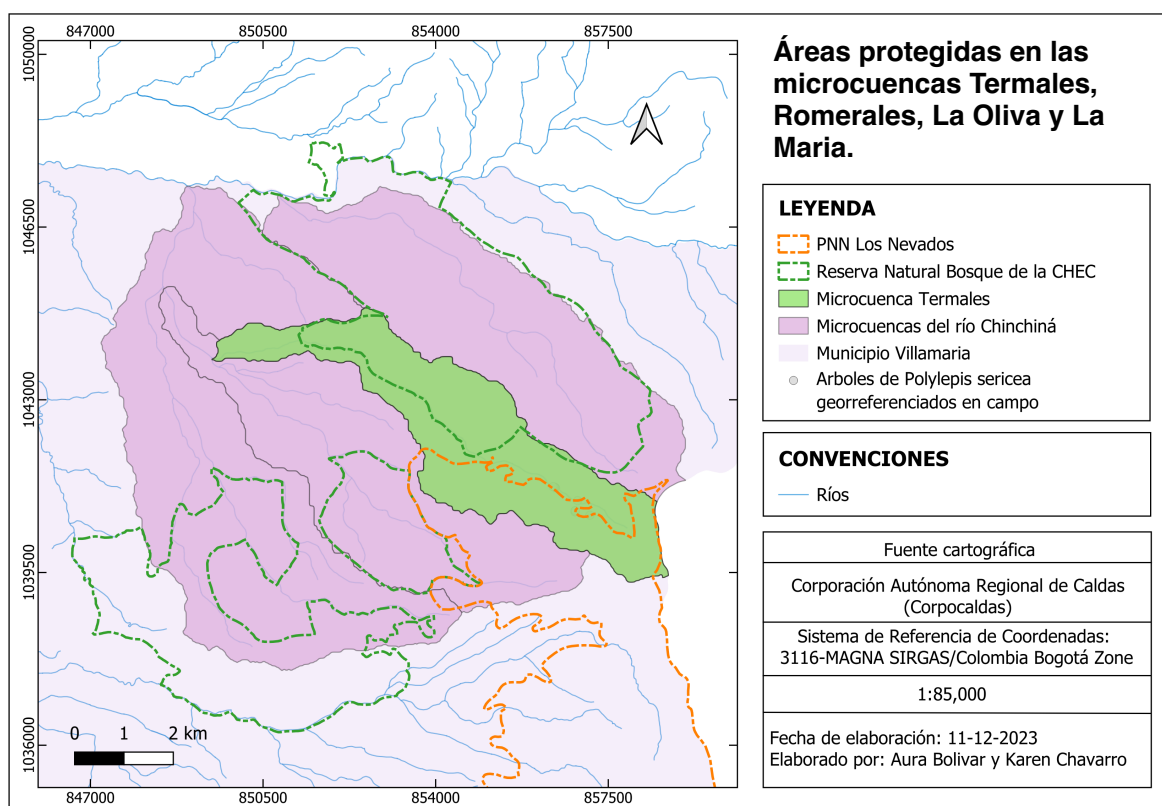
Durante sus recorridos nunca ha visto un árbol de *P. sericea* joven en su biotopo natural, sin embargo, tuvo la oportunidad de ser parte del proceso de reforestación realizado por la Reserva Forestal Bosques de la CHEC, proceso en el cual le cedieron árboles del vivero a cargo de esta reserva, con el objetivo de iniciar un proceso de reforestación en su finca, la cual se encuentra muy próxima a la Laguna Negra y fuera de la zona de estudio.

Por otra parte, entre las normas que se han emprendido para disminuir las afectaciones a la biodiversidad de esta zona, se encuentra la prohibición de la caza y la recolección de flora y fauna. A su vez, se ha dispuesto mayor vigilancia para la zona. Estos planes, se han vinculado con acciones y métodos de concientización emprendidas por las comunidades para mejorar las condiciones de deforestación en que se encuentran las zonas de pastoreo.

Después de haber abordado todas las causas que han provocado la distribución actual del bosque de *P. sericea*; el experto menciona que el conjunto de instrumentos implementados en los últimos quince años, ha ayudado a conservar los ecosistemas de alta montaña. Por lo anterior, considera que en los últimos años, las áreas de bosque altoandino han aumentado, principalmente por la concientización que se ha generado frente a las prácticas de deforestación, a través de quemas o incendios que anteriormente eran muy repetitivas.

Según la evidencia en campo y las observaciones realizadas por el experto a lo largo de sus recorridos, en el proceso de restauración del bosque denso tuvo un

papel muy importante la Reserva de la CHEC, organización que desde el año 2001, ha tenido la iniciativa de reforestar con especies de bosque alto andino (bosque denso alto). También, y como se mencionó anteriormente, por la donación de árboles para repoblar en estas microcuencas, biotopo del *P. sericea*. Aunque este proceso es incipiente, la principal labor de conservación realizada por la Reserva se fundamenta en el mantenimiento y preservación del ecosistema de bosque alto andino, ya que esta cuenta con grandes extensiones de tierra destinadas únicamente a la protección ambiental (mapa 9).



Mapa 9. Áreas protegidas en las microcuencas Termales, Romerales, La Oliva y La Maria.

La reserva cuenta con varios predios otorgados para la conservación, los cuales se encuentran principalmente con cobertura de bosque altoandino. En coherencia a esto, los resultados del mapa de coberturas del año 2020 permitieron reconocer que sí existe un proceso de recuperación de la cobertura del bosque denso alto. A su vez, la vegetación herbácea o zona de subpáramo y páramo se ha mantenido

estable (figura 17) entre el 8 y 10% del área, aunque se evidencia una ruptura en la continuidad de la cobertura que divide de noreste a suroeste la zona de vegetación arbórea nativa de alta montaña, debido a que los predios que aún contaban con parches de vegetación herbazal densa. Actualmente se dedican completamente a la actividad ganadera lechera, es por ello que dentro de estos predios, solo se encuentra cobertura de bosque denso en torno a los afluentes de agua de la quebrada Termaleles.

Para el 2020 se identificó que tanto en la parte baja como en la alta de las microcuencas, por debajo de los 2.600 m.s.n.m y sobre los 3.600 m.s.n.m ocurre un proceso de disminución de las actividades agrícolas y por ende se presenta una transición a las actividades de pastoreo (figura 18). Lo anterior, a diferencia del año de 1996, en el cual se desarrollaban en su mayoría actividades agrícolas.



Figura 18. Fotografía relictos de bosque denso alto o bosque alto andino en la parte alta de la microcuenca, dentro de un predio dedicado a la actividad del pastoreo. [26 de julio, 2023]. [Propia]

A pesar de que la hipótesis planteaba que las actividades agropecuarias han influido en la disminución de la cobertura arbórea en los últimos 30 años, los datos métricos de cada una de las coberturas demuestran lo contrario. Aunque las actividades pecuarias se siguen desarrollando con gran intensidad en la zona de estudio formando cada vez parcelas más compactas, la extensión de bosque denso alto (bosque alto andino) aumentó un 30,1% (2490,4). Además

disminuyeron las hectáreas dedicadas al pastoreo y principalmente las dedicadas a la agricultura, las cuales presentan una transición hacia las actividades pecuarias (figura 17, y figura 14- ver página 57). Por otra parte, la cobertura herbácea densa de tierra firme (vegetación de páramo) presenta un proceso de leve crecimiento y por el contrario la vegetación secundaria se encuentra disminuida considerablemente en un 7,1 % con respecto a 1996, es decir pasó del 8% al 1% en 24 años (figura 19).

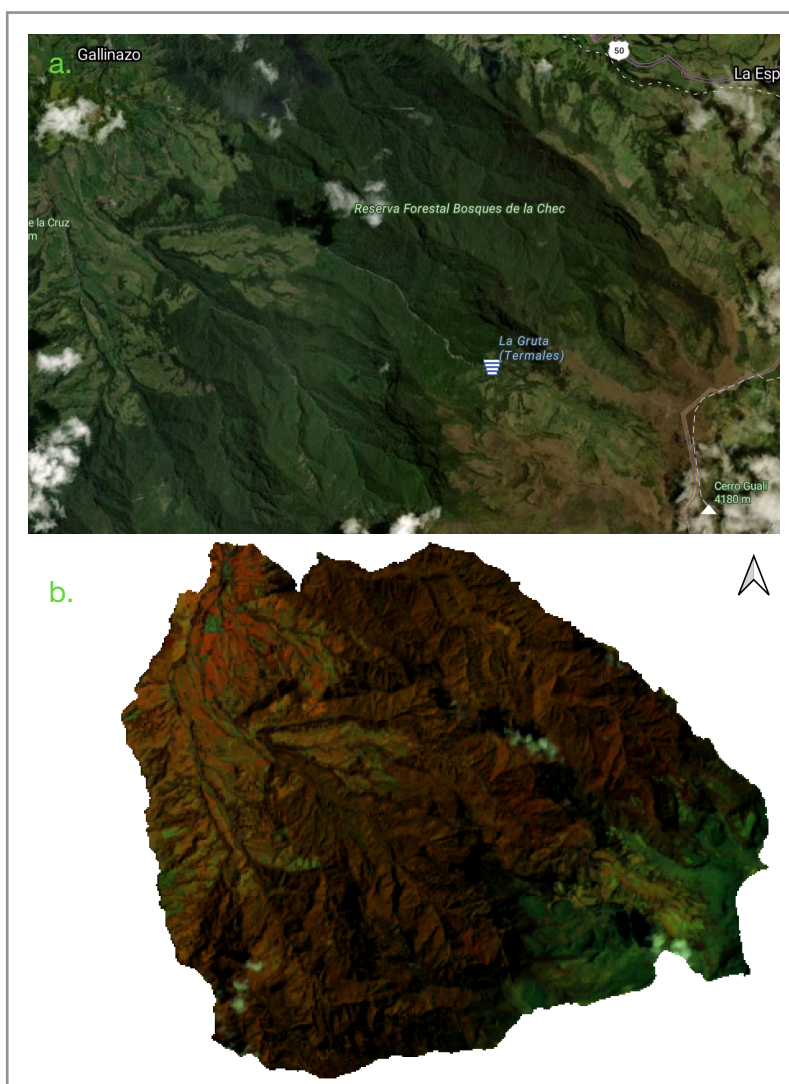
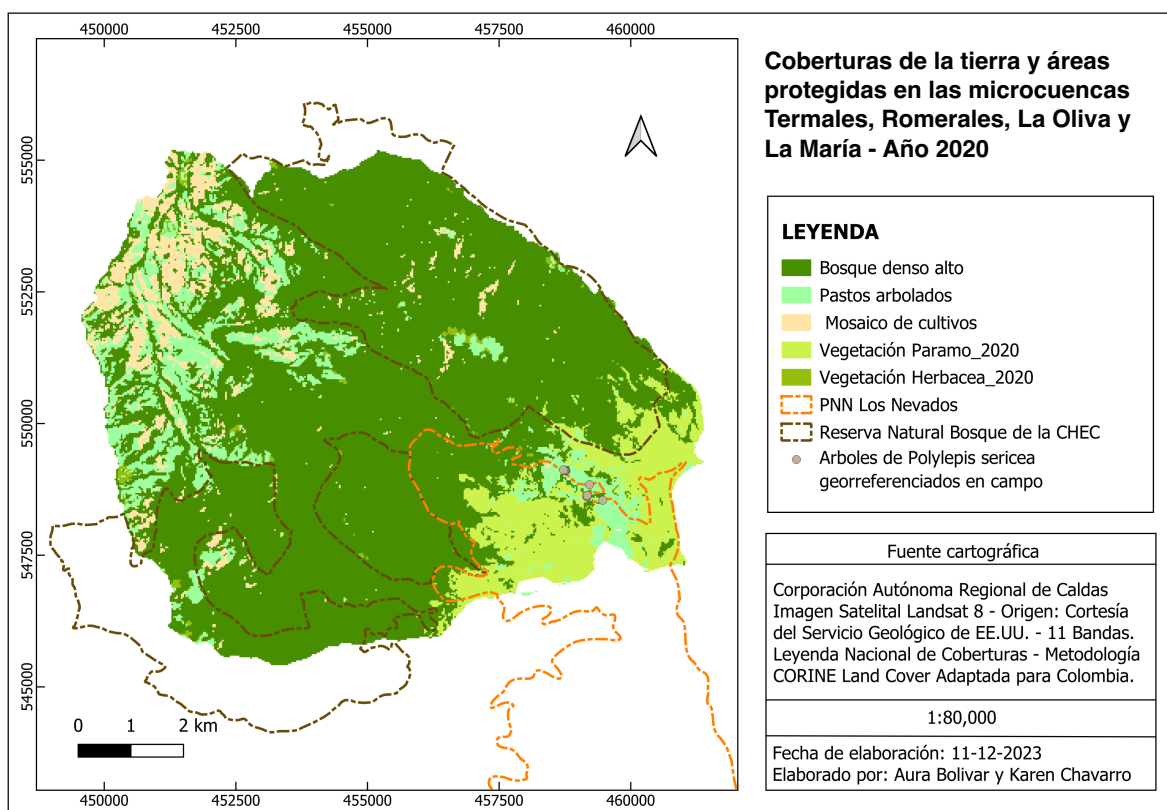


