

APORTE A LOS LINEAMIENTOS PARA LA DELIMITACIÓN DE PÁRAMOS EN
COLOMBIA, CASO CONCESIÓN DE CARBÓN EN LA VEREDA TRAS DEL ALTO
TUNJA-BOYACÁ-ALTIPLANO CUNDIBOYACENSE

JUAN CAMILO DELGADO GONZÁLEZ

STEPHANIA MARTÍNEZ TÉLLEZ

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES (U.D.C.A.)

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES E INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y AMBIENTAL

BOGOTÁ D.C.

2018

APORTE A LOS LINEAMIENTOS PARA LA DELIMITACIÓN DE PÁRAMOS EN
COLOMBIA, CASO CONCESIÓN DE CARBÓN EN LA VEREDA TRAS DEL ALTO
TUNJA-BOYACÁ-ALTIPLANO CUNDIBOYACENSE

JUAN CAMILO DELGADO GONZÁLEZ

STEPHANIA MARTÍNEZ TÉLLEZ

Director: Hernán Javier Díaz Perdomo

Profesional en Biología, Msc en Ciencias Geomáticas y candidato a PhD en Ciencias
Geográficas

Codirector: Lorena Paola Cárdenas Espinosa

Profesional físico, Especialista en Docencia para la Educación Superior

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES (U.D.C.A.)

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES E INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y AMBIENTAL

BOGOTÁ D.C.

2018

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C., julio 13 de 2018

CONTENIDO

RESUMEN	10
1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2.1 Problema de investigación	13
2.2 Hipótesis.....	16
2.3 Objetivos	16
Objetivo general.	16
Objetivos específicos.	16
2.4 Justificación.....	16
3. REVISION DE LITERATURA	17
3.1 Marco geográfico.	17
3.2 Marco legal.....	19
3.3 Antecedentes	21
3.4 Marco conceptual	24
3.4.1 Ecosistemas de alta montaña	24
3.4.2 Páramos en Colombia.....	25
3.4.3 Delimitación de páramos en Colombia	27
3.4.3.1 Componente biogeofísico	27
3.4.3.1.1 Identificación de la franja de páramo bajo y subpáramo y su variabilidad biofísica en el gradiente altitudinal.	27
3.4.3.1.2 Identificar el modelado y los procesos morfogénicos en los paisajes de páramo.	29
3.4.3.1.3 Reconocer la presencia de ecotonos y ecoclinas en el límite inferior del páramo.	31
3.4.3.1.4 Evaluar la dinámica y función hidrológica	32
3.4.3.2 Componente de integridad ecológica.....	34
3.4.3.2.1 Evaluar la conectividad entre el bosque altoandino y el páramo.....	34
3.4.3.2.2 Reconocer la variabilidad de la franja inferior del páramo frente al cambio climático.....	35
3.4.3.3 Componente socio-cultural	35
3.4.3.3.1 Participación social en la definición y manejo de los páramos.	36
3.4.3.3.2 Identificación de páramos antropizados.....	37

5.1.1.1.2 Identificar el modelado y los procesos morfogénicos en los paisajes de páramo.	58
5.1.1.1.3 Reconocer la presencia de ecotonos y ecoclinas en el límite inferior del páramo.	60
5.1.1.1.4 Evaluar la dinámica y función hidrológica.	62
5.1.1.2 Integridad Ecológica.	68
5.1.1.2.1 Evaluar la conectividad entre el bosque Altoandino y el páramo.	68
5.1.1.2.2 Reconocer la variabilidad de la franja inferior del páramo frente al cambio climático.	73
5.1.1.3 Componente sociocultural	76
5.1.1.3.1 Participación social en la definición y manejo de los páramos	76
5.1.1.3.2 Identificación de páramos antropizados.	79
5.1.1.3.3 Concordancia del límite de páramo con la estructura predial.	81
5.1.2 Análisis de limitaciones dentro de la guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos y su posible cumplimiento.	83
5.2 Identificar el cambio del uso del suelo y cobertura vegetal en la zona de estudio.	88
5.3 Proponer ajustes para la guía de delimitación de páramos en Colombia.	92
6. ANALISIS DE RESULTADOS.	93
6.1 Componente biogeofísico.	93
6.2 Componente de integridad ecológica	97
6.3 Componente socio-cultural	104
6.4 Identificar cambios en el uso del suelo (análisis multitemporal)	106
6.5 Proponer ajuste para la guía de delimitación de páramos en Colombia.	108
7. CONCLUSIONES	110
8. RECOMENDACIONES.	111
REFERENCIAS.	112
8. ANEXOS	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la superposición de la concesión minera y el área delimitada como páramo. (Fuente: Elaboración propia).	15
Figura 2. Mapa de ubicación zona de estudio. Elaboración propia	18
Figura 3 Mapa de páramos en Colombia.(Fuente Instituto Humboldt,2012)	26
Figura 4. Pisos morfogénicos de la alta montaña. (Fuente: Rivera y Rodríguez (2011)).....	30
Figura 5. Esquema de la variación de vegetación en el gradiente ambiental de páramo (Ecoclinas). (Fuente: Rivera y Rodríguez (2011)).....	32
Figura 6. Esquema de la variación de vegetación en el gradiente ambiental de páramo (Ecotonos). (Fuente: Rivera y Rodríguez (2011)).	32
Figura 7 Flujo de agua en el páramo y en la alta montaña. (Fuente: Rivera y Rodríguez (2011))	33
Figura 8 Cartografía social en la escuela La Esperanza (Foto de los autores)	48
Figura 9 Cartografía social con los mineros de la zona de estudio.(Foto de los autores).....	49
Figura 10 Mapa de alturas en la concesión minera.(Fuente: Elaboración propia).....	54
Figura 11 Valle y modelado fluvial en la fotografía aérea de 1985 (Fuente: Elaboración propia).	59
Figura 12 Valle y modelado fluvial en el DEM (ALOSPALSAR) (Fuente: Elaboración propia).	59
Figura 13 Ecotono y ecosistema agrícola desde la zona de estudio (Foto de los autores).	61
Figura 14 Ecotono y ecosistema agrícola desde la fotografía aérea (Fuente: Elaboración propia).	61
Figura 15 Mapa geológico del municipio de Tunja. (Fuente: Elaboración propia).....	63
Figura 16 Mapa geológico de la zona de estudio. (Fuente: Elaboración propia).	64
Figura 17 Mapa hidrológico de la zona de estudio. (Fuente: Elaboración propia).....	67
Figura 18 Reconocimiento espacial de la vegetación no nativa (Fuente: Elaboración propia a partir del mosaico obtenido de las imágenes capturadas con el dron).....	72
Figura 19 Climograma de la estación climática de la UPTC para los años de 1976 a 2005. (Fuente: Elaboración propia).	73
Figura 20 Gráfico de variabilidad climática de los años 1976 a 2005(Fuente: Elaboración propia).	75
Figura 21 Diagrama de torta de las actividades económicas. (Fuente: Elaboración propia).....	77

Figura 22 Cartografía social elaborada por los mineros de la zona (Fuente: Ejercicio de cartografía social realizado por los autores)	78
Figura 23 Fotografía aérea y área de páramo.(Fuente: Elaboración propia).	80
Figura 24 Mapa de predios y veredas en la concesión minera. (Fuente: Elaboración propia)	82
Figura 25 Gráfico de análisis cuantitativo de los elementos de estudio. (Fuente: Elaboración propia).	88
Figura 26 Interpretación visual de la fotografía aérea de 1985.(Fuente: Elaboración propia).	89
Figura 27 Interpretación visual de la fotografía aérea de 2007.(Fuente: Elaboración propia)	90
Figura 28 Interpretación visual de la fotografía aérea de 2018. (Fuente: Elaboración propia)	91
Figura 29 Suelo afectado por plaguicida y agroquímicos. Fuente: propia	95
Figura 30 Polígonos de Thiessen (área de influencia) (Fuente: Elaboración propia a partir de las estaciones del IDEAM).....	98
<i>Figura 31 Climograma para Tunja años 1981-2010. Fuente: Cortés (2013)</i>	<i>99</i>
Figura 32. Climograma de la estación climática UPTC para 1976-2005. Elaboración propia...	100
Figura 33. Escenarios de cambio climático 2011-2100	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Leyes, Decretos y Resoluciones relacionadas con el problema de investigación	20
Tabla 2. Franjas altitudinales de los páramos.	29
Tabla 3. Especificaciones técnicas del insumo del modelo de elevación digital (DEM) sin procesar.	43
Tabla 4. Ficha técnica de la fotografía aérea y DEM	44
Tabla 5 Especificaciones técnicas y características de las fotografías aéreas (1985-2007 sin procesar).....	51
Tabla 6. Especies vegetales identificadas en la zona de estudio.....	55
Tabla 7 Bosques no nativos en la zona de estudio.....	69
Tabla 8 Actores sociales involucrados en la participación social.....	76
Tabla 9 Presentación de los datos obtenidos en la escuela La Esperanza	76
Tabla 10 Lista de limitaciones de la guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos en Colombia.....	84

Tabla 11 Registro histórico de fenómenos de El Niño y La Niña. Fuente: ONI (2015)	102
Tabla 12 Temperatura y precipitación para Tunja de 2011- 2100.....	103

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Mina de carbón en la zona de estudio Fuente propia	123
Anexo 2 Zona de estudio en la parte alta Fuente propia.....	123
Anexo 3 Cultivos	124
Anexo 4 Transformación de la zona	124
Anexo 5 Reservorio o jagüey.....	125
Anexo 6 Antigua bocamina con colapso de la zona superior	125
Anexo 7 Bocamina antigua inundada	126
Anexo 8 Bocamina clausurada.....	126
Anexo 9 Planta de tratamiento de aguas salientes de la mina.....	127
Anexo 10 cartografía social con los mineros.....	127
Anexo 11 Cartografía social en la escuela La Esperanza	128

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se estudió la problemática y se elaboró una propuesta que permitiera buscar una salida al conflicto que se presenta en la sección de la vereda Tras del Alto en el municipio de Tunja, departamento de Boyacá. Este consiste en la superposición de una concesión minera y una zona delimitada como páramo por el Instituto de Investigación Alexander von Humboldt, asimismo se evidenció una constante intervención antrópica sobre estas áreas.

En el nivel local se evaluaron los criterios para la delimitación de páramos en Colombia, establecidos por el Instituto Humboldt y el actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), en el que se contemplan tres componentes: el biogeofísico para la identificación de variabilidad biológica y física así como su biodiversidad y su constante cambio funcional realizado por medio del reconocimiento de la franja inferior del páramo, la vegetación, geoformas y modelados, y la dinámica hidrológica; la integridad ecológica se encarga del funcionamiento del ecosistema paramuno mediante el reconocimiento del bosque altoandino y la variabilidad de la franja baja de páramo frente al cambio climático realizado con la ayuda de la estación meteorológica de la UPTC, y el sociocultural en el que se pretende entender al páramo no solo como un ecosistema, sino como un territorio colectivo con variedad de actividades económicas y culturales identificando la presencia de páramos antropizados, la estructura predial dentro de este ecosistema; además, con el fin de profundizar el aspecto social presente en la guía, se realizaron talleres de cartografía social dirigidos a grupos focales en la zona de estudio; lo anterior permitió, evidenciar la percepción local que se tiene del territorio, de igual forma se efectuó un análisis multitemporal por medio de fotografías aéreas para evidenciar los cambios o variaciones que se han presentado en un periodo de tiempo establecido. Lo anterior permite establecer que la zona de estudio no presenta características propias del ecosistema de páramo, por lo que es conveniente

reformular la delimitación en esta zona, ya que ha causado conflictos de tipo social, económico y ambiental.