Figura 19. a. Imagen satelital 2024 (fuente: Microsoft Bing Maps [sitio web]); b. Imagen falso color 2020 (fuente: Servicio Geológico de EE.UU , Landsat 8, Total N° Bandas 7

En síntesis, este proceso se presentó de la siguiente manera: El estado de coberturas naturales como el bosque denso alto aumentó paulatinamente desde el año de 1996, pocos años después de entrar en vigencia la Ley 99 del 1993. Lo cual indicó en este caso un proceso de recuperación que se reflejó en el año 2020, alcanzando una cobertura de bosque denso alto mayor a la de las otras fechas, con el 73% del área total de las microcuencas, este proceso estuvo impulsado por las labores de la Reserva Bosques de la CHEC, quienes intensificaron las labores de protección en la parte media de las microcuencas, proceso que contrastó con las partes más bajas y algunas zonas altas, que aún hoy en día no cuentan con ningún título de reserva, ni de protección (mapa 9 y figura 18).

De igual manera, se presentó una transición de las actividades desarrolladas en la década del 90, en la cual prevalecía la agricultura. Para la fecha más reciente, se encontró que predominan las actividades pecuarias dispersas sobre todas las microcuencas, encontrándose en algunas de las zonas más bajas y alcanzando algunas de las más altas.

A pesar de que los resultados mostrados en la figura 17 demostraron que las actividades pecuarias también han disminuido paulatinamente, se reconoce que para el año 2020 las zonas dedicadas a estas prácticas se encuentran muy cerca a las coberturas herbáceas de alta montaña (vegetación de páramo) y al bosque denso alto, distribuyéndose casi que en un solo bloque por encima de los 3.500 m.s.n.m y concentrándose al sureste de la microcuenca Termales, precisamente donde se identificaron algunos árboles de la especie. Esta zona pertenece desde el año 1973 a la jurisdicción de Parque Nacional Natural Los Nevados (mapa 10). Sin embargo, en campo y con el mapa de cobertura de la tierra se logró identificar que gran parte del centro de la microcuenca, se encuentra dedicada al pastoreo.



Mapa 10. Coberturas de la tierra y áreas protegidas en las microcuencas Termales, Romerales, La Oliva y La María - Año 2020. Sistema de Referencia: WGS84 32618 UTM Zone 18N

Por el contrario, el bosque denso alto que se encuentra por debajo de los 3.500 m.s.n.m y el cual ha sido adjudicado en gran medida (varios predios) a la Reserva Natural Bosques de la CHEC, presentó un proceso de recuperación aislando las actividades agrícolas y pecuarias.

Esta reserva fue establecida el 02 de julio del 2002 por la Corporación Autónoma Regional de Caldas, cuenta con 3.893,34 hectáreas sobre 20 predios ubicados en la zona alta de la cuenca del río Chinchiná y tiene el propósito de conservar la oferta hídrica de la región, los suelos, la fauna, flora e incluso las obras de infraestructura⁸⁵. En consideración a esto, la reserva ha propiciado la recuperación

⁸⁵ CORPOCALDAS; Acuerdo 009; Por el cual se declara como Reserva Forestal Protectora los Bosques de la CHEC. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/237448855/Acuerdo-Corpocaldas-009-de-2002-Area-de-Reserva>

de la cobertura de bosque altoandino, zonas donde actualmente no se desarrollan actividades antrópicas, sino que se encuentran dedicadas a la conservación. Sin embargo, como se analizó en los mapas de coberturas los procesos de transformación de áreas naturales se siguen presentando en las zonas bajas y muy altas de la cuenca del río Chinchiná, proceso que se expresa principalmente en las microcuencas de mayor accesibilidad, como lo son Termales y La Oliva.

No obstante, como los árboles de *P. sericea*, se encuentran asociados a las coberturas de bosque denso alto y a las zonas de transición entre este y la vegetación herbácea de tierra firme, se reconoce que presentan una afectación significativa, vinculada principalmente a la concentración de la actividad pecuaria en la zona de transición. Precisamente en la zona media-alta del río Termales, sobre la que se reconoció una parcela de gran extensión dedicada a esta actividad en la zona del biotopo del *P. sericea* (mapa 9 y figura 18/19).

Es importante resaltar que algunas coberturas, como el herbazal denso y la vegetación secundaria, presentan una reflectividad similar a la de otras coberturas en la temporada lluviosa, este es el caso del año 2016⁸⁶, durante el cual se presentó el punto máximo del fenómeno del niño 2015-2016 (enero). Para este año se observa en los resultados de la tabla 17, que la cobertura de pastos presenta un mayor número de hectáreas que en los otros dos momentos, lo cual puede atribuirse a la reflectividad que se asemeja a la de otras coberturas, como el herbazal denso de tierra firme.

⁸⁶ NASA; El Niño/La Niña Watch & PDO [sitio web]; s.f; Jet Propulsión Laboratory; [Consultado 15 febrero, 2024] Disponible en: <https://sealevel.jpl.nasa.gov/data/el-nino-la-nina-watch-and-pdo/el-nino-2015/>

6.2 Caracterización de las actividades agrícolas y pecuarias generadoras de los cambios en el biotopo del *P. sericea* en la microcuenca Termales.

En la zona de estudio, existen actualmente diferentes actividades antrópicas realizadas desde hace algunas décadas, dentro de estas se encuentran el turismo, la agricultura y el pastoreo; sin embargo, entre las que han provocado mayores cambios en el paisaje se encuentra la agricultura y el pastoreo, las cuales se desarrollan intensamente sobre



Figura 20. Fotografía árbol de *Polylepis sericea* sobre la quebrada Termales. [18 de agosto, 2023]. [Propia]

grandes parcelas de tierra en la parte alta de la microcuenca Termales. Sobre la microcuencas adyacente la Oliva, sucede un proceso similar, es decir, en las zonas de mayor nivel altitudinal (que tienen influencia del PNN Los Nevados) conserva vegetación nativa de subpáramo y páramo, en cambio en la zona de transición entre esta vegetación y el bosque denso alto presenta el mayor desarrollo de pastoreo (figura 20).

Según lo apreciado en las labores de campo, la agricultura se ha desarrollado con fuerza en la última zona mencionada, en cabeza del cultivo de la papa, principalmente sobre el sector de la Laguna Negra (zona adyacente a las microcuencas mencionadas) y las acciones para garantizar la productividad de esta actividad implican efectos negativos para los páramos y para las zonas amortiguadoras.

Algunos autores mencionan que el cultivo de papa obtiene buenos rangos de productividad si se realiza en altitudes superiores a los 3.500 m.s.n.m, aunque su realización requiere de tecnificación, lo cual provoca deforestación, pérdida de material orgánico, cambios en la estabilidad de los suelos y alteración del proceso de infiltración de aguas lluvias, lo que repercute en los nacimientos y fuentes de agua. Este es uno de los efectos que afecta indirectamente a las comunidades de las partes medias y bajas de las cuencas. Además de que para el desarrollo del cultivo es necesaria la utilización de agroquímicos con aplicación frecuente⁸⁷.



Figura 21. Fotografía inmediaciones de la Laguna Negra, se observa un pequeño grupo de frailejones en el paisaje. [01 de Abril, 2022] [Propia]



Figura 22. Fotografía preparación de terreno para cultivo de papa en las inmediaciones a la Laguna Negra. [18 de marzo, 2023] [Propia]

En general, el desarrollo de estas actividades en las zonas más altas de las cuencas, conlleva efectos negativos inmediatos y a largo plazo sobre el biotopo.

⁸⁷ CASASBUENAS, Liliana & HERNANDO, Luis; EFECTO DEL CULTIVO DE PAPA SOBRE LA FAUNA EDÁFICA EN EL PARAMO DE GUERRERO; En: *U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*; 2007; 13; pp 31-42.

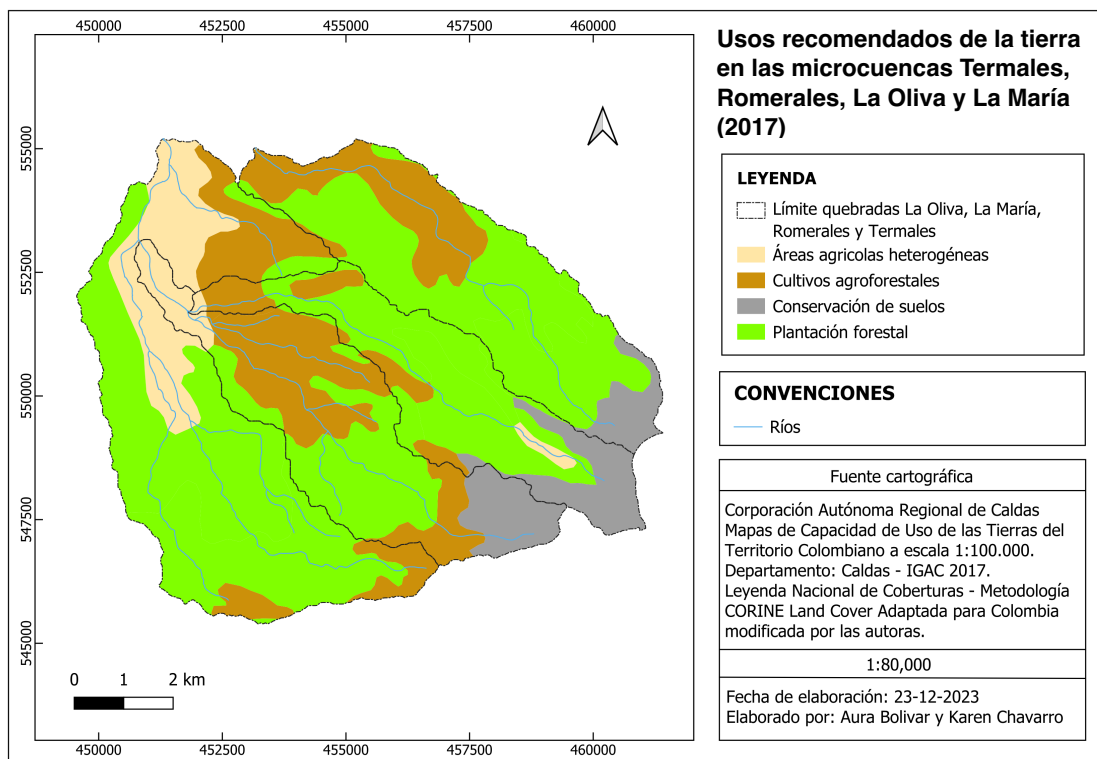
Esto se aprecia en las figura 21 y 22; en la primera tomada en el mes de abril del año 2022, se encuentra un paisaje natural ya intervenido en transición a otro tipo de cobertura antrópica, con presencia baja de vegetación nativa; la segunda, tomada solo un año después, evidencia un paisaje antrópico con pleno desarrollo de la actividad agrícola, donde el suelo ha sido arado para el cultivo de la papa, tomada solo un año después en el sector de Laguna Negra sobre los 3.700 m.s.n.m, altura idónea para la presencia de *P. sericea* (biotopo de la especie).

Algunas de las consecuencias del desarrollo de las actividades agrícolas en las zonas de páramo y bosque alto andino implican llevar a cabo prácticas insostenibles, como las quemas para adaptar los terrenos, el arado excesivo y la tala de la vegetación nativa.

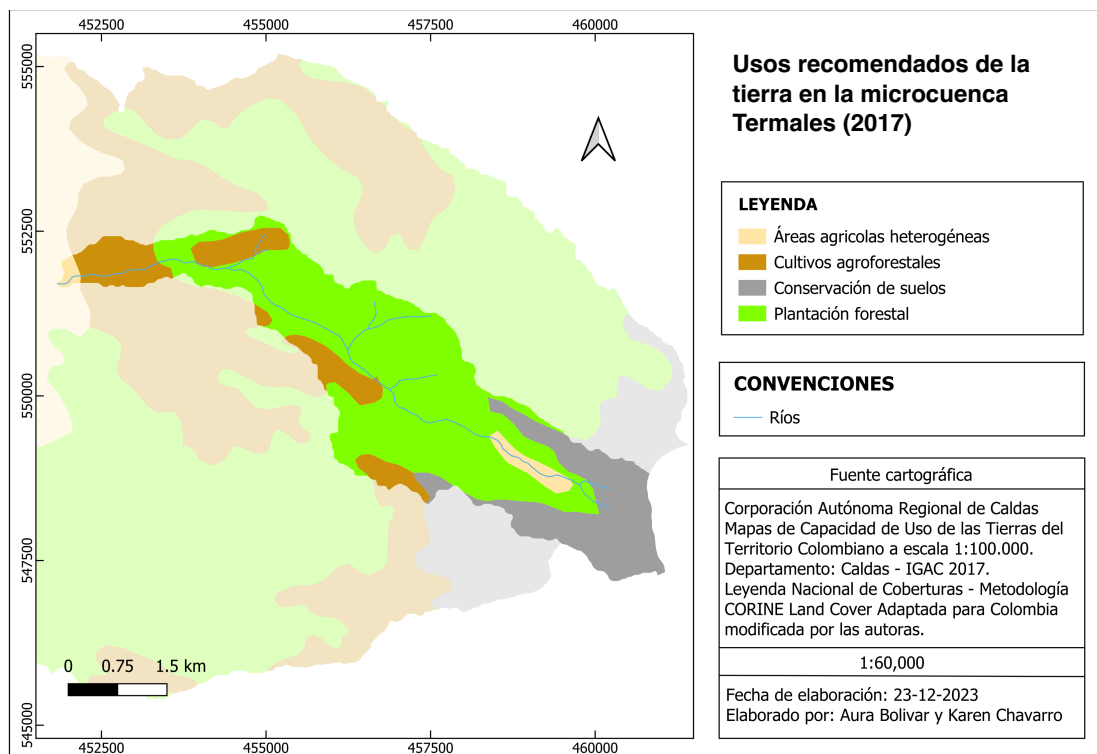
Estos efectos negativos directos, provocan modificaciones en los ecosistemas, afectando también a las poblaciones de fauna y alterando los suelos. Por ende, los procesos de movimiento en masa son cada vez más frecuentes en la parte media y baja de la cuenca, donde se presentan eventos repetitivos de afectación por estos fenómenos, como es el caso de la vía Manizales-Bogotá⁸⁸.

No obstante, la actividad del cultivo de la papa afecta en menor medida el biotopo de *Polylepis* en la zona de estudio, ya que esta actividad se concentra principalmente hacia el sector de la Laguna Negra hacia el nororiente de la microcuenca Termales. Sin embargo, aunque las modificaciones del paisaje no han sido mayores, las que se han presentado son para el establecimiento de la actividad ganadera, principalmente en la parte alta de la microcuenca Termales.

⁸⁸ CARO, Olga; CARACOL RADIO; Cierre total en la vía Manizales - Bogotá por deslizamiento de tierra [Periodico]; 2024-Febrero-23. <https://caracol.com.co/2023/03/24/cierre-total-en-la-via-manizales-bogota-por-deslizamiento-de-tierra/>



Mapa I I. Usos recomendados de la tierra en las microcuencas Termales, Romerales, La Oliva y La María (2017). Sistema de Referencia de coordenadas :WGS84 32618 UTM Zone 18N.



Mapa 12. Usos recomendados de la tierra en la microcuenca Termales (2017). Sistema de Referencia de coordenadas:WGS84 32618 UTM Zone 18N.

De acuerdo a lo observado durante las labores de trabajo de campo, en la parte alta de la microcuenca Termales en torno a la quebrada, se encuentra una gran extensión de pastos. Este proceso ha afectado cada vez más el biotopo de *P. sericea*, el cual queda aislado a los relictos de vegetación nativa que se encuentran en las márgenes de los drenajes, y en la zona protegida de Parques y de la Reserva de la CHEC.

De acuerdo a los lineamientos establecidos por el IGAC en los mapas de capacidad de uso de las tierras en Colombia, se establece que para la microcuenca Termales y sus microcuencas adyacentes se pueden llevar a cabo plantaciones forestales, cultivos agroforestales, y en menor medida las zonas de conservación de suelos y áreas agrícolas heterogéneas (mapa 11 y 12). En este caso, las zonas recomendadas para la conservación de suelos están vinculadas al PNN Los Nevados, aunque el área oficial del parque abarca un mayor número de hectáreas para la conservación.

Teniendo en cuenta los usos recomendados según el IGAC (mapa 11 y 12) y lo observado en la zona de estudio, se evidencia que en la microcuenca Termales se permiten los usos agrícolas heterogéneos, cultivos agroforestales, plantación forestal y conservación de suelos. Sin embargo, en la actualidad en las zonas recomendadas para las plantaciones forestales se están realizando actividades de pastoreo intercaladas en menor medida con la agricultura, con algunas franjas de bosque distribuidas a lo largo de los drenajes, donde se encontraron varios ejemplares de *P. sericea*, los cuales no tienen una distribución muy amplia, ya que la actividad ganadera se desarrolla sobre el resto de un gran predio (que ocupa la parte alta de la microcuenca Termales) por parte de los ganaderos de la zona. Los árboles de *P. sericea* únicamente se encuentran en los bordes de los drenajes, los cuales constituyen un límite natural y antrópico para esta actividad.

La microcuenca Termales actualmente se podrá definir, a nivel paisajístico y considerando las coberturas y usos de la tierra, de la siguiente manera:

- a. Zona de conservación, la que se encuentra en las partes más altas, con vegetación nativa de páramo, zonas de vegetación herbácea densa, y con pequeños árboles y arbustos.

Posee grupos de vegetación como los frailejonales, presencia de árboles de *Polylepis*, además de puyales y macollas (figura 23).

Se encontraron especies y géneros representativos como:

- *Hypericum*
- *Chusquea* spp.