1. INTRODUCCIÓN

Las interacciones del ser humano con los ecosistemas de alta montaña han tenido una serie de connotaciones a lo largo de la historia. Las diversas formas de correlación con este tipo de ambientes han influido de forma singular en la conservación o fragmentación del mismo en forma progresiva (Castaño, 2003).

Los páramos se han convertido en forma de vida para los habitantes circundantes a ellos por los servicios ecosistémicos que prestan, Laverde (2008) resalta la importancia del recurso hídrico para el aprovisionamiento, la purificación y regulación del agua, además reconoce el servicio de abastecimiento de alimentos en la parte baja del páramo por medio de actividades agrícolas dadas las condiciones climáticas y edafológicas que presenta el ecosistema; a su vez, almacenan y capturan gas carbónico que se encuentra suspendido en la atmosfera, contribuyen en la regulación de climas regionales y la mayoría de las veces están ligados a culturas ancestrales (Rivera y Rodríguez, 2011).

Debido a que el ecosistema se presta para las actividades anteriormente mencionadas se ha generado de forma radical una alteración de estos ecosistemas, por ejemplo, asentamientos humanos, captación de agua, prácticas agropecuarias y agrícolas, e intereses particulares de agentes externos como la minería, lo que disminuye gradualmente la capacidad de almacenamiento de agua en la vegetación y en el suelo (Cortés y Sarmiento, 2013). Por estas razones, surge la necesidad de trazar un límite para la protección de estos ecosistemas frente a los diferentes actores

sociales circuncidantes a él, con el fin de evitar la alteración de las características funcionales del páramo y en este sentido garantizar su protección.

La vereda Tras del Alto y sus alrededores se caracterizaban por la presencia ancestral de grupos indígenas Muisca del pueblo de Hunza, hoy conocido como Tunja, que en la época pre-colonial era apreciada como una zona para la realización de ceremonias sagradas y pinturas conmemorativas, lo que ha generado que en la actualidad sea un sitio considerado de patrimonio histórico y conservación (Vaughan, Torres y Pradilla, 2010).

Posteriormente, durante el siglo XIX las tierras altas del Altiplano Cundiboyacense se enfrentaron a un aumento de población, sobretodo en el municipio de Tunja y Tundama (provincia del departamento de Boyacá) albergando cerca del 30 % de la población nacional (Flórez y Romero, 2010). Esto generó un alto régimen de tierras cultivadas, en el que el principal producto para la comercialización fue el trigo, seguido del maíz y por último el cultivo de papa, supliendo la demanda a nivel nacional (Ruiz, 2014).

No obstante, la agricultura no era el único medio de sustento para las personas que habitaban en las cercanías o dentro del Altiplano Cundiboyacense, ya que hasta años recientes se reconoció que estos habitantes realizaban la explotación de arcillas para la construcción de viviendas y la ubicación de estas, era en la misma zona donde se extraía el mineral (Avellaneda, 2013); de igual forma, la comisión corográfica bajo la dirección del IGAC (2003), describió la situación minera en el municipio de Tunja, basada en la fabricación de herramientas y clavos que eran utilizados principalmente en la agricultura y explotación de carbón.

Actualmente, las prácticas de exploración y explotación minera pueden ser realizadas en diferentes partes del país de acuerdo con los intereses de las compañías mineras, siempre y cuando estas

cumplan con los parámetros establecidos para su realización. Una de las grandes restricciones para llevar a cabo estas prácticas, es la presencia de ecosistemas estratégicos de páramos, pues la Ley 1382 (2010) considera a las áreas de páramo excluibles de toda actividad minera conforme a la cartografía otorgada por el Instituto de Investigación Alexander von Humboldt (2012).

En la vereda Tras del Alto ubicada en el municipio de Tunja del departamento de Boyacá se identificó la superposición de una concesión minera con fines de explotación de carbón, con la delimitación de una zona de páramo realizada por el Instituto de Investigación Alexander von Humboldt a escala regional (1:100.000) según la descripción presente en la guía para la delimitación de páramos en Colombia (Rivera y Rodríguez, 2011). Allí se tuvieron en cuenta los criterios técnicos, sociales, ambientales y económicos establecidos por el hoy conocido Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) en compañía del Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Problema de investigación

En la vereda Tras del Alto del municipio de Tunja, existe la superposición de un área clasificada como zona de páramo según estudios regionales del Instituto Humboldt, con una concesión minera para fines extractivos de carbón. Asimismo, se evidencia la presencia de asentamientos humanos que realizan actividades de tipo agropecuario (Figura 1).

Dicha delimitación ha causado la suspensión de la explotación minera afectando la producción y el desarrollo económico de la zona, amparada en la Ley 1382 (2010) que protege estos ecosistemas de toda actividad correspondiente a la extracción de minerales. Por otro lado, el sentido de conservación no se tiene en cuenta por parte de los agricultores debido a la falta de conocimiento

sobre la situación actual en la que se encuentran, puesto que las entidades encargadas y el Estado no se han hecho presentes para la divulgación de esta información.

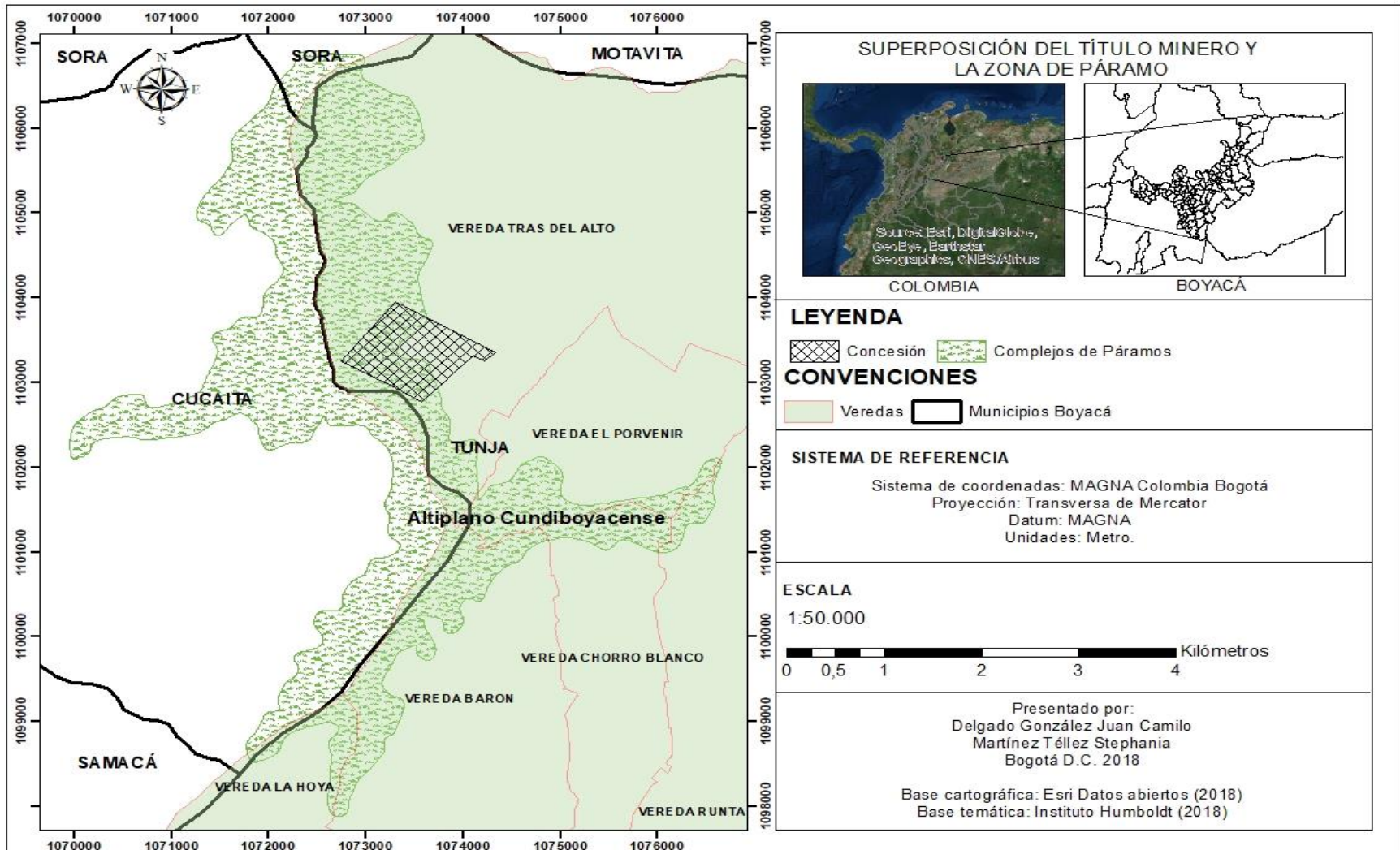


Figura 1. Mapa de la superposición de la concesión minera y el área delimitada como páramo. (Fuente: Elaboración propia).

2.2 Hipótesis

Mediante la comprobación de los parámetros establecidos en la guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos en Colombia, el estudio de los factores que influyen en la problemática local y el análisis de la percepción de los actores sociales involucrados, será posible identificar el uso adecuado del polígono en estudio, de forma que se pueda aportar a la solución del conflicto presente.

2.3 Objetivos

Objetivo general.

Realizar aportes a los lineamientos de delimitación de páramos en Colombia, caso concesión de carbón en la vereda Tras del Alto, Tunja – Boyacá – Altiplano Cundiboyacense

Objetivos específicos.

- Verificar la delimitación realizada por el Instituto Humboldt en la zona de estudio bajo los criterios establecidos en la guía divulgativa para la delimitación de páramos en Colombia.
- Identificar el cambio del uso del suelo y de la cobertura vegetal en la zona de estudio.
- Proponer ajustes en la guía de delimitación de páramos en Colombia a una escala local.

2.4 Justificación

La delimitación del páramo del Altiplano Cundiboyacense se realizó a una escala regional (1:100.000), y a pesar de que la guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos en Colombia tenga en cuenta aspectos biogeofísicos, socioculturales y de integridad ecológica, no siempre esta información es completa, puesto que no se realizan estudios minuciosos en campo ni estudios a nivel local. Además, cuando se realiza la delimitación del páramo, las comunidades que se encuentran dentro de esta, deben promover el cuidado y la conservación del mismo, reduciendo

la magnitud de sus actividades, lo que genera que la economía tanto de las personas como de la zona se vea afectada. En este sentido, se busca realizar un estudio a nivel local, evaluando los criterios biogeofísicos, socioculturales y de integridad ecológica que se tuvieron en cuenta al momento de realizar la demarcación de la sección estudiada, de igual forma, identificar los cambios en el uso del suelo con el fin de proponer ajustes para la guía, que se acoplen de forma idónea en la evaluación de estudios a nivel local en la delimitación de páramos en Colombia.

Finalmente, este tipo de aproximación permite identificar fallas en la información de instituciones que podrían, de forma indirecta, estar afectando a la población inmersa en dicha área protegida. De igual forma facilitara la solución a un conflicto evidente dado por el estancamiento de actividades económicas que se realizan desde tiempos antiguos.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 Marco geográfico.

El municipio de Tunja se encuentra ubicado en el departamento de Boyacá y cuenta con diez veredas que conforman la zona rural del municipio, entre estas se encuentra la vereda Tras del alto correspondiente a la zona de estudio (Figura 2). Limita al Norte con el municipio de Motavita, al Nor-Este con el casco urbano de Tunja, al sur con las veredas de El Porvenir y Báron y al occidente con el municipio de Cucaita. Esta vereda cuenta con una extensión territorial de 47 km² y una población de 1430 habitantes distribuida en 57% de hombres y 43% de mujeres. El 71% cuenta con educación primaria y el 29% con educación secundaria. Sus principales actividades económicas se basan en la agricultura, ganadería y minería (POT, 2001).