- b. Mosaico de pastos para pastoreo (ganadería de leche) con cultivo de papa y bosque de galería; ubicado sobre la zona media de la cuenca; con fragmentos lineales en su mayoría de cobertura arbórea y presencia de *P. sericea*, acompañado de algunos árboles dispersos. No se reconocen como un uso del suelo agroforestal, donde se desarrollan los cultivos intercalados con árboles, ya que en la zona de estudio, las zonas de vegetación arbórea que quedan se encuentran sobre los drenajes, que ejercen un límite para la actividad antrópica, en este caso la ganadería (figura 24).

Se encontraron especies representativas como:

- *Alnus acuminata* Kunth
- *Polylepis sericea* Wedd

- c. Bosque alto altoandino poco fragmentado: zona de vegetación densa, comprendida como bosque alto altoandino menos fragmentado, con una cobertura más continua que en las demás divisiones del paisaje. Sobre este sector del paisaje predominan especies como *Clusia* sp. y *Weinmannia* sp., las cuales alcanzan el estrato arbóreo. Sobre esta zona se encuentran grandes extensiones de la Reserva Natural Bosque de la CHEC, donde se reconoce la presencia, según el experto, de bosques de *P. sericea* en las zonas de mayor nivel altitudinal.

En la zona media de la microcuenca se presentan procesos de remoción en masa. Donde se han realizado algunas obras de control y estabilización del terreno (figura 25).

Se encontraron especies y géneros como:

- *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult
- *Brunellia boqueronensis* Cuatrec
- *Ceroxylon quindiuense* (H. Karst.) H. Wendl.

- d. Mosaicos de pastos para pastoreo y en menor medida agricultura, con infraestructura de viviendas rurales y para recreo, se encuentra en la zona baja de la cuenca, y, además de las actividades enunciadas, aparece el turismo de descanso y acuaturismo (figura 26), una de las de mayor crecimiento en la zona.



Figura 23. Fotografía vegetación herbácea de páramo, en la parte alta de la microcuenca Termales. [18 de Marzo, 2023] [Propia]



Figura 24. Fotografía árbol de *Polylepis* en un predio de la microcuenca, zona de pastoreo (se reconocieron otros árboles sobre este mismo afluyente del río Termales). [22 de noviembre, 2023] [Propia].

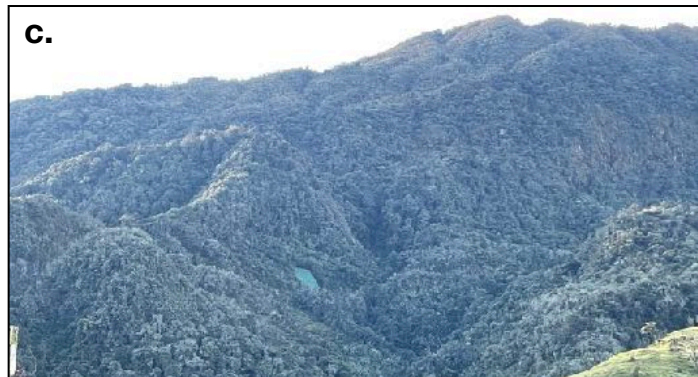


Figura 25. Fotografía paisaje de bosque denso alto. [22 de noviembre, 2023] [Propia]



Figura 26. Fotografía paisaje parte baja de la microcuenca Termales, por la antigua carretera al Nevado del Ruiz. [22 de noviembre, 2023] [Propia]

Parte de las mencionadas macrocategorías de coberturas de las tierras (desde el literal a hasta d) de la microcuenca Termales, pueden ser vistas en la figura 27. Se aprecia claramente que son la actividad pecuaria y la siembra de papa, las que tienen mayor responsabilidad en los cambios de los paisajes de la microcuenca.



Figura 27. Fotografía macrocategorías de la cobertura de la tierra en la microcuenca Termales. [22 de noviembre, 2023] [Propia].

No obstante, las actividades nombradas anteriormente no son las únicas que han transformado el paisaje de la zona. A partir del trabajo en campo se logró reconocer que se realizan talas, ya que algunos pobladores no cuentan con fogones eléctricos, por lo cual los campesinos requieren de fogones de leña para preparar sus alimentos. Es por ello que en la zona se encontró evidencia de corte de especies para el aprovechamiento forestal, como el pino, una especie exótica (no nativa) en todo el sector (figura 28 y 29). Sin embargo, estas se encuentran muy próximas a zonas de reserva natural y de importancia ecosistémica para la región.

Según el relato del experto, estas prácticas provocaron cambios en la cobertura de bosque en la década del 90, llegando a colonizar las zonas más altas de la microcuenca Termales, es por ello que actualmente (a pesar del crecimiento y consolidación de las hectáreas de bosque denso en la parte media de las microcuencas) esta zona se encuentra intervenida y presenta grandes extensiones dedicadas al pastoreo.



Figura 28. Fotografía aprovechamiento de árboles de pino por la carretera antigua al Volcán Nevado del Ruiz. [26 de Julio, 2023]. [Propia]



Figura 29. Fotografía madera para uso doméstico por la carretera antigua al Volcán Nevado del Ruiz. [26 de Julio, 2023]. [Propia]

6.3 Formas del terreno asociadas al biotopo de *P. sericea*

A partir del reconocimiento de los factores abióticos del biotopo de *P. sericea* realizado por Orlando Rangel, se logró comprobar que los árboles de *Polylepis* en la microcuenca Termales, se encuentran principalmente sobre el talud de los drenajes, algunos con su raíz muy cercana al agua. Esto pudo ser constatado en campo como se muestra en la figura 30.

Figura 30. Porcentaje (%) de pendiente de los árboles de *P. sericea* georreferenciados en campo

Arbol georreferenciado	Altura m.s.n.m	Porcentaje de la pendiente (%)
Polylepis 1	3793	13,67 %
Polylepis 2	3787	7,20 %
Polylepis 3	3788	7,21 %
Polylepis 4	3773	8,20 %
Polylepis 5	3775	8,98 %
Polylepis 6	3691	27,62 %
Polylepis 7	3637	9,15 %
Polylepis 8	3639	9,15 %
Polylepis 9	3639	9,16 %
Polylepis 10	3633	15,00 %
Polylepis 11	3633	15,00 %
Polylepis 12	3629	17,80 %
Total	3701	12,35 %

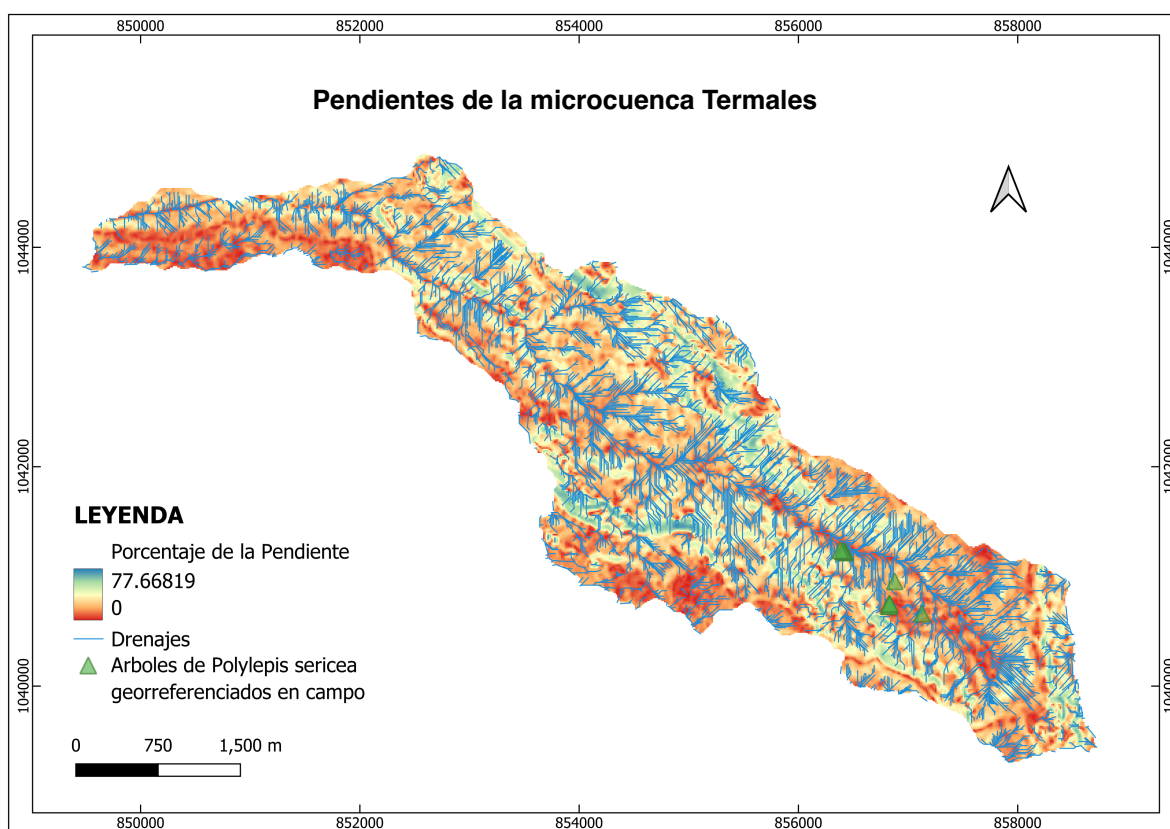
Elaboración propia a partir de Modelo de Elevación Digital y trabajo de campo

A su vez, sí se encuentran sobre zonas rocosas o pedregosas, su raíz se adapta fácilmente a dichas condiciones; de igual manera, es una especie que se desarrolla adecuadamente en la zona de estudio sobre pendientes fuertemente inclinadas (figura 30).

Además, su biotopo alcanza y supera los 4.000 m.s.n.m, lo que implica áreas mucho más agrestes, con suelos mas superficiales y desprovistas de vegetación alta.

A partir de la observación en campo se logró reconocer que la anterior característica se repite como un patrón de distribución. Igualmente se trata de una zona con pendientes relativamente altas, que llegan a alcanzar el 78%, lo que constituye un factor que beneficia a los individuos presentes, siendo un límite natural para las parcelas ganaderas.

Los árboles de *P. sericea* georreferenciados en campo se encuentran muy próximos a las zonas de mayor porcentaje de pendiente y en el margen de las quebradas principalmente, o de sus afluentes más cercanos (mapa 13).