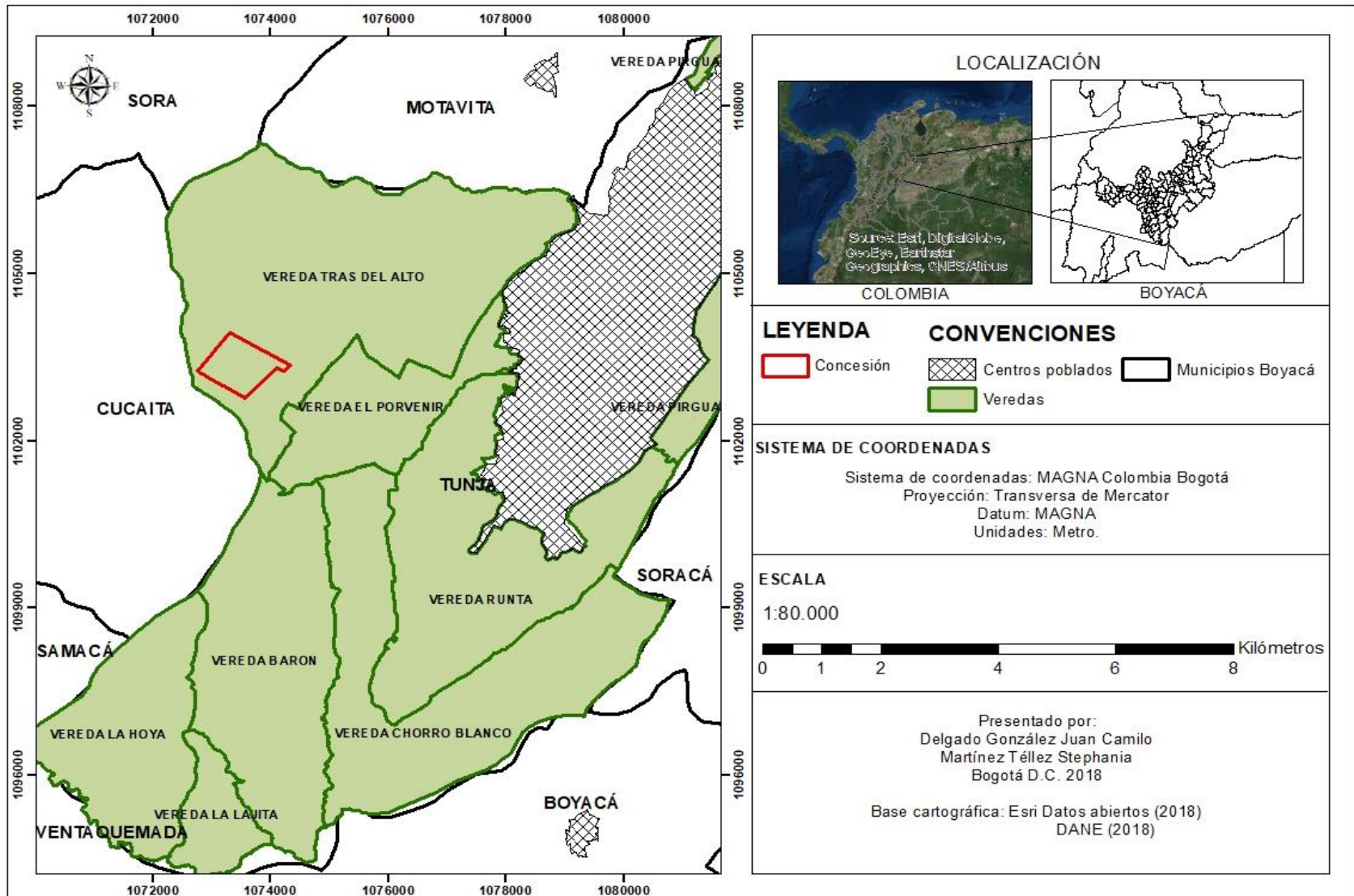


Figura 2. Mapa de ubicación zona de estudio. Elaboración propia

3.2 Marco legal

Dentro del marco legal normativo de esta investigación se contemplan las leyes, decretos o resoluciones (tabla 1) que, en cuanto a identificación y delimitación de páramos en Colombia, busca definir los espacios geográficos correspondientes a estas áreas estratégicas para promover la protección y conservación biológica, así como sus funciones ecológicas.

- Constitución Política de Colombia de 1991: Dentro de la Constitución se contemplan los artículos 8, 67, 79, 80, 105.7, 361 que hablan sobre la protección de los ecosistemas estratégicos en Colombia.
 - ✓ Artículo 8: Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.
 - ✓ Artículo 67: La educación como proceso de formación para la protección del ambiente.
 - ✓ Artículo 79: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad ecológica del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
 - ✓ Artículo 80: Es obligación del Estado planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución; prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.
 - ✓ Artículo 105.7: Es función del congreso reglamentar la creación y funcionamiento de las Corporaciones Autónomas y Regionales (CAR).

- ✓ Artículo 361: Señalamiento de la preservación del ambiente con una destinataria de los recursos del Fondo Nacional de Regalías.

Tabla 1 Leyes, Decretos y Resoluciones relacionadas con el problema de investigación

Norma	Contenido
Ley 99 (1993)	En esta ley se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se reordena el sector público que se encargaba de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales; de igual forma, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), además en el artículo 1 de la Ley, se establecen los principios ambientales generales del país.
Ley 373 (1997), Art 16	El cual es modificado en la Ley 812 de 2003, Art 89, en el que se establece que las zonas de páramos, bosques de niebla, áreas de influencia de nacimientos acuíferos, y estrellas fluviales, deberán ser protegidos de carácter prioritario por las CAR según corresponda.
Decreto 3600 (2007), Art 4	<p>“Categorización de protección en suelo rural”: en el que se determinan las categorías de suelo de protección según los términos del Artículo 35 de la Ley 388 de 1997, que son normas urbanísticas de carácter estructural de conformidad a lo establecido en la misma Ley. Dentro de la categoría de protección de suelos se incluye la protección ambiental de acuerdo a la legislación vigente y se encuentran los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. ➤ Áreas de reserva forestal. ➤ Áreas de manejo especial. ➤ Áreas de especial importancia ecosistémica tales como páramos y subpáramos, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos, rondas hidráulicas de los cuerpos de agua, humedales, pantanos, lagos, lagunas, ciénagas, manglares y reservas de flora y fauna.

Ley 1382 (2010), Art 34	Establece a las zonas de páramo excluibles de la minería, en donde no podrán ejecutarse trabajos y obras de exploración y explotación minera en zonas declaradas y delimitadas conforme a la normatividad vigente; los ecosistemas de páramo se identificarán de conformidad con la información cartográfica proporcionada por el Instituto de Investigación Alexander von Humboldt.
Decreto 2372 (2010), Art 29	Ecosistemas estratégicos. Páramos, subpáramos, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos y las áreas de especial importancia ecológica, gozan de protección especial.
Ley 1450 (2011) (Plan de Desarrollo 2010- 2014), Art 202.	Define que los páramos deberán ser delimitados a escala 1:25.000 con base en estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales los cuales deberán ser realizados por las autoridades ambientales.
Decreto-ley 3570 (2011)	Se modifican los objetivos y estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de igual forma en el Artículo 2 define las funciones de dicho ministerio, el numeral 15, “Elaborar los términos de referencia para la realización de los estudios para la delimitación de ecosistemas de páramos y humedales”, y en el numeral 16 “Expedir los actos administrativos para la delimitación de los páramos”, y en el que además el MADS, emite la siguiente resolución.
Resolución No. 1770 (2016)	Por medio del cual se delimita el Páramo Altiplano Cundiboyacense.

Fuente: Elaboración propia

3.3 Antecedentes

En la delimitación del ecosistema de páramo hecha por el Instituto Humboldt (2011), no se contemplan los mismos procesos de identificación en las diferentes regiones del país, puesto que el territorio a nivel nacional no posee características geográficas y ambientales similares (clima,

vegetación, vientos, humedad, radiación solar, geoformas, suelos, entre otras), razón por la que la identificación de estas áreas especiales requiere de un estudio multidisciplinar.

Cortés y Sarmiento (2013), consideran que la delimitación del páramo no puede restringirse a un conjunto de especies, éste es también un socio-ecosistema en constante intervención con comunidades humanas, con bienes y servicios. Esta influencia genera en los páramos un proceso de transformación, un disturbio antrópico, que inicio hace aproximadamente diez mil años en toda Colombia.

A pesar de la importancia de estos ecosistemas, desde hace décadas se ha visto una fuerte intervención en los páramos, lo que ha generado la transformación de dichos espacios, dados principalmente por actividades agrícolas, de ganadería y algunas veces mineras (Rivera y Rodríguez, 2011). Galvis (2015), en su investigación titulada protección de páramos y derechos campesinos: tensiones, retos y oportunidades desde el marco jurídico, político e institucional aplicable, asegura que no se conoce a ciencia cierta la relación entre el páramo y los pobladores que habitan en él, por esta razón es difícil tomar decisiones políticas al respecto.

No obstante, se han propuesto medidas que permitan mediar entre el ecosistema paramuno y sus habitantes, Bernal (2017) caracterizó los conflictos socio-ambientales que se presentan en el páramo de Guacheneque e identificó alternativas de conservación en función del ordenamiento ambiental regional, por medio de análisis multiescalar, multitemporal y multidimensional, encontrando que el uso intensivo del suelo en esta región estaba afectando al recurso hídrico.

Un caso similar se da en el páramo de Guerrero, González (2009), en su propuesta de gestión ambiental para ocho explotaciones mineras en la vereda de páramo Alto municipio de Cogua Cundinamarca, presentó los impactos sobre el recurso hídrico causado por las explotaciones del

mineral de carbón, dando como resultado los criterios para una minería sustentable teniendo en cuenta una serie de escenarios que involucran el cierre de las minas por razones ambientales.

Asimismo, ambientalistas de carácter internacional se han pronunciado sobre el tema, Greenpeace (2013), en el documento páramos en peligro expone los impactos de la minería, evidenciando que en Colombia durante los últimos 20 años se ha impulsado la economía basada en la explotación minera y que además ésta ha prevalecido sobre los intereses de protección de ecosistemas estratégicos, tal es el caso del páramo de Pisba en Boyacá en el que Fernández (2015), analizó la intervención minera, encontrando que hubo una gran afectación sobre el recurso hídrico, la vegetación de la zona y la población aledaña, finalmente afirmó que la intervención y ocupación de este ecosistema estratégico, no tenía una adecuada caracterización ambiental que contemplara la importancia de los recursos presentes y que secuencialmente se vieran involucrados en dicha intervención; igualmente, no se realizó un Plan de Manejo Ambiental (PMA), que ayudara a mitigar, prevenir y evaluar, las posibles afectaciones en el desarrollo de este proyecto.

Otro caso es el páramo de Santurbán, donde la situación representa un riesgo tanto para la población como para el ecosistema, Pulido (2017) en su estudio realidad y conflictos en el páramo de Santurbán, enuncia que en el mes de diciembre del año 2014 el MADS y el Ministerio de Minas aprobaron por medio de decretos y resoluciones la delimitación de este páramo, favoreciendo así a las empresas mineras que adelantan actividades de exploración y explotación en zonas de páramo.

Asimismo, Figueroa (2017) en calidad de representante legal de la Corporación Colectivo de Abogados Luis Carlos Pérez, y los señores Alix Mancilla Moreno, Dadán Amaya, Luís Jesús Gambo y Erwin Rodríguez presentaron la sentencia T-361/2017 contra el MADS, porque consideraron que se estaban vulnerando los derechos fundamentales con respecto al proceso de

participación, igualdad, de petición, de información, de salud, de consumo de agua potable y de vida digna en la delimitación del páramo de Santurbán expedido en la Resolución 2090 de 2014.

Adicional a esto, en un estudio realizado para setenta y dos casos de conflictos de este tipo en Colombia, se llevaron a cabo análisis descriptivos de los conflictos ambientales a partir de variables como la identificación del grupo poblacional y la identificación del actor y los principales agentes generadores del conflicto, con el fin de obtener una óptima caracterización social y ambiental. De igual forma, se elaboró cartografía con el fin de espacializar los conflictos presentes, esto permitió determinar que buena parte de los conflictos ambientales en el país se encuentran relacionados con el sector extractivo, en especial de oro y carbón, y que, además, los principales afectados en este conflicto son los campesinos, indígenas y afrodescendientes (Pérez, 2014).

Por su parte, Veloza (2017) realizó un análisis multitemporal de las coberturas y usos del suelo de la reserva forestal protectora-productora “Casablanca” en Madrid Cundinamarca entre los años 1961 y 2015: basándose en el proceso de fotointerpretación para la identificación, clasificación y análisis de coberturas y usos del suelo, en donde evidencio que la principal actividad que causa el cambio de coberturas es la explotación de materiales de construcción pues desde dicha época la actividad ha generado gran influencia en la zona.

3.4 Marco conceptual

3.4.1 Ecosistemas de alta montaña

Los ecosistemas de alta montaña que se encuentran entre los 3.000 y 4.000 m.s.n.m, prestan diversidad de servicios que a su vez funcionan como reguladores ambientales, entre estos se consideran: retención de agua, conservación de la vegetación, hábitat de especies animales y fuente de recursos para el ser humano. Por esta razón ha surgido la necesidad de proteger a nivel mundial estos ecosistemas tan frágiles, aproximadamente hay 7120 áreas protegidas a nivel mundial (más

de 6'000.000 km²), 480 corresponden a ecosistema de alta montaña, es decir, aproximadamente 574 millones de hectáreas (Ange, 2002).

Los páramos se caracterizan por presentar “condiciones ambientales extremas debido a su baja temperatura media diaria, alto promedio de humedad relativa, baja presión atmosférica, escasa densidad del aire, alta radiación solar, cambios intradiurnos bruscos de temperatura y humedad, y suelos ácidos” (Díaz, Navarrete y Suárez, 2005).

De acuerdo con Betancourt y Varón (2006), en la cordillera de los Andes los páramos están presentes en los países de Ecuador, Colombia y Venezuela, y en Centroamérica se encuentran en Costa Rica; asimismo, el gradiente altitudinal de los páramos a lo largo de la cordillera de los Andes varía entre los 3200 y 4800 m.s.n.m. dependiendo de las condiciones propias de la región, es decir, la posición geográfica, historia geológica y evolutiva del lugar, la topografía y la altitud; de igual forma, el límite inferior puede variar entre los 3000 y 4000 m.s.n.m. dependiendo de las condiciones climáticas y la intervención humana.

3.4.2 Páramos en Colombia

En Colombia se categorizan como ecosistemas estratégicos los páramos, bosques, sabanas, humedales, manglares, y zonas secas, estos cumplen una función especial dentro los procesos naturales, sociales, económicos y ecológicos como fuentes de agua y otros recursos (Herrera, 2014).

Cuando se habla de ecosistemas estratégicos se hace referencia a un lugar determinado con características especiales, capaces de brindar bienes y servicios a comunidades humanas, vegetales y animales (Ibid, 2014).

3.4.3 Delimitación de páramos en Colombia

La delimitación de páramos debe ser entendida bajo una serie de criterios, no solo en el sentido geográfico y ecológico, sino desde un punto de vista social, en donde se tenga en cuenta la perspectiva de los hombres y mujeres que han habitado allí durante varios años. Por esto, la delimitación de páramos debe ser un trabajo totalmente íntegro, ético y científico. Dentro del ámbito científico se deben contemplar los componentes biogeofísicos, integridad ecológica y socioculturales que serán descritos a continuación basado en la guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos en Colombia.

3.4.3.1 Componente biogeofísico

La delimitación de páramos por medio de este aspecto permite trazar un límite congruente que tiene en cuenta factores y procesos bióticos y abióticos en un mismo espacio, asimismo, facilita la planeación y el manejo ambiental de los ecosistemas paramunos que tengan en cuenta el funcionamiento del páramo y biomas conexos a él, y de este modo mantener las funciones ecosistémicas prestadas a las comunidades colindantes al páramo. Los componentes biogeofísicos deben contemplar a su vez los siguientes criterios (Rivera y Rodríguez, 2011):

3.4.3.1.1 Identificación de la franja de páramo bajo y subpáramo y su variabilidad biofísica en el gradiente altitudinal.

La franja inferior del páramo se define como páramo bajo o subpáramo, este límite puede variar de acuerdo con las condiciones de clima, hidrología, geología, geomorfología, suelos, vegetación, fauna, uso actual y población (Rivera y Rodríguez, 2011). Estas variaciones deben ser estudiadas y analizadas desde el punto de vista de la ecología del paisaje (Etter, 1990).

En Colombia se reconocen tres franjas altitudinales (Rangel, 2000): el subpáramo o páramo bajo, el páramo y el superpáramo hasta el límite con los glaciales.




El subpáramo se encuentra entre 3.200 y 3.500 (3.600) m.s.n.m. y se caracteriza por la presencia de vegetación arbustiva en la que predominan, matorrales conformados por *Diplosteghium*, *Pentacalia* y *Gynoxys* (Asteraceae), *Hypericum* (*H. laricifolium*, *H. ruscoides*, *H. juniperium*) *Pernettya*, *Vaccinium*, *Bejaria* y *Gauktheria* (Ericaceae). En la mayoría de las zonas se presentan espacios de transición que normalmente corresponden a bosques Altoandinos que conforman comunidades mixtas.

El páramo se encuentra a una altura de 3.500 (3.600) y 4.100 m.s.n.m están ubicados exclusivamente en la zona ecuatorial del planeta con variaciones radicales de temperatura en el día y la noche, poseen vegetación baja, adaptada para retener agua, sus hojas poseen pelos y generalmente son muy gruesas para protegerse del frío además ayudan a que la transpiración del agua sea más baja, aquí predominan los frailejones, pajonales y chuscales, por último, el suelo es rico en materia orgánica, conserva y distribuye el agua a ríos, lagunas y quebradas (Vásquez y Buitrago, 2011).

Por último, el superpáramo se encuentra situado por encima de los 4.100 m.s.n.m, llegando hasta los límites inferiores del glacial, se caracteriza por tener vegetación discontinua y poseer gran cantidad de roca desnuda, la vegetación más común corresponde a prados.

A continuación, se presenta la tabla 2 que muestra la representación gráfica de cada una de las franjas altitudinales anteriormente nombradas.

Tabla 2. Franjas altitudinales de los páramos.

Subpáramo	Páramo	Superpáramo
		

Fuente: Elaboración propia con base en Rivera y Rodríguez (2011)

3.4.3.1.2 Identificar el modelado y los procesos morfogénicos en los paisajes de páramo.

Corresponde a la tipificación de un conjunto de geoformas que caracterizan el modelado periglacial heredado que en muchos casos coincide con el límite inferior del subpáramo y el área de transición de la selva altoandina. Los páramos se caracterizan por ser un espacio donde funcionan o funcionaron procesos glaciares, los cuales han generado modelados específicos, el ecosistema de alta montaña es considerado desde una altura de 2.700 m.s.n.m y posee de abajo hacia arriba el modelado periglacial heredado que normalmente coincide con la franja del piso bioclimático Altoandino. Este tipo de zonas presentan las siguientes características que permiten la delimitación e identificación (Rivera y Rodríguez, 2011).

- Relieves abruptos e inestables, con fuertes pendientes, donde junto a ellas se acumula roca suelta.

- Valles aluviales estrechos con vertientes abruptas, causadas por las concentraciones de corrientes de agua formadas en zonas más altas.
- Las formaciones superficiales son depósitos de materiales heterométricos no consolidados de origen aluvio-torrencial y flucio-glaciar.
- Se presenta reptación, terracetas formadas por micromodelados graderías, además de procesos de escurrimiento superficial ligados a la agricultura, que generan surcos y coluvionamiento junto a las parcelas.
- Pantanos residuales en vía de sedimentación generados por el acelerado escurrimiento superficial relacionados con los cambios de vegetación y usos del suelo.

En la figura 4 se evidencia la comparación entre los pisos bioclimáticos y los pisos morfogénicos.

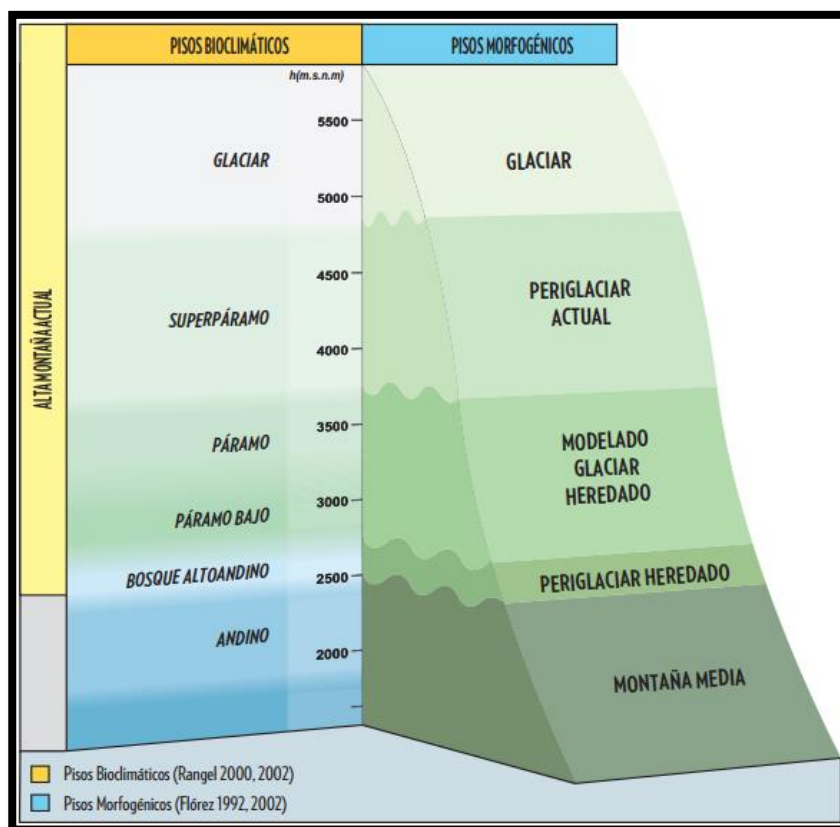


Figura 4. Pisos morfogénicos de la alta montaña. (Fuente: Rivera y Rodríguez (2011))

3.4.3.1.3 Reconocer la presencia de ecotonos y ecoclinas en el límite inferior del páramo.

Teniendo en cuenta que los páramos se encuentran en constante evolución y transformación con el límite superior del bosque Altoandino es necesario tener en cuenta la presencia de ecotonos y ecoclinas. Los cambios producidos en los páramos se dan por condiciones de humedad, nubosidad, presión atmosférica, suelos, radiación solar, procesos morfogénicos, litología, pendiente y disponibilidad de agua propias de la alta montaña (Flórez y Ríos, 1998) lo que a su vez influye en la distribución y extensión de las zonas de vida ¹ que componen el páramo.

Esta serie de variaciones permiten considerar que los límites para las diferentes franjas altitudinales no son rígidos, encontrando de este modo composición de ecotonos que representa el cambio abrupto de la vegetación entre dos ecosistemas y ecoclinas como el cambio gradual de vegetación entre un ecosistema y otro.

A continuación, se presenta el esquema de variación de vegetación en un gradiente de páramo (Figura 5 y 6)

¹ Hace referencia a la clasificación realizada por Holdridge, que muestra las características de las zonas biogeográficas a partir de datos de temperatura, precipitación y altura de una zona de estudio (Guzmán, 1996). La zona estudiada corresponde a Matorral desértico montano- subpáramo (md-M).