Mapa 13. Pendientes de la microcuenca Termales. Sistema de referencia: EPSG: 3116 MAGNA-SIRGAS_Colombia Bogota Zone. Elaboración Aura M. Bolivar Villa y K. Vanessa Chavarro Ramos.

6.4 Estructura del paisaje en la zona de estudio

Tal y como se planteó anteriormente en el numeral 5.2.3 (materiales y métodos), los resultados de la clasificación supervisada, la posterior elaboración de los mapas de coberturas de la tierra sobre las microcuencas y la aplicación de métricas para valorar la estructura del paisaje con el método de Forman⁸⁹ (mosaico del paisaje), permitieron reconocer el siguiente proceso; el paisaje ha pasado por diferentes etapas o momentos, que pueden llegar a ampliarse durante los 30 años estudiados. Por una parte, durante el año de 1996, el paisaje presentaba un mayor número de parches de las distintas coberturas (con 2234 manchas), lo que reflejó menor concentración y mayor dispersión. Sin embargo para el año 2020 el panorama cambió significativamente, alcanzando un máximo de 1024 manchas (figura 31). Esto contrasta con lo ocurrido en el año de 1996, para el cual se presentaron hasta 887 parches de vegetación secundaria o en transición, y 603 en el mosaico de cultivos (gráfico 4 y figura 31). Además la cobertura de bosque denso alcanzó los 285 parches y la vegetación de páramo 114 parches. Lo que distingue al año 2016, como un periodo de transición de la agricultura (la cual se desarrollaba ampliamente en la microcuenca en pequeñas y medianas parcelas) a las actividades de pastoreo, principalmente concentradas en la zona baja y alta de las microcuencas (figura 31). Para este momento, el número de parches disminuyó, alcanzando solo 1110 manchas, y la vegetación secundaria presentó 650 parches, seguida de los pastos arbolados con 450^{**}. También disminuyeron los parches de las demás coberturas, el mosaico de cultivos con 420 manchas, el bosque denso alto andino con 214, y la vegetación de páramo con solo 50 manchas.

⁸⁹ FORMAN, Richard; Op. Cit. p. 407

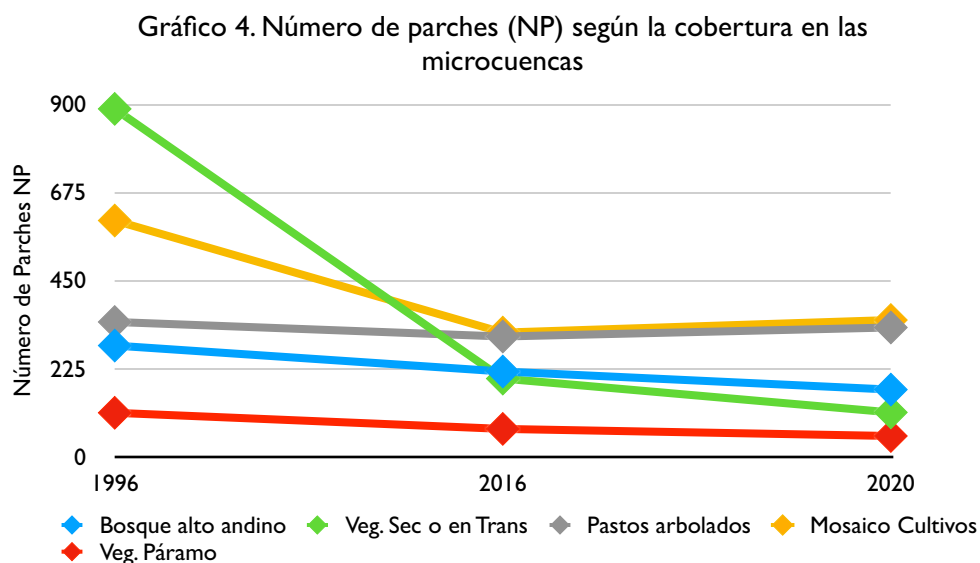
^{**} Los parches aumentaron levemente por la reflectividad que presenta la cobertura para esta época del año a causa del fuerte fenómeno del niño, confundiendo en la clasificación con otras coberturas como el herbazal denso o vegetación de páramo.

Figura 31. Métricas de la estructura del paisaje en las microcuencas Termales, Romerales, La Maria y La Oliva*

AÑO 1996					
	Clases	Numero de parches NP	Densidad de los parches PD	Shape Index Mean SHAPE MEAN (Class)	Fractal Dimension Index FRAC MN (Class)
Clase 1	Bosque alto andino	285	3,4529	1,3246	1,0457
Clase 2	Veg. Sec o en Trans	887	10,7463	1,2098	1,0383
Clase 3	Pastos arbolados	345	4,1798	1,3376	1,0499
Clase 4	Mosaico Cultivos	603	7,3055	1,3511	1,0486
Clase 5	Veg. Páramo	114	1,3811	1,3043	1,0400
	Número de parches cobertura	2234	Shannon's Diversity Index SHDI (Landscape)	1,4024	
AÑO 2016					
	Clases	Numero de parches NP (Class)	Densidad de los parches PD (Class)	Shape Index Mean SHAPE MEAN (Class)	Fractal Dimension Index FRAC MN (Class)
Clase 1	Bosque alto andino	219	2,6518	1,3043	1,0432
Clase 2	Veg. Sec o en Trans	201	2,4338	1,2295	1,0364
Clase 3	Pastos arbolados	308	3,7295	1,3459	1,0484
Clase 4	Mosaico Cultivos	318	3,8505	1,2268	1,0380
Clase 5	Veg. Páramo	73	0,8839	1,3166	1,0385
	Número de parches cobertura	1110	Shannon's Diversity Index SHDI (Landscape)	1,3221	
AÑO 2020					
	Clases	Numero de parches NP (Class)	Densidad de los parches PD (Class)	Shape Index Mean SHAPE MEAN (Class)	Fractal Dimension Index FRAC MN (Class)
Clase 1	Bosque alto andino	173	2,1000	1,3215	1,0473
Clase 2	Veg. Sec o en Trans	115	1,3959	1,1134	1,0269
Clase 3	Pastos arbolados	331	4,0179	1,3166	1,0479
Clase 4	Mosaico Cultivos	350	4,2485	1,2116	1,0367
Clase 5	Veg. Páramo	55	0,6676	1,3788	1,0484
	Número de parches cobertura	1024	Shannon's Diversity Index SHDI (Landscape)	0,8948	

Datos obtenidos a travez de la aplicación Fragstats (versión 4.3). Disponible en: <https://www.fragstats.org/index.php/downloads>.

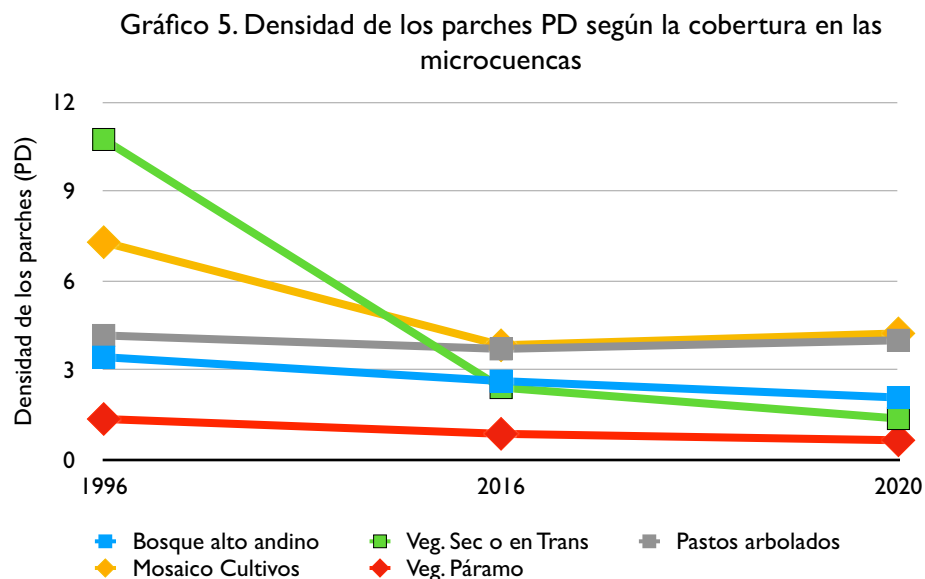
*Estas microcuencas son importantes para el análisis ya que se encuentran en la zona de influencia de la microcuenca Termales, estas son afluentes del río Chinchiná y se caracterizan por tener coberturas muy similares y comparten el bosque alto andino, la vegetación de páramo (herbazal denso), y otras coberturas como la vegetación secundaria, los pastos arbolados y el mosaico de cultivos.



De otro lado, la cobertura de bosque alto andino se distribuyó sobre la superficie de manera uniforme, en un gran bloque sobre los 3.000 hasta los 3.500 m.s.n.m para el 2020. A diferencia de la zona de transición del bosque alto andino y la vegetación herbácea de tierra firme, sobre los 3.500 m.s.n.m, la cual se encuentra fuertemente intervenida por la actividad agropecuaria, zona donde se encontraron árboles de *P. sericea* y donde la presencia institucional ha sido irregular. Sin embargo, esta situación local, no significa una contradicción con el aumento de la cobertura de bosque denso alto, ya que la mayor extensión de esta cobertura se concentra en la parte media de la cuenca del río Chinchiná, zona que posee una gran mancha de esta cobertura. Es por ello, que a partir del análisis de la densidad de parches, se observa que cada vez existe mayor concentración entre los parches de una misma cobertura (como está ocurriendo con la cobertura de pastos arbolados en la parte alta de la cuenca del río Chinchiná de la microcuenca Termales, al margen de este río). Esto demuestra el proceso de homogenización del paisaje en la zona de estudio.