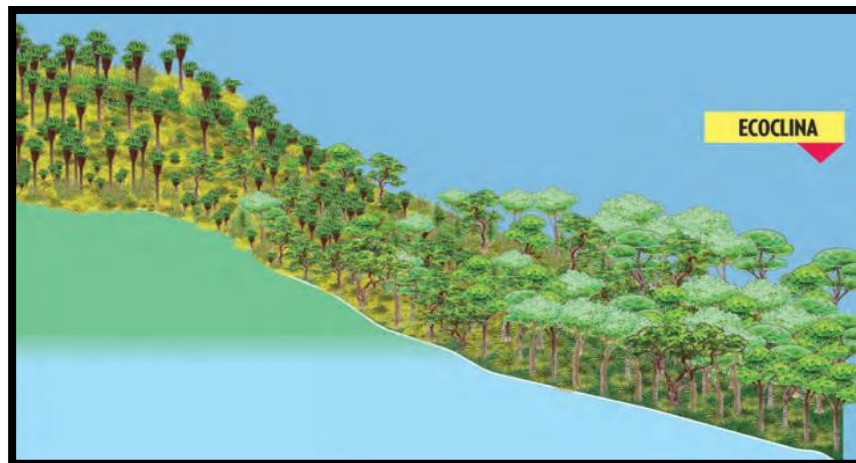


Figura 5. Esquema de la variación de vegetación en el gradiente ambiental de páramo (Ecoclinas). (Fuente: Rivera y Rodríguez (2011))

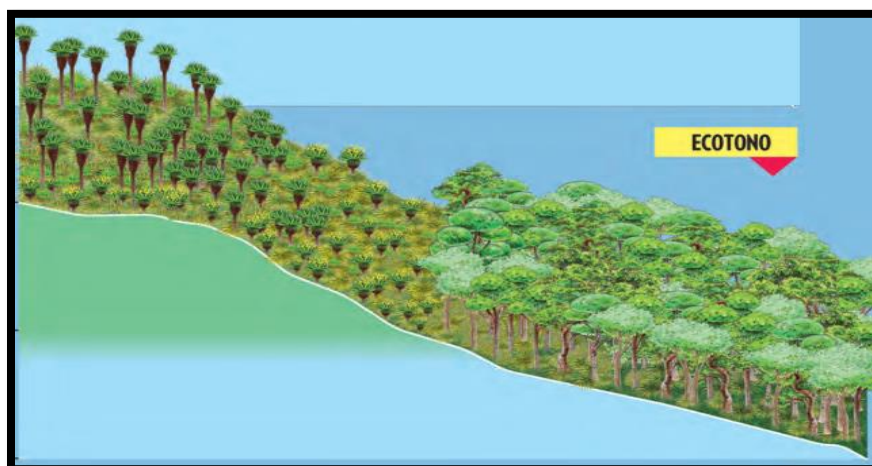


Figura 6. Esquema de la variación de vegetación en el gradiente ambiental de páramo (Ecotonos). (Fuente: Rivera y Rodríguez (2011)).

3.4.3.1.4 Evaluar la dinámica y función hidrológica

El límite inferior del páramo debe garantizar las características que mantienen la dinámica hidrológica e hidrogeológica de los páramos, es decir, la capacidad de regulación hídrica, la calidad del agua y demás servicios ecosistémicos como regulación climática, almacenamiento del carbono y gran biodiversidad. En el ecosistema de alta montaña, la red de drenaje presenta poca capacidad de profundización, proceso que aumenta a medida que desciende verticalmente. Esto se debe

principalmente a la baja densidad de corrientes en la parte alta de ordenes 1 (drenajes sin afluentes que están cerca a la divisoria de aguas), 2 (unión de dos drenajes de orden uno) y 3 (unión de dos drenajes de orden dos) como quebradas y riachuelos que normalmente fluyen por valles glaciares de topografía prácticamente homogénea formando así meandros. De otra parte, los drenajes de mayor densidad (orden 4 y 5) corren por valles aluviales más estrechos, que se convierten en cañones profundos por el aumento de la capacidad de arrastre y disección de las corrientes, formados en la montaña media.

Así mismo, las condiciones hidrogeológicas favorecen la acumulación y regulación de aguas subterráneas, especialmente por la disposición de fallas y de diaclasas² locales claves en la percolación³ e infiltración del agua superficial (Figura 7).

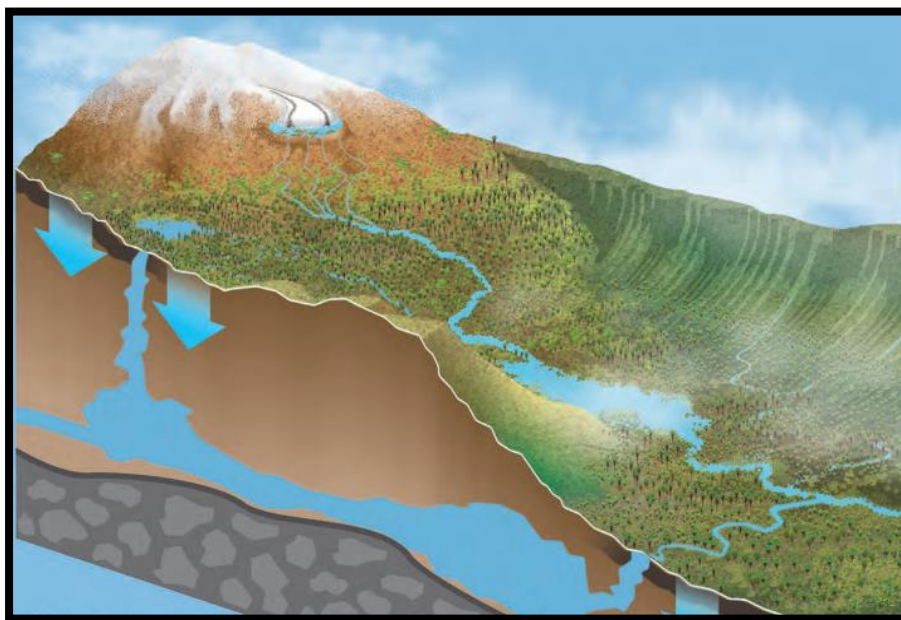


Figura 7 Flujo de agua en el páramo y en la alta montaña. (Fuente: Rivera y Rodríguez (2011))

² También llamadas fallas generadas por la liberación de energía de presión por encima del límite plástico de las rocas (Duque, 2017).

³ Flujo laminar del agua subterránea a través de fracturas (Navarrete, 2017).

Por otro lado, es necesario reconocer la presencia de frentes de condensación y lagunas de origen glaciar generadas por la identificación de corrientes según el orden de jerarquía de los drenajes, su densidad y los modelados; que funcionan como amortiguadores de las corrientes y de los sedimentos que transportan. Además, el suelo de páramo (andisoles⁴, histosoles⁵, entre otros.) tienen una alta capacidad de almacenamiento de agua, lo que junto con el clima y la topografía mantienen un flujo constante..

3.4.3.2 Componente de integridad ecológica

El ejercicio de evaluar y tener en cuenta la integridad ecológica en la delimitación de páramos en Colombia, debe velar y priorizar el funcionamiento natural de este ecosistema, pues de este modo se podrán mantener las características como estructura, composición, diversidad, interacciones y función del mismo con el fin de dar bienestar a las comunidades que se encuentran dentro de él, como a las que se encuentran en zonas aledañas.

A continuación, se presentarán los criterios y aspectos que se tienen en cuenta para la delimitación de páramos en Colombia para la integridad ecológica de estos ecosistemas (Rivera y Rodríguez, 2011).

3.4.3.2.1 Evaluar la conectividad entre el bosque altoandino y el páramo.

Conforme con Rivera y Rodríguez (2011) la conectividad entre estos ecosistemas pertenecientes a la alta montaña Colombia, es una de las características más importantes a la hora de realizar esta evaluación de conectividad, pues de ellas depende el intercambio de especies, la conexión entre

⁴ Suelos desarrollados sobre materiales piroclásticos, originados por el rápido enfriamiento de los materiales volcánicos expulsados (Moreno, Ibáñez y Gisbert, sf)

⁵ Suelos formados por materiales orgánicos especialmente en zonas pantanosas, ciénagas y turberas (Moreno, Ibáñez y Gisbert, sf).

los diferentes parches de vegetación natural y así mismo, la dinamización de las funciones ecosistémicas y ambientales del bosque altoandino y el páramo, ya que mantener este límite, divide al ecosistema de las actividades antrópicas pero protege la conectividad ecológica que servirá como refugio de las especies (grandes y pequeños mamíferos) y permitirá la producción de alimentos para la fauna silvestre.

3.4.3.2.2 Reconocer la variabilidad de la franja inferior del páramo frente al cambio climático.

Para reconocer la variabilidad de la franja inferior del páramo, es preciso conocer y analizar que el cambio climático explicado por el IDEAM (2014) como un cambio de clima atribuido de forma directa o indirecta a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y esta no se presenta de manera constante, ya que es un efecto dinámico pero que tiene severas afectaciones en los ecosistemas de alta montaña por la inmensa fragilidad que este representa, pero que a su vez es de vital importancia para la conservación de especies y por los servicios ecosistémicos que este presta a los humanos (Rivera y Rodríguez, 2011).

De esta forma, el reconocimiento de esta franja de páramo frente al cambio climático se puede observar por la colonización de plantas de franjas altitudinales menores a una mayor, lo que indica que se han presentado aumentos drásticos en la temperatura, obligando a las especies vegetales y animales a colonizar nuevas franjas altitudinales.

3.4.3.3 Componente socio-cultural

Es preciso reconocer que el páramo no solamente se presenta como un ecosistema capaz de albergar gran diversidad de especies vegetales y animales, sino también, son territorios sociales culturalmente constituidos que han estado allí acentuados durante siglos y han podido convivir de manera armónica con el páramo, conociendo la percepción local del territorio paramuno, sus

límites e identificando espacialmente los usos que socialmente se presentan (Rivera y Rodríguez, 2011).

3.4.3.3.1 Participación social en la definición y manejo de los páramos.

La participación social en el tema de delimitación de páramos, y de igual forma su manejo, es de vital importancia, pues a partir de las consideraciones que se tomen (institucionales y sociales) se garantiza la integridad ecosistémica; además es necesaria la revisión de las características biofísicas que comprenden a un territorio y reconocer cuales son los bienes y servicios que las comunidades aledañas obtienen de este ecosistema, con el fin de identificar todas aquellas posibles áreas sensibles que se tendrán que incluir dentro la delimitación.

En este tipo de participación, es necesaria la implementación de grupos focales que favorecen “la pluralidad y variedad de las actitudes, experiencias y creencias de los participantes, y lo hace en un espacio relativamente corto” (Martínez, 2006). Adicionalmente, la cartografía social es una herramienta que le permite a la comunidad construir conocimiento de la realidad y así asumir el territorio como base para elaborar colectivamente mapas temáticos que ordenan la información del entorno social; en este orden de ideas, el propósito de esta, es generar en las comunidades un proceso de reflexión y el desarrollo de conocimiento social, además permite registrar las redes existentes sobre el territorio (Quiñones, 2011).

Varios autores lo definen desde un punto de vista diferente, por ejemplo, Lefebvre (1991) define tres espacios según la percepción de los participantes, el primero corresponde al espacio material, el segundo se refiere al espacio mental y el tercero se entiende como las experiencias en que los objetos del espacio material y percibido es fácilmente cartografiable y García (2005) dice que es la cartografía social es también “un camino para el reconocimiento del mundo cultural, ecológico, productivo y político que se expresa en el territorio, lo cual brinda un contexto social que permite

construir un presente y un futuro, dicho lo anterior construir vínculos con las personas recorriendo el territorio influye en las apreciaciones del investigador, fortaleciendo la noción del espacio vivido (Barrera, 2009).

3.4.3.3.2 Identificación de páramos antropizados.

Un páramo antropizado es aquel ecosistema de alta montaña que presenta intervención y transformaciones por actividades humanas, debido a que las condiciones de clima y suelo son aptas para la realización de actividades como pastoreo, cultivo y otros tipos de actividades. Las zonas que presentan estas transformaciones, la mayoría de las veces se identifican como el límite inferior del páramo debido a que no solo se encuentran coberturas naturales, sino también, coberturas como las anteriormente mencionadas que se conocen como coberturas productivas (Rivera y Rodríguez, 2011).

3.4.3.3.3 Concordancia del límite del páramo con la estructura predial.

El límite inferior del páramo deberá incluir todas las zonas de límites prediales, veredales, territorios colectivos y resguardos de áreas definidas para poder mantener la integridad del territorio, pues a partir de esta delimitación las organizaciones presentes en la zona podrán dar un acompañamiento y seguimiento de dicho proceso para poder mantener las funciones de los ecosistemas de alta montaña (Rivera y Rodríguez, 2011).

3.4.4 Intervención humana en los páramos

Los páramos desde siempre han tenido presencia por parte de comunidades humanas, y se debe entender que no solo se debe a las malas planificaciones gubernamentales, pues estos asentamientos tienden a estar relacionados con la historia y la cultura pues es allí donde comparten sus dinámicas sociales, culturales, económicas y productivas para la manutención de los mismos (Min.Vivienda, 2014).

Las actividades como la deforestación, la agricultura, el pastoreo y la minería son algunos de los problemas que frecuentemente se presentan en los páramos, lo que conlleva a la disminución de escenarios naturales y por tanto a la degradación del ecosistema (Betacourt y Varón, 2006); Rangel (2000), menciona las principales actividades humanas derivadas de estos ecosistemas, entre las que se encuentran la agricultura, que genera cambios en la composición, estructura y dinámica de los ecosistemas de páramo, la ganadería, principalmente representada por ganado vacuno y ovino, y la minería, desarrollada en diferentes niveles de intensidad, entre otras.

La agricultura es una de las preocupaciones centrales en los ecosistemas de páramos en Colombia, pues los campesinos no solo son productores agropecuarios sino que también son productores forestales y pesqueros, de igual forma las comunidades indígenas y afro [...], además, este tipo de actividad es formalizada para el autoconsumo de los campesinos, la soberanía alimentaria⁶ y el mínimo vital⁷ (Galvis, 2015), sin embargo, él cita a van der Hammen (2014) con la necesidad de conocer y analizar el punto de vista cultural del campesinado, en el que se refiere a que ellos también hacen uso de la tierra como fuente de conocimiento, prácticas y rituales que hacen parte de la identidad cultural de la región, y que de igual forma, merecen gozar de protección.

Por otro lado, la actividad minera genera varios efectos negativos que se pueden reflejar a lo largo del tiempo, producidos por la extracción, el transporte y procesamiento de los minerales. Esto ha generado una alteración sobre las redes hídricas causando sequías a escala local y regional, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, remoción de acuíferos, entre otros., dañando así la capacidad de retención del suelo en los páramos (Fernández, 2015).

⁶ El concepto se introdujo en 1996 en la Cúpula Mundial sobre la Alimentación (CMA), definiéndola como el derecho que toda persona tiene a recibir o tener acceso a los alimentos sanos y nutritivos (Stedile y Martins, 2010).

⁷ Evalúa la satisfacción de las necesidades mínimas de un individuo (Sentencia T-581/11)

El mineral más abundante en los páramos de Colombia es el carbón, no obstante, también hay presencia de actividades relacionadas con metales y canteras para la obtención de materiales de construcción (Guerrero, 2009).

4. METODOLOGÍA

Este proyecto se enmarcó dentro de la investigación aplicada como la describe González (2009), pues tuvo como referente componentes de carácter descriptivo, analítico, evaluativo y propositivo. Asimismo, se analizaron datos cualitativos y cuantitativos. Se examinó la evolución y el estado actual de la zona en conflicto por medio de información secundaria obtenida de guías, artículos, libros y páginas web relacionadas con el tema de investigación. Bajo este estudio un pilar importante fue el análisis de la posición de los actores involucrados a través de la escogencia de grupos focales, asimismo, se desarrolló un estudio multitemporal por medio de fotografías aéreas del IGAC y de un vehículo aéreo no tripulado que permitió analizar los cambios en el uso del suelo.

Cabe resaltar que una de las metodologías de esta investigación se basó en la guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos en Colombia, que establece los parámetros que se deben tener en cuenta para la correcta caracterización de estas zonas, sin embargo, en esta guía no se observó un procedimiento metodológico para la identificación de los diferentes componentes, por esta razón, se plantearon los siguientes métodos.

4.1 Fases de la investigación

4.1.1 Revisión bibliográfica.

Para el desarrollo del proyecto investigativo se llevó a cabo la revisión de los aspectos históricos, sociales, económicos, ambientales, geográficos y mineros de la zona de estudio por medio de artículos publicados en bases de datos (SciELO, Redalyc, CEPAL), páginas web (Alcaldías), libros (geografía y ciencias ambientales,), tesis de diferentes universidades, Leyes, Decretos y Resoluciones a nivel nacional e internacional referentes al trabajo de investigación

Además, se tuvieron en cuenta estudios previos realizados por el Instituto de Investigación Alexander von Humboldt, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Corporación Autónoma Regional CORPOBOYACÁ y documentos como el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Tunja.

4.1.2 Especificaciones técnicas

Para el desarrollo de los objetivos referentes al cumplimiento de los criterios establecidos en la guía y el análisis de los cambios de cobertura, fue necesario realizar un levantamiento fotográfico con un vehículo aéreo no tripulado Dron (Phantom 3 Professional), pues el diseño de este se caracteriza por ser un cuadricóptero (cuatro rotores de dos aspas), lo que permite una mejor estabilidad al momento de registrar las fotografías; además, este por su diseño versátil, es capaz de mantenerse en el aire en caso de que uno de sus cuatro rotores falle (Kakaes, Greenwood, Lippincott, Dosemagen, Meier, Wich y Moores, 2015).

El procesamiento de fotografías se realizó por medio del programa Agisoft photoscan que permite la creación de una ortofotografía, adicionalmente, este permite el diseño de modelos 3D o modelos digitales de elevación (DEM) generados a partir de la correlación de nubes de puntos para las fotografías, permitiendo conocer la altura y profundidad de la zona estudiada (Kakaes *et al*, 2015).

Dentro del procedimiento en el levantamiento se tuvo en cuenta las siguientes variables que fueron fundamentales para la elaboración del plan de vuelo.

- Altura de 100 metros debido a que la topografía de la zona de estudio presenta variaciones altitudinales con respecto a los lugares donde se iniciaron los vuelos.
- Traslape 80% con el fin de obtener una mejor cobertura de la zona de estudio sin riesgos a parches faltantes
- Número de vuelos 8 con durabilidad de 20 minutos para cada uno, por la extensa área de la zona de estudio.

4.1.3 Criterios para la delimitación de páramos

Los criterios para la delimitación de los páramos en Colombia están ceñidos a los principios generales establecidos en los documentos de aportes a la conservación estratégica de los páramos en Colombia (Sarmiento, Cadena, Sarmiento, y Zapata, 2013) y a la guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia (Rivera y Rodríguez, 2011), publicados por el Instituto de Investigación Alexander von Humboldt y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Estos se encuentran enmarcados dentro de los lineamientos nacionales de la política ambiental; de esta manera, el desarrollo y cumplimiento de los mismos, deben tener en cuenta:

- “La protección de las funciones y los servicios ecosistémicos que inciden en el bienestar de las comunidades del páramo y su área de influencia”.
- “La búsqueda y mantenimiento de la integridad ecológica de los ecosistemas de páramo”.
- “El reconocimiento del páramo como parte fundamental de la estructura ecológica principal a escala nacional, regional y municipal”.
- “El respeto a la consulta previa y a la participación social”.
- “La facilitación de los procesos de adaptación al cambio climático global”.

De esta manera, los criterios que serán nombrados a continuación responderán a las características biogeofísicas, integridad ecológica y socioculturales de la zona de estudio, adicional a esto, se contemplan las limitaciones establecidas en la guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos en Colombia para cada uno de los criterios correspondiente a cada componentes dentro del marco local, con el fin de llevar a cabo su realización y en este sentido desarrollar un óptimo estudio de la zona.

4.1.3.1 Componente biogeofísico.

4.1.3.1.1 Identificar la franja de páramo bajo o subpáramo y su variabilidad en el gradiente altitudinal.

La franja de páramo bajo o subpáramo, como se dijo anteriormente es considerada como la zona de transición entre el límite superior del bosque Altoandino y el páramo propiamente dicho, en el cual se presentan arbustos y árboles que se entremezclan con la vegetación propia del páramo y que se le es conocida como ecotonos (Rivera, y Rodríguez, 2011).

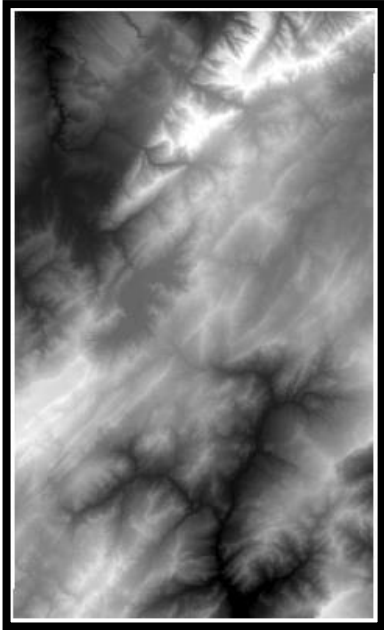
La identificación de la franja baja del páramo en la zona de estudio contó con el reconocimiento de la franja altitudinal del páramo frente a la concesión minera, y el reconocimiento de la vegetación de la zona de transición por medio de registro fotográfico, continuado de la revisión de las plantas con Alexander Cartagena Durán⁸ quien es el guía turístico del páramo de Chingaza y finalmente la verificación con el experto en páramos Luis Hernando Estupiñan⁹. Se realizó un mapa de alturas con el fin de observar la coincidencia del límite inferior del páramo y la cota

⁸ Estudiante de Ingeniería Geográfica y Ambiental de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A.) X Semestre. Guía turístico en el páramo de Chingaza.

⁹ Docente de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A.). Pregrado en biología (Universidad Nacional de Colombia); Maestría en biología (Pontificia Universidad Javeriana); Doctorado en ciencias ambientales (Universidad Tecnológica de Pereira (UTP))

mínima de altura a partir de un Modelo de Elevación Digital (DEM) de 12 m del satélite ALOS PALSAR (Tabla 3) y su posterior procesamiento en Software ArcGIS 10.3 con las herramientas de Raster para identificar la concordancia entre la delimitación realizada por el Instituto Humboldt y la situación actual en la zona de estudio.

Tabla 3. Especificaciones técnicas del insumo del modelo de elevación digital (DEM) sin procesar.