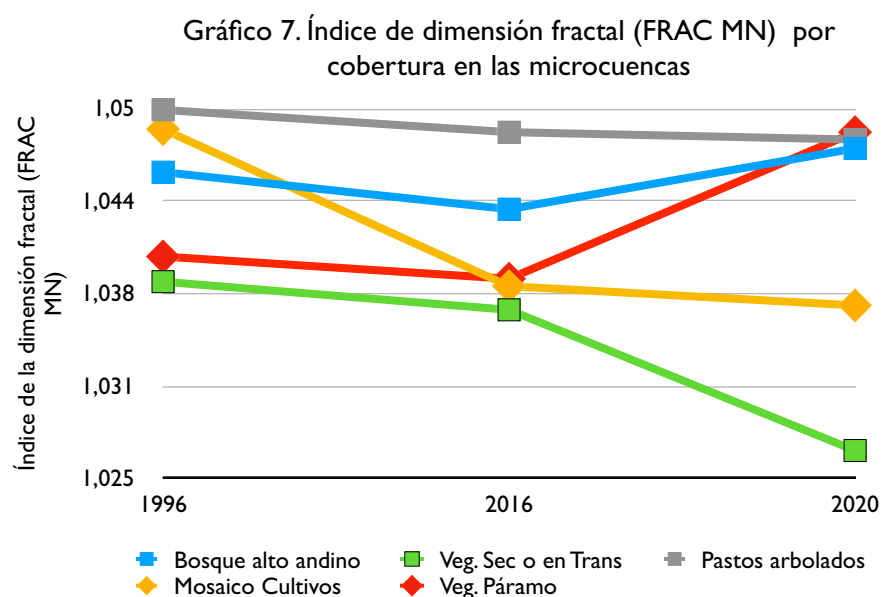
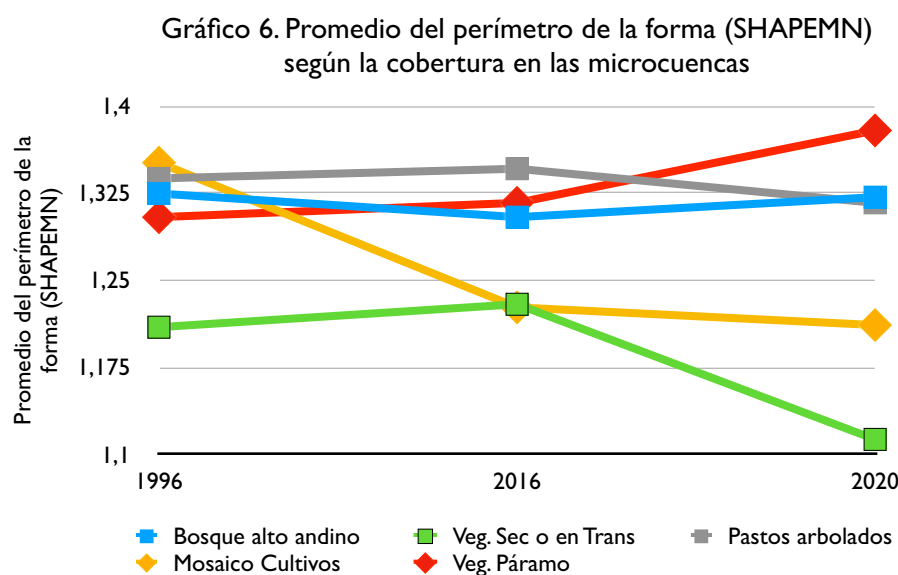
Para el año de 1996 se presentaban densidades de hasta 10 machas por cada bloque de 100 has (figura 31), en la cobertura de vegetación secundaria, y 7 manchas de la cobertura de mosaico de cultivos (gráfico 5 y figura 31). Sin

embargo, para la fecha mas reciente, la densidad es más baja, alcanzando apenas 4 manchas por cada bloque de 100 has (figura 31), lo que representa mayor compactación de esta cobertura; el bosque alto andino sufrió una ligera disminución en la densidad (3,4; 2;6, 2;1) lo cual quiere decir que las manchas perdieron dispersión (gráfico 5).



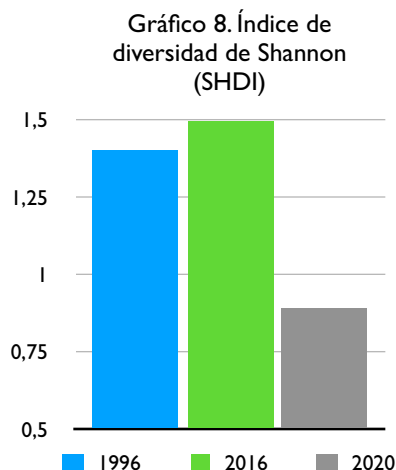
A pesar de que el panorama del paisaje en la zona de estudio, demuestra el fortalecimiento de la cobertura de bosque denso alto, las condiciones de la forma y organización de los parches por cada cobertura, indican que la zona de pastos arbolados es cada vez más compacta, presentando perímetros o formas más simples (polígonos regulares o polígonos irregulares con un menor número de lados).

Esto indica que los límites naturales (formas más complejas, no lineales) han ido disminuyendo en la parta alta y baja de las microcuencas, como resultado de una mayor actividad antrópica en estas dos zonas. Lo anterior, se identificó, a partir del promedio del perímetro de la forma (gráfico 6), y la dimensión fractal del área perimetral de los parches (gráfico 7).



Por último, según el índice de diversidad de Shannon's (gráfico 8 y figura 31) para el año 1996, el paisaje presentó un grado alto de diversidad, sin embargo el panorama de la zona de estudio sufrió diferentes transformaciones, como fue la compactación de la cobertura de pastos arbolados y del bosque (disminución de parches y aumento de extensión), lo cual llevó a observar un paisaje mucho más homogéneo para el año 2020.

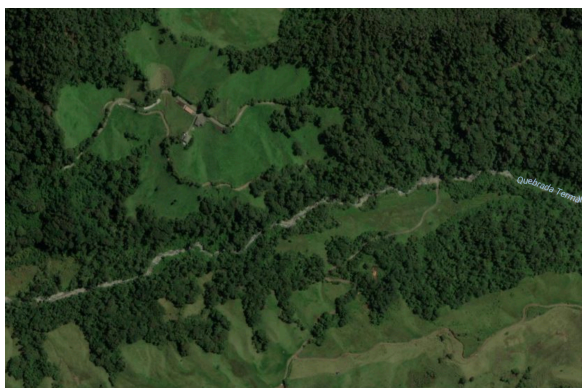
Esto implica que aunque algunas coberturas han aumentado (bosque alto andino), el paisaje sobre estas microcuencas es cada vez más homogéneo, predominando una gran extensión de bosque vinculado a los procesos de conservación y las actividades pecuarias, que actualmente tienen menor número de parches, una menor dispersión en el área de estudio, pero una mayor compactación, esto significa que ha aumentado la conectividad de cada cobertura. No obstante, el estado en que se encuentran los árboles de *P. sericea* en su biotopo, justo en la zona en que actualmente se están desarrollando más actividades pecuarias (por arriba de los 3.500 m.s.n.m) y donde se están estableciendo grandes extensiones de tierra para el pastoreo, no es positivo. Es decir, que a pesar de que la cobertura de bosque denso ha aumentado, el biotopo de *Polylepis* en la zona de estudio se ha visto afectado en los últimos 30 años, producto del posicionamiento de la actividad pecuaria en la parte alta de la microcuenca Termale.



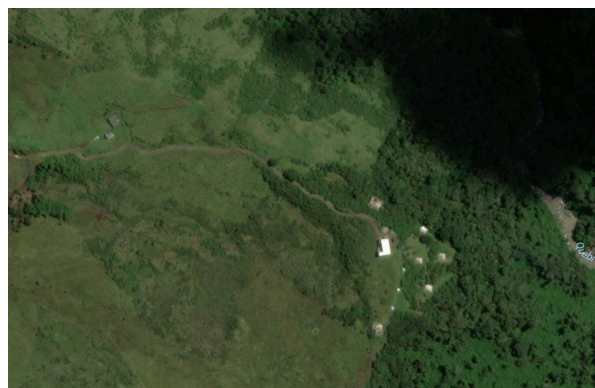
En síntesis, para el año 1996 ocurría un proceso de fragmentación del paisaje, en el cual existían un gran número de parches y tamaños de parches muy pequeños (tabla 9).

Sin embargo, este proceso cambió cuando desde el año 2016 el número de parches comenzó a disminuir, compactándose cada vez más las coberturas y aumentando por ende el tamaño de los parches. Es por ello, que actualmente el paisaje de la microcuenca Termale se encuentra en un proceso de homogenización, por sectores o partes de la microcuenca; en el cual, para las fechas futuras se observarán a nivel del paisaje, grandes bloques de cada tipo de cobertura, como es el caso de la gran extensión de zonas de pastoreo que se observa al occidente de la microcuenca Termale. Lo que representa la zona de

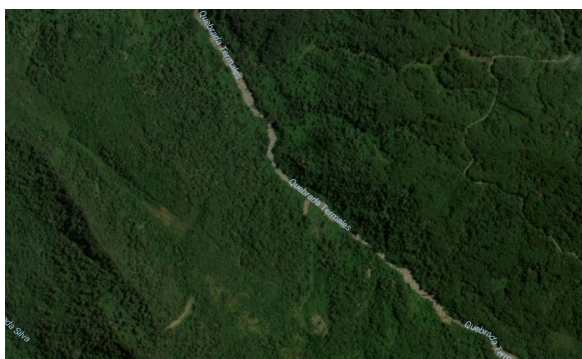
nacimiento de la misma y perjudica principalmente al biotopo de *P. sericea*, distribuido a lo largo de este drenaje y sus afluentes, precisamente entre los 3600 y 4100 m.s.n.m.



Parte media-baja: Pastos y bosque



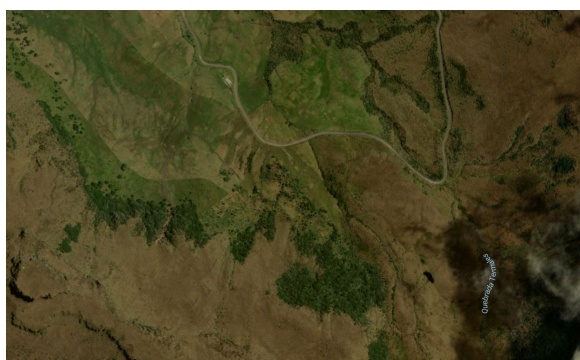
Parte media-alta: Pastos y glamping



Parte media: Bosque denso alto andino



Parte alta: Biotopo de *Polylepis*, pastos y bosque de galería



Parte alta: Zona de transición de pastos y bosque denso alto andino a páramo

Figura 32. Recortes de la imagen satelital reciente (2024) en la zona de la microcuenca Termales. Tomado de: Microsoft Bing Maps

En la figura anterior (figura 32) se muestran recortes de la imagen satelital reciente de algunos sectores de la microcuenca termales donde se evidencia lo mencionado anteriormente, en estos recortes se destacan los distintos tipos de cobertura que son predominantes en cada uno de los sectores de la microcuenca. En ellas se podrá corroborar los datos expuestos sobre las coberturas dominantes, y del proceso de homogenización del paisaje en las partes bajas (con predominio de pastos), en la zona media con el bosque alto andino y en la parte alta con pastos, agricultura y bosques de galería, donde se encuentra el *P. sericea*, y vegetación de páramo.