DEM 12 m ALOS PALSAR	Especificaciones.
	<p>Operado del Satélite: JAXA – Cross Restec.</p> <p>Fecha de lanzamiento: enero de 2006.</p> <p>Resolución espacial de la imagen: 6,25 o 12,5 m.</p> <p>Ángulo de incidencia. 8°.</p> <p>Polarizaciones: HH o VV.</p> <p>Capacidad de colección: escena:50km x 70km.</p> <p>Mínima área de pedido en archivo: escena.</p>

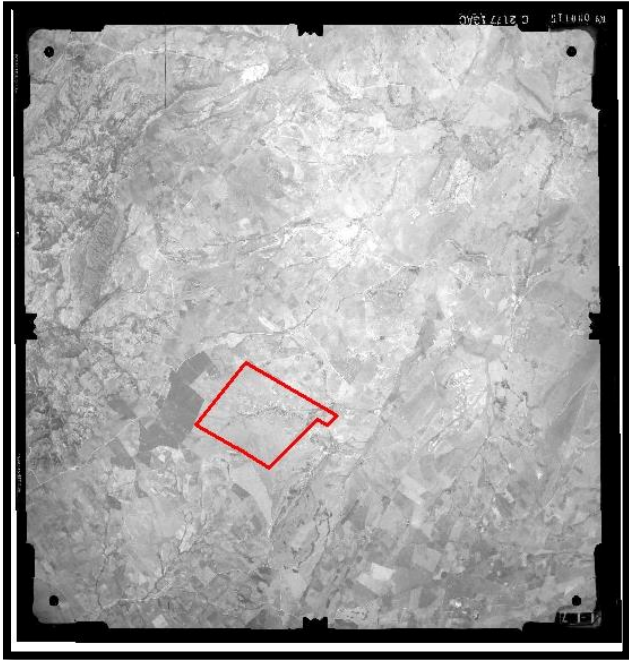
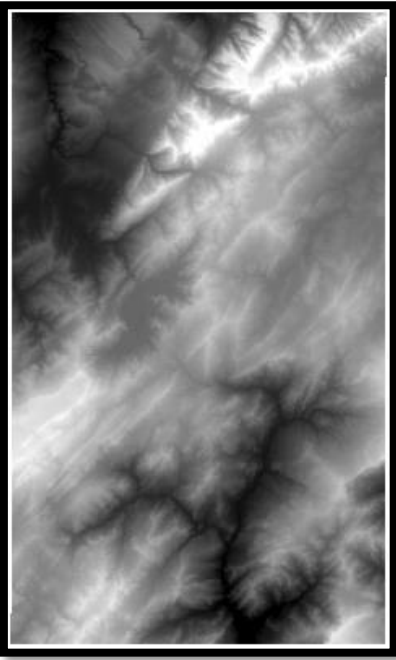
Fuente: Elaboración propia

4.1.3.1.2 Identificar el modelado y los procesos morfogénicos en los paisajes de páramo.

La guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos define este apartado como el proceso de identificación de los modelados y los procesos morfogénicos de los paisajes de páramo procedentes de un sistema morfogénico periglacial heredado, el cual se desarrolló mediante la foto interpretación de la zona de estudio con base en la fotografía área de 1985 del IGAC con escala aproximada de 1:30.750, y la superposición de un DEM de 12 m obtenido de la página Alaska Satellite Facility que cuenta con el satélite ALOS que fue lanzado en enero de 2006 por la agencia

japonesa de exploración aeroespacial para recolectar imágenes de radar en escenas de 50 km y 70 km de todo el planeta cada 45 días a través de su sensor PALSAR (Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar) y su posterior procesamiento para obtener un modelo de sombras (Hillshade) en el Software ArcGIS 10.3, lo cual permitió una mejor observación e interpretación de lo que se encuentra en la zona de estudio; en la tabla 4 se presenta la ficha técnica de cada insumo.

Tabla 4. Ficha técnica de la fotografía aérea y DEM

Fotografía Aérea 1985	DEM 12 m ALOS PALSAR
	
<p>Región: Tenza, Tunja. Departamento: Boyacá. Vuelo: C-2177. Fecha de toma: 18/01/1985. Cámara: ZEISS RMK 15/23 Focal: 152.915 mm Escala aproximada: 1:30.750</p>	<p>Operado del Satélite: JAXA – Cross Restec. Fecha de lanzamiento: enero de 2006. Resolución espacial de la imagen: 6,25 o 12,5 m. Ángulo de incidencia. 8°. Polarizaciones: HH o VV.</p>

	Capacidad de colección: escena:50km x 70km. Mínima área de pedido en archivo: escena.
--	--

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.1.3 Reconocer la presencia de ecotonos y ecoclinas en el límite inferior del páramo.

Se identificaron los cambios abruptos de los ecotonos presentes entre la vegetación de bosque Altoandino y la vegetación abierta de páramo en la zona de estudio, y de igual manera, las ecoclinas como el cambio gradual entre las comunidades vegetales a lo largo del gradiente ambiental de la zona de transición (Rivera y Rodríguez, 2011).

Lo anterior se logró a partir de una fotografía de la zona de estudio, por medio un de levantamiento aéreo con un Vehículo no tripulado (Dron Phantom 3 Professional) esta facilitó el registro de los ecotonos y las ecoclinas presentes, además, se realizó, con el fin de identificar su ubicación exacta y su representatividad dentro de la zona de estudio.

4.1.3.1.4 Evaluar la dinámica y función hidrológica.

Para la definición del límite inferior del páramo se deben identificar las condiciones que mantienen la dinámica hidrológica e hidrogeológica del páramo, entre estas la capacidad de regulación hídrica, la calidad del agua, así como diferentes servicios ecosistémicos (Rivera y Rodríguez, 2011). Para esto, se llevó a cabo la realización del mapa geológico, hidrológico e hidrogeológico según la clasificación de los suelos y la geología de la zona respectivamente.

Inicialmente se elaboró el mapa geológico para el municipio de Tunja con base a la cartografía del IGAC de las planchas de 1977-1979 desarrollado para el diseño del POT del municipio, el cual fue superpuesto a la red de drenajes de Tunja para la realización del mapa hidrogeológico de la zona de estudio; asimismo, se utilizó la cartografía del estudio Nacional de suelos del IGAC del

año 2010 para la construcción del mapa hidrológico al sobreponerse con la capa de red de drenajes, por último, se hizo la jerarquización de los caudales en el que se siguió el estudio cuantitativo de redes de drenajes propuesto por Horton (1945) el cual fue revisado por Strahler (1952-1957), para dar inicio al sistema conocido como el esquema de Horton-Strahler (Mantilla, Mesa y Poveda, 1998).

4.1.3.2 Componente de integridad ecológica.

4.1.3.2.1 Evaluar la conectividad entre el bosque Altoandino y el páramo.

La guía de criterios de delimitación de páramos define este apartado como el método de identificación de la vegetación nativa, las funciones ecosistémicas y ambientales presentes en el bosque altoandino y el páramo lo que permite equiparar su funcionalidad y resiliencia, de esta manera establecer la conectividad espacial y ecológica que permitirá la conservación del hábitat y las especies asociadas (Rivera y Rodríguez, 2011).

Se trabajó a partir de una relación con el criterio de identificación de ecotonos y ecoclinas presentes, pues a través de estos es posible identificar los parches de vegetación en la zona, bien sean nativos o inducidos y evaluar si existe dicha conectividad entre el bosque altoandino y el páramo. Esto se hizo con el registro de especies arbóreas registradas en fotografías y verificadas con el biólogo Hernán Javier Díaz¹⁰ y su distribución espacial en la zona de estudio teniendo en cuenta la aerofotografía obtenida del levamiento aéreo del dron.

¹⁰ Docente de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A.); Pregrado en biología (Universidad Nacional de Colombia); Maestría en ciencias geomáticas (ULaval Quebec Canadá); Candidato a Doctorado en ciencias geográficas (ULaval Quebec Canadá)

4.1.3.2.2 Reconocer la variabilidad de la franja inferior del páramo frente al cambio climático.

Para reconocer la variabilidad de la franja inferior del páramo frente al cambio climático, se realizó el análisis de las variables climáticas de temperatura y precipitación desde 1976 a 2005 adquiridos de la estación climática de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) ubicada en el municipio de Tunja. La interpretación de los datos se realizó por medio de un climograma, el cual permitió relacionar los datos de temperatura y precipitación mensual de acuerdo a Bautista, Pacheco y Hernández (2014) para un periodo determinado de 30 años; además se realizó un gráfico de variabilidad climática en donde se interpretan los datos de temperatura mensual desde el año 1976 hasta el año 2005 teniendo como referencia la temperatura promedio del periodo de tiempo analizado.

Una vez realizado esto, se procedió al registro de datos de los periodos de lluvia (La Niña¹¹) y sequía (El Niño¹²) inventariados por el centro de predicción climática (ONI, 2017), se relacionaron con el periodo de 1976-2005 con el fin de analizar si existe relación entre los fenómenos y los cambios de temperatura en la zona de estudio.

4.1.3.3 Componente sociocultural.

4.1.3.3.1 Participación social en la definición y manejo de los páramos.

Con la implementación de los grupos focales, se clasificaron dos grupos; con el primero se trabajó en la escuela La Esperanza ubicada en la vereda Tras del Alto, esta ofrece solo la formación primaria por lo que el rango de edad de los niños y niñas oscilo entre los 6 y 10 años, a ellos se les

¹¹ Componente oceánico del ENOS, conocida como una fase fría (Montealegre, 2007).

¹² Componente oceánico del ENOS, conocido como una fase cálida (Montealegre, 2007).

solicito que representaran las actividades económicas desarrolladas por los padres y madres con el fin de conocer los bienes y servicios que son aprovechados dentro de la zona de estudio (Figura 8).

El segundo grupo focal, correspondió a los mineros que trabajan en una de las bocaminas¹³ colindantes a la zona de estudio, por medio de una charla anticipada se les pidió que hicieran un reconocimiento de la zona de como era su entorno en el pasado para contextualizar la problemática que hoy día se presenta para que posteriormente, plasmaran sobre un mapa base las necesidades actuales para suplirlas en el futuro. Este grupo fue conformado por 10 mineros entre los 25 y 50 años ya que estos eran los trabajadores que se encontraban presentes (Figura 9)



Figura 8 Cartografía social en la escuela La Esperanza (Foto de los autores)

¹³ Sitio en la superficie por donde se accede a un yacimiento mineral. Glosario técnico minero. Ministerio de Minas y Energía. 2003.



Figura 9 Cartografía social con los mineros de la zona de estudio.(Foto de los autores)

4.1.3.3.2 Identificación de páramos antropizados.

Los páramos antropizados son todos aquellos ecosistemas que han sido intervenidos o transformados por actividades humanas, las cuales presentan condiciones de pastoreo, cultivos o cualquier tipo de actividad realizada por los mismos (Rivera y Rodríguez, 2011), por esto se realizó la identificación de los procesos antrópicos que se presentan dentro de la concesión minera por medio de la foto interpretación de la fotografía aérea obtenida del levantamiento aéreo del dron.

4.1.3.3.3 Concordancia del límite del páramo con la estructura predial.

La concordancia entre el límite del páramo con la estructura predial, se refiere al trazado inferior del páramo (subpáramo), dicha delimitación deberá respetar a las comunidades procedentes del mismo; de este modo, se deben tener en cuenta tres unidades básicas: el predio y la vereda para las

comunidades campesinas, el Resguardo en el caso de que allí habiten comunidades indígenas y el de territorios colectivos que representa a las comunidades afrocolombianas, esto con el fin de mantener la integralidad del territorio y poder generar una aceptación y acompañamiento en el caso de que se realice una delimitación de páramo (Rivera y Rodríguez, 2011).