7. Conclusiones

Según los resultados encontrados y la síntesis realizada a partir de las tres fechas estudiadas, se puede identificar que:

- La cobertura natural de bosque alto andino ha aumentado significativamente en la zona de estudio, compactándose mas que en la década del 90 y duplicando su cobertura en hectáreas. La vegetación herbácea de tierra firme se ha mantenido y presenta una leve recuperación. Sin embargo, el biotopo de *P. sericea* ubicado entre los 3.600 y los 4.100 m.s.n.m (mapa 13), en el suroeste de la microcuenca, se reconoce como una de las zonas más intervenidas, ya que actualmente se identifica una gran parcela dedicada a la actividad pecuaria.
- Si bien la cobertura de bosque alto andino ha aumentado, para el caso de la especie en cuestión, la distribución actual en la microcuenca Termales se encuentra reducida a los relictos de bosque en torno a la quebrada y a sus afluentes en un patrón “lineal” a partir de los 3.600 m.s.n.m. Estos se encuentran próximos a las zonas protegidas, ya que la presión antrópica fuera de estas áreas no permite una distribución más amplia de la especie.
- A nivel espacial, es posible identificar que en 1996 la cobertura vegetal del biotopo de *P. sericea* se encontraba en un corredor continuo entre el bosque alto andino y el subpáramo, sin embargo este corredor se perdió a causa de la compactación de la actividad pecuaria justo en la zona comprendida entre los 3.600 y los 4.100 m.s.n.m, situación que se evidencia con la disminución de parches de pastos arbolados y la homogenización del paisaje.
- El trabajo de campo permitió reconocer que el biotopo de *P. sericea* en la microcuenca Termales se presenta en pendientes ligeramente inclinadas, y sobre los taludes y zonas rocosas muy cerca a los drenajes; esto permite

concluir que este biotopo se desarrolla adecuadamente con altas condiciones de humedad.

- Las actividades agropecuarias que se desarrollan en la zona de estudio, las componen por una parte, los mosaicos de cultivos, en cabeza del sembrado de papa, y por otra, los pastos arbolados, los cuales ocupan el 10% de la cobertura de las microcuencas.
- Aunque la hipótesis planteada en la investigación, esperaba afirmar que las actividades agrícolas y pecuarias estaban afectando las coberturas vegetales de la zona de estudio, se logró reconocer que de manera general la extensión de coberturas vegetales naturales aumentaron en el 2020, con respecto a 1996, y aunque la afectación más notoria se provocó sobre el biotopo de *P. sericea*, la creación de la figura de Reserva Natural Bosques de la CHEC en el año 2002, en cabeza de Corpocaldas, permitió la recuperación de 2.480,9 hectáreas de bosque denso alto, es decir se recuperó un 30,2% de esta cobertura.
- Los usos del suelo recomendados actualmente por parte de las instituciones encargadas, no favorecen la conservación de las coberturas vegetales naturales, y por el contrario, favorecen el desarrollo de actividades agrícolas heterogéneas (según los términos utilizados por el IGAC para denominar los tipos de actividades) y pecuarias en zonas de especial importancia hídrica y ecosistémica.
- Según los análisis de la estructura del paisaje, las microcuencas Termales, Romerales, La María y La Oliva, se encuentran en un proceso espacial denominado homogenización, ya que estas coberturas son cada vez mas homogéneas y contienen menor cantidad de manchas, es decir, presentan una

estructura más simple y están determinadas principalmente por las zonas de protección (Reserva Natural Bosque de la CHEC y PNN Los Nevados)

- A pesar de que la figura del Parque Nacional Natural Los Nevados se estableció en desde el año de 1973, existe un gran parche de pastos arbolados en la zona de amortiguación del parque y dentro de ella. Esto implica investigar a una escala mayor el proceso ocurrido en esta zona, donde las actividades pecuarias se continúan realizando, a pesar de encontrarse dentro del área del parque. Aunque algunos propietarios se podían haber encontrado en esta zona desde antes de la constitución del mismo, es necesario cuestionarse (tras 50 años de su creación) ¿qué está ocurriendo con los procesos de concientización ambiental y ecológica dentro de una de las microcuencas del río Chinchiná?, cuando aún en la actualidad se sigue observando el aprovechamiento de la madera para uso doméstico.
- Finalmente, se reconocieron especies como *Alnus acuminata* en la zona alta del bosque andino en torno a la quebrada Termales, muy cerca a su nacimiento, esta se encontró próxima al *Polylepis sericea*. En la zona media de la *microcuenca* se identificaron especies como *Ceroxylon quindiuense*, también conocida como la Palma de Cera del Quindío, la cual se encuentra en riesgo de extinción alto, bajo la categoría de amenaza vulnerable (V). Además la parte alta de la microcuenca, se encuentra actualmente con cobertura de Frailejones, acompañada de pajonales y arbustos. Esto indica la especial importancia ecosistémica e hídrica de la microcuenca Termales para el municipio de Villamaría, el departamento de Caldas y la región.

8. Recomendaciones

- Las autoridades ambientales con competencia en la zona de estudio (Parques Nacionales y Corpocaldas), deben trabajar conjuntamente para que las estrategias de conservación sean mucho más eficientes. Esto implica labores de concientización ambiental a turistas, campañas de reforestación de especies de de bosque alto andino y procesos de restauración y cuidado de páramos; especial atención a las actividades agropecuarias a las actividades económicas relacionadas con la conservación (ecoturismo, turismo sostenible, turismo deportivo), para que tengan un menor impacto sobre las coberturas naturales de esta microcuenca.
- Reevaluar los usos recomendados del suelo actuales, tomando como punto de referencia la importancia hídrica y ecosistémica que posee esta microcuenca y las aledañas, las que generan una parte importante del caudal del río Chinchiná, del cual se abastecen varios municipios del departamento.
- De igual manera, se resalta la iniciativa de reconocimiento de la especie *Polylepis sericea* con el proceso de georreferenciación de estos árboles dentro del PNN Los Nevados y las iniciativas de reforestación a pequeña escala de la Reserva Natural Bosques de la CHEC; sin embargo, este proceso de recuperación de hectáreas de bosques debe fortalecerse y ampliarse cada vez más para proteger uno de los ecosistemas más importantes del país.
- Extender las zonas de actuación de parques nacionales con guardabosques que puedan ejercer mayor control y vigilancia sobre el territorio, y así lograr evitar la tala de especies como el *Polylepis sericea*.
- Es necesario que las entidades gubernamentales y no gubernamentales aúnen esfuerzos para realizar un censo de la especie *P. Sericea*, que permita obtener

datos precisos para reconocer el estado actual de los individuos en medio del bosque denso alto y emprender acciones para su conservación, principalmente en la parte alta de la microcuenca Termiales.

9. Bibliografía

ALCALDIA DE MANIZALES; Plan de Ordenamiento Territorial de Manizales; Alcaldía de Manizales, s.f: Capitulo 2; [Consultado: 13 de diciembre, 2023] Disponible en: <https://www.manizales.gov.co/RecursosAlcaldia/201505201527495730.pdf>

ARELLANO PEÑA, Henry; RANGEL, Jesús. Los bosques de Polylepis en Colombia: riqueza y amenazas para su conservación. Documento de trabajo “ESPERANZA PARA LOS BOSQUES DE POLYLEPIS. Colombia: Proaves; 2007. p. 2 Taller nacional: DOI: 10.13140/RG.2.2.14307.55849

CABRERA, Maríán & RAMIREZ, Wilson; Restauración ecológica de los páramos de Colombia: Transformación y herramientas para su conservación; Bogota D.C, editado por Maríán Cabrera y Wilson Ramirez, 2014; p. 9

CARACOL RADIO. [sitio web]: Con microtuneles se conservan los cultivos en el páramo de letras. [Consulta: 10 octubre 2022]. Disponible en: https://caracol.com.co/programa/2020/11/28/al_campo/1606595772_259237.html

CASASBUENAS, Liliana & HERNANDO, Luis; EFECTO DEL CULTIVO DE PAPA SOBRE LA FAUNA EDÁFICA EN EL PARAMO DE GUERRERO; En: U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica; 2007; 13; pp 31-42. Disponible en: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/582/513#:~:text=El%20cultivo%20de%20papa%2C%20tiene,los%20suelos%20inestables%2C%20propensos%20a>

CECEÑA, Martha; GONZÁLEZ, Ricardo; SOLIS, Aurora; DELGADILLO, José; MENDOZA, Luciana; RUBIO, Alfredo; Evaluación de cambios en la cobertura vegetal en Isla Guadalupe mediante índices de vegetación; En: Madera y Bosques; Primavera, 2021; vol. 27; num 1; pp. 21

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 99; (22, diciembre, 1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 2811; (18, diciembre, 1974). Por la cual se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.

COLOMBIA; CORPOCALDAS; (02, julio, 2002). Por el cual se declara como Reserva Forestal Protectora los Bosques de la CHEC. Disponible en: <https://>

es.scribd.com/ document/237448855/Acuerdo-Corpocaldas-009-de-2002-Area-de-Reserva

COMISIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA & ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Estado de la información forestal en Colombia. Santiago, Chile: FAO, 2002; vol 3; Disponible en: <https://www.fao.org/3/AD392S/AD392s10.htm>

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC); Selva Pluvial Tropical del Departamento del Valle del Cauca, Colombia; Dirección técnica Ambiental; 2006; ISBN: 958-8094-99-2

CORPOCALDAS; Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Chinchiná Departamento de Caldas –POMCA CHINCHINÁ; 2022; Tomo 1. Disponible en: https://www.corpocaldas.gov.co/PreviewContent/Index?pag_id=2274

CORPOCALDAS; Acuerdo 009; Por el cual se declara como Reserva Forestal Protectora los Bosques de la CHEC. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/237448855/Acuerdo-Corpocaldas-009-de-2002-Area-de-Reserva>

CUETO, Ivonne. Colonización y frontera agropecuaria en Colombia (De la gesta heroica de modernización, hasta el desarraigo forzado y la disminución de nuestra biodiversidad como producto de nuestra búsqueda del desarrollo). En: Punto de Vista. Agosto, 2011, 92-108.

CUATRECASAS, Jose; Aspectos de la vegetación natural de Colombia; Smithsonian Institution; Washington D.C; pp.46. Disponible en: https://www.accefyn.com/revista/Volumen_10/40/221-264.pdf

CUYCKENS, Griet & RENISON, Daniel. Ecología y conservación de los bosques montanos de Polylepis (Una introducción al número especial). Asociación argentina de ecología, 2018. No 1-bis. vol 28. p. 158. https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/766/317

DEFINICIÓN.DE; Definición de biocenosis; [Sitio web]; s.f. Disponible en: <https://definicion.de/biocenosis/>

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE); Atlas Estadístico (Tomo I Demográfico); El territorio colombiano; [Sitio web]; DANE; Consultado: 11 de diciembre, 2023; Disponible en: https://geoportal.dane.gov.co/servicios/atlas-estadistico/src/Tomo_I_Demografico/1.1.-el-territorio-colombiano.html

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM); 2021; Cuenta Ambiental y

Económica de Bosque (CAE-B) 2012 – 2018, Bogotá D.C. 88 pp. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/cae-b/documento-cuenta-ambiental-economica-bosque-series2012-2018.pdf [Consultado: 10 diciembre, 2023]

DIAZ, Laura; TORRUCO, Uri; MARTINEZ, Mildred; VARELA, Margarita. La entrevista, recurso flexible y dinámico; En: ELSEVIER; julio-septiembre 2013; vol. 2; pp. 162-167. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349733228009>

EDUMEDIA. Ecosistema de los estanques (biocenosis y biotopo). [Sitio web]. [s.f] Disponible en: <https://www.edumedia.com/es/media/140-ecosistema-de-los-estanques-biocenosis-y-biotopo>

ENCICLOPEDIA HUMANIDADES; “Selva”; [Sitio web]; Argentina; Etecé. Última edición: 23 enero, 2023; Consultado: 11 diciembre, 2023. Disponible en: <https://humanidades.com/selva/>

ESPINOZA BOZA, Tatiana & KESSLER, Michael. A monograph of the genus *Polylepis* (Rosaceae). En: Phytokeys. Agosto, 2022. vol. 203. 1-274 Disponible en: <https://phytokeys.pensoft.net/article/83529/>

ESPITIA VILLARAGA, Edgar. Bosques de *Polylepis* (Rosaceae): Biodiversidad, distribución y vulnerabilidad en la cordillera Oriental de Colombia; Maestría. Bogotá. Universidad de los Andes. 2018. pp. 67. <https://repositorio.uniandes.edu.co/flexpaper/handle/1992/44306/u827061.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=1>

FAJARDO, Francisco; INFANTE, Jhon; CABRERA, Diego. Modelización de la distribución potencial del género *Polylepis* en Colombia y consideraciones para su conservación. En: Ecología austral. Abril, 2018. vol 28. no 1. p. 20.

FRAGSTATS; Documentación [Sitio web] [Consultado el: 1 febrero, 2024] Disponible en: <https://www.fragstats.org/index.php/fragstats-metrics/patch-based-metrics/diversity-metrics/l4-shannons-diversity-index>

FORMAN, Richard; Land mosaics: the ecology of landscapes and regions; 1995; Cambridge University Press: United Kingdom, 1995; 656 pp. ISBN: 0-521-47462-0

GLOBAL CORE BIODATA RESOURCE. Species. [Sitio web]. Disponible en: <https://www.gbif.org/es/species/5370573>

GLOBAL CORE BIODATA RESOURCE. Occurrence. [Sitio web]. Disponible en: <https://www.gbif.org/es/occurrence/1842878161>

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos & BAPTISTA LUCIO, Pilar. Metodología de la investigación. 5a. ed. México: McGraw-Hill, 2010.

HOLDRIDGE, Leslie Ransselaer. Ecología basada en zonas de vida. Costa Rica, Ed IICA, 1978. 217 pp. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7936/BVE19040225e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM); Clasificaciones climáticas Colombia; IDEAM. [Consultado el 14 de diciembre, 2023] Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/climas+%5BModo+de+compatibilidad%5D.pdf/d8c85704-a07a-4290-ba65-f2042ce99ff9>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM); Leyenda Nacional de Coberturas CORINE Land Cover adaptada para Colombia 1:100.000; Bogota D.C; Instituto de Hidrología; Meteorología y Estudios Ambientales; 2010; 72 pp. ISBN 978-958-806729-2

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Mapa de Coberturas vegetales, uso y ocupación del espacio en Colombia. Bogotá, 1996.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Proyecto Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono; Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental (SMBYC), Grupo de Bosques 2019; Bogotá, D. C, 2019.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM); Presentación del mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos (MEC) Escala 1:100000; 2017; Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Humboldt, INVEMAR, IIAP, Parques Nacionales Naturales, IGAC, Instituto SINCHI, Instituto De Investigación De Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, D.C. Alianza Ediprint Ltda. - Guerra Editores. 2011. pp. 68; 978-958-8343-56-3. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/24277/0/Presentaci%C3%B3n+MEC/a1f68b8e-7855-42b0-b46e-176bdb6e1b02> [Consultado: 13 diciembre, 2023]

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Promedios Climatológicos 1981-2010. https://www.academia.edu/29612396/Promedios_Climatol%C3%B3gicos_1981_

JAMESON, Joanne & RAMSAY, Paul. Changes in high-altitud Polylepis forest cobert and quality in the cordillera de Vilcanota, Perú, 1956-2005. En: Biological conservation. Mayo, 2007, vol.138, 38-45.

JUNTA DE ANDALUCIA. La fragmentación del paisaje como principal amenaza a la integridad del funcionamiento del territorio; s.f. p. 99. Disponible en: <https://>

www.juntadeandalucia.es/medioambiente/documentos_tecnicos/integra_territorial/integ2.pdf

KESSLER, Michael. Bosques de Polylepis. En: Botánica Económica de los Andes Centrales. 2006. pp. 110-120. <https://beisa.au.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdf/Capitulo%2007.pdf>

KITCHIN, R. & TATE, Nicolas J. Conducting Research in Human Geography: Theory, Methodology and Practice. Essex: Pearson, 2000. pp. 1-27

MACARTHUR, Robert & WILSON, Edward. The theory of island biogeography. 1967. pp. 224. ISBN 9780691088365

MINISTERIO DEL AMBIENTE; ¿Cuántos bosques hay en el mundo y cuál es su impacto económico?; [Sitio web]. Perú. <https://www.minam.gob.pe/programa-bosques/cuantos-bosques-hay-en-el-mundo-y-cual-es-su-impacto-economico/>

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE; Recuperación de cobertura vegetal en áreas disturbadas; Departamento Nacional de Planeación, 2022; pp. 48; Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/Guia-Metodologica-PT-Cobertura-Vegetal.pdf>

MONGABAY. Colombia: La ganadería extensiva está acabando con los bosques. [Sitio web]. 7 de enero, 2017. [Consultado: 20 junio, 2024]. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2017/01/colombia-ganaderia-deforestacion/>

NASA; El Niño/La Niña Watch & PDO [sitio web]; s.f; Jet Propulsión Laboratory; [Consultado 15 febrero, 2024] Disponible en: <https://sealevel.jpl.nasa.gov/data/el-nino-la-nina-watch-and-pdo/el-nino-2015/>

LEVINS Richard; Some demographic and Genetic Consequences of Environmental Heterogeneity for Biological Control. En: Bulletin of Entomology Society America; 1969; vol.15, p. 237-240.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO); Evaluación de los recursos forestales mundiales; Roma, FAO, 2010; pp. 346; Disponible en: <https://www.fao.org/3/i1757s/i1757s00.htm>; ISBN 978-92-5-306654-4

RANGEL, Jesus & GARZÓN, Aida. Parque nacional naturales Los Nevados (con referencia especial al Transecto de Ecoandes 1980). Colombia diversidad biótica. Universidad Nacional, Bogotá, 1995; pp. 442, vol 1; 958-608-112-5

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (RAE); [Sitio web]; Biotopo; Madrid. Disponible en: <https://dle.rae.es/biotopo#>

RIVERA, D. y RODRIGUEZ, C. Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia.. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial &

ROMERO RINCON, Jhon; El bosque Alto-Andino: una oportunidad para llevar al educando al aprendizaje significativo y a las estrategias de conservación; Maestría; Bogotá D.C; Universidad Nacional de Colombia; 2012; pp. 207. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/10805/1186494.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RUNDEL Phillip; SMITH Alan; Meinzer F. Tropical Alpine Environments: Plant Form and Function; Cambridge University Press; 2008; ISBN 0521054117

SÁNCHEZ, Francisco & PONTES, Alfonso. La comprensión de conceptos de ecología y sus implicaciones para la educación ambiental. En: Eureka Enseñanza Divulgación Científica. 2010. Vol. No Extraordinario. p. 271-285.

SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA; Coberturas de la Tierra 100K; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f; [Consultado: 15 de diciembre, 2023]; Disponible en: <http://www.siac.gov.co/coberturas-de-la-tierra1>

SMITH, Alan. Establishment Of Seedlings Of *Polylepis sericea* In The Paramo (Alpine) Zone Of The Venezuelan Andes. Smithsonian Tropical Research Institute, Canal Zone and Department of Biology, 1978. No 45. p. 14.

UNIVERSIDAD NACIONAL. Bosques de Polylepis, vitales contra el cambio climático. En: Agencia UNAL. 2021. No 352. <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/bosques-de-polylepis-vitales-contra-el-cambio-climatico>

VAN DER HAMMEN, Thomas. Historia y tolerancia de los ecosistemas parameros. Caracas, El medio ambiente páramo, 1979.

WORLD CLIM. Datos Climáticos Históricos. [Sitio web] Consultado: 11 de noviembre, 2023. Disponible en: <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>

WWF. [sitio web]. Bogotá. Soy páramo, soy vida. [Consulta: 29 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.wwf.org.co/?204268/Soy-pramosoy-vida>

ZUTTA, Brian. RUNDEL, Phillip. SAATCHI, Sassan. CASANA, Jorge. GAUTHIER, Paul. SOTO, Aldo. VELAZCO, Yessenia. BUERMANN, Wolfgang. Prediciendo la distribución de Polylepis: Bosques andinos vulnerables y cada vez mas importantes. En: Revista Peruana de Biología. Noviembre, 2012, 19(2) 205-212.