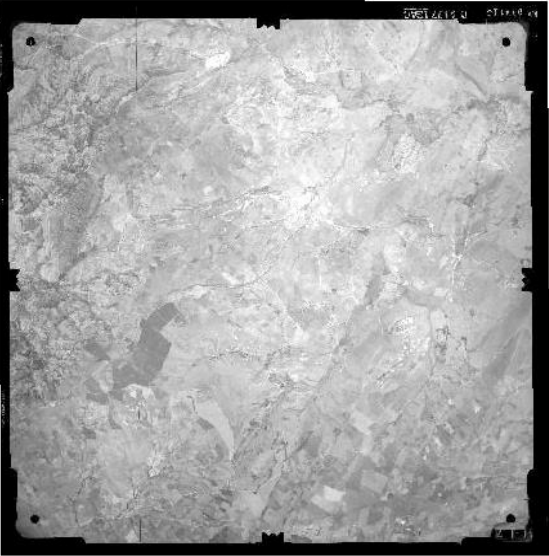
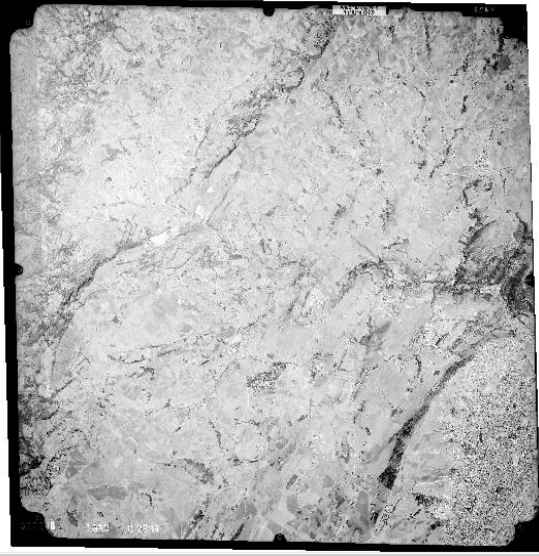

Por esta razón, se realizó un mapa en el que se tuvieron en cuenta los predios, las veredas, las comunidades campesinas, Resguardos y territorios colectivos dentro de la zona de estudio. Para esto se tuvo en cuenta la información del Geovisor de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), que cuenta con diferentes capas otorgadas por entidades como el Ministerio de Interior (MININTERIOR) y el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER) con información nacional de Resguardos indígenas y territorios colectivos.

4.2 Identificar el cambio del uso del suelo y cobertura vegetal en la zona de estudio.

Con el fin de identificar los cambios del uso del suelo y la cobertura vegetal se realizó un análisis multitemporal por medio de dos fotografías aéreas obtenidas en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) contemplando un intervalo de 22 años, de 1985 y 2007, debido a que no se encontró registro fotográfico de años anteriores, además una tercera fotografía de la zona de estudio obtenida por medio de un dron para completar una temporalidad de 33 años para el 2018.

El análisis multitemporal se realizó por medio de la interpretación visual y a través del Software ArcGIS 10.3, usando las herramientas de digitalización en la opción de edición para la creación de Shapefiles, lo que permitió la clasificación de los tipos de cobertura y su correspondiente variación en la zona de estudio. En este sentido, se realizó la cuantificación de las áreas de vegetación y uso del suelo (cultivos) para su posterior comparación a través de gráficos de porcentajes o de tortas que facilito la interpretación de la información. A continuación, se presenta en la tabla 5 la ficha técnica y especificaciones de las imágenes usadas en el análisis multitemporal.

Tabla 5 Especificaciones técnicas y características de las fotografías aéreas (1985-2007 sin procesar).

AÑO 1985	AÑO 2007	AÑO 2018
		
<p>Región: Tenza, Tunja. Departamento: Boyacá. Vuelo: C-2177. Fecha de toma: 18/01/1985. Cámara: ZEISS RMK 15/23 Focal: 152.915 mm Escala aproximada: 1:30.750</p>	<p>Región: Tunja, Almeida. Departamento: Boyacá. Vuelo: C-2803. Fecha de toma: 08/02/2007. Cámara: WILD RC-30. Focal: 152.499 mm Escala aproximada: 1:42.800</p>	<p>Región: Tunja. Departamento: Boyacá. Fecha: 02/05/2018. Aeronave: Dron Phantom 3 professional. Cámara:</p>

Fuente: Elaboración propia

4.3 Proponer ajustes para la guía de delimitación de páramos en Colombia a nivel local.

Los ajustes que se proponen en la guía de delimitación de páramos en Colombia surgen a partir del desarrollo de la investigación identificando que una de las mayores necesidades se encuentra en el sector educativo, puesto que en las visitas realizadas a campo se evidencio la falta de conocimiento sobre los ecosistemas estratégicos, adecuado manejo y conservación.

Por esta razón se proponen técnicas de participación (seminarios, cartillas, talleres, y diálogos simultáneos) en educación ambiental como un criterio dentro del componente sociocultural de la guía que se base en el enfoque critico-social, definido por Alvarado y García (2008) como:

“un paradigma que introduce la ideología de forma explícita y la autorreflexión critica en los procesos del conocimiento. Su finalidad es la transformación de la estructura de las relaciones sociales y dar respuesta a determinados problemas generados por estas, partiendo de la acción-reflexión de los integrantes de la comunidad” (p.189)

Este enfoque permite darle la oportunidad a las personas de autoevaluar las acciones que han generado perjuicios en el ámbito ambiental, y a partir de estas dar posibles soluciones para la mitigación de estos problemas.

5. RESULTADOS

5.1 Revisar la delimitación realizada por el Instituto de Investigación Alexander von Humboldt en la zona de estudio, bajo los criterios establecidos en la guía divulgativa para la delimitación de páramos en Colombia

5.1.1 Cumplimiento de criterios de la guía divulgativa para la delimitación de páramos en Colombia

5.1.1.1 Componente biogeofísico.

5.1.1.1.1 Identificar la franja de páramo bajo o subpáramo y su variabilidad en el gradiente altitudinal.

De acuerdo con la guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos en Colombia, el páramo bajo o subpáramo se encuentra entre los 3.100 y 3.500 m.s.n.m. y presenta espacios de transición que corresponden a ecosistemas de bosques altoandinos.

En la figura 10 se observa el resultado del traslape obtenido del análisis espacial de la información cartográfica de páramos del Instituto Humboldt y las curvas de nivel adquiridas por medio de un modelo digital de elevación (mejor conocido por sus siglas en inglés como DEM), correspondiente a la concesión minera.

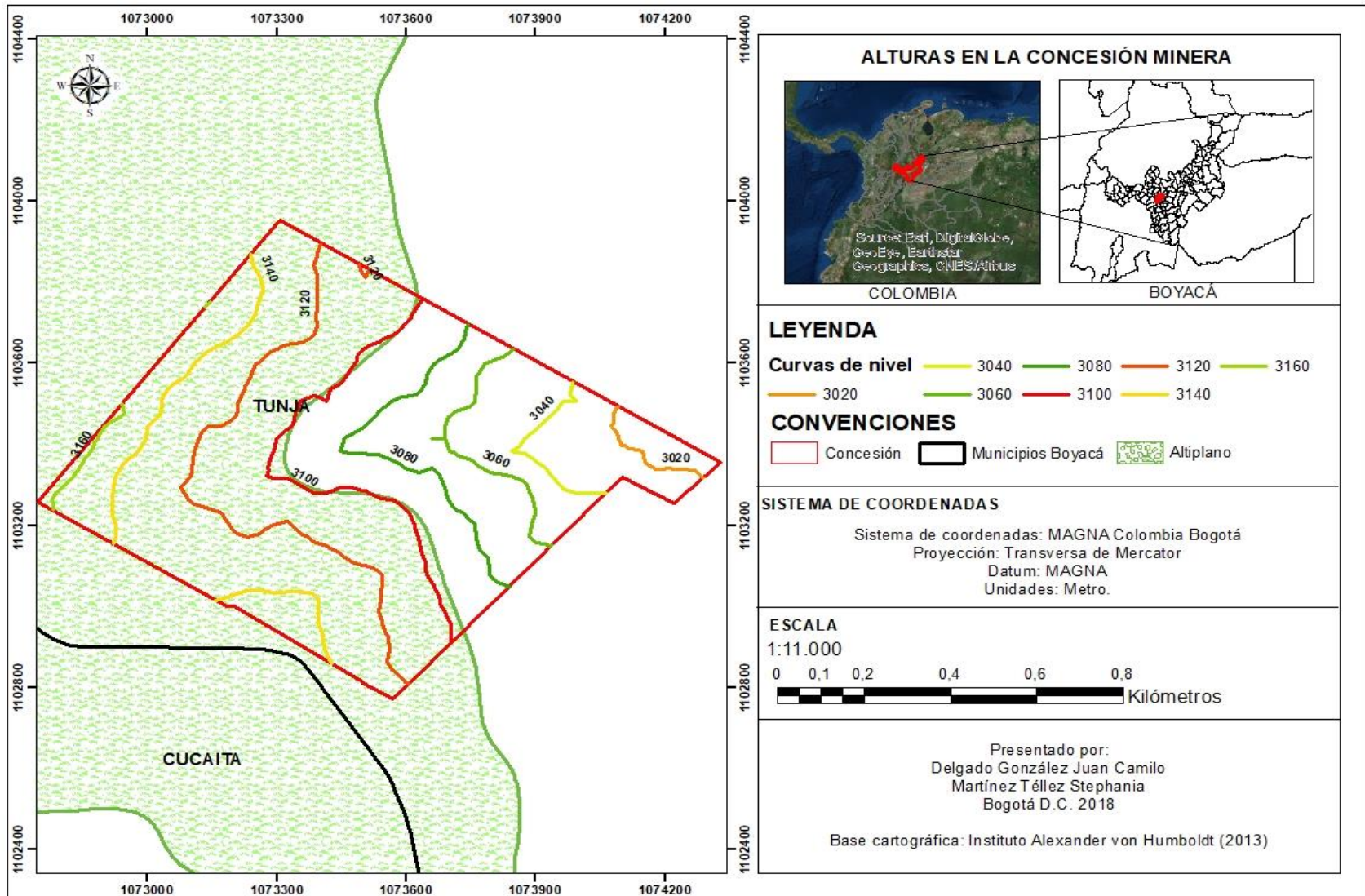





Figura 10 Mapa de alturas en la concesión minera.(Fuente: Elaboración propia).




En la zona de estudio se observa que el límite inferior del páramo (páramo bajo o subpáramo) concuerda con la delimitación de páramos realizada por el Instituto Humboldt que se encuentra sobre la franja altitudinal de los 3.100 m.s.n.m., teniendo en cuenta que esta franja de altura y límite puede variar dependiendo de la región en la que se encuentre, sin embargo, no se logra observar vegetación representativa de zonas de transición entre el bosque altoandino y páramo bajo o subpáramo debido a que esta zona se encuentra en constante actividad agrícola y pecuaria por parte de los agricultores de la zona.

Adicionalmente, se llevó a cabo la identificación de especies vegetales que se encontraron en la zona de estudio entre los 3080 y 3100 m.s.n.m. Ver tabla 6

Tabla 6. Especies vegetales identificadas en la zona de estudio

Especie (Nombre común/ nombre científico)	Registro fotográfico	Distribución geográfica
Curuba (<i>Passiflora mixta</i>)		Se encuentra sobre las tres Cordilleras de Colombia, en clima frío entre los 2.500 a 3.000 m.s.n.m. (Jardín Botánico de Madrid, sf)

<p>Vira Vira (<i>Achyrocline bogotensis</i>)</p>		<p>Colinda únicamente en Colombia en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Magdalena y Nariño, en altitudes entre los 2.800 y 3.200 m.s.n.m. (Jardín Botánico de Madrid, sf)</p>
<p>Bomarea (<i>Bomarea cetacea</i>)</p>		<p>Ubicada en laderas, bosques montanos húmedos, la parte alta del bosque húmedo montano, bosques primarios, ladera de arbustos, laderas húmedas, bordes de camino boscoso y quebradas boscosas entre los 1.900 y 3.600 m.s.n.m (Martínez y Peláez, 2013)</p>
<p>Mora silvestre (<i>Rubus glaucus</i>)</p>		<p>Se distribuye ampliamente en el país, se encuentra en forma silvestre, desde el Putumayo hasta el Valle del Magdalena en altitudes entre los 2.000 y 3.200 m.s.n.m. (Ariel <i>et al.</i>, 2016)</p>

<p>Orquídeas (<i>Orchidaceae</i>)</p>		<p>Las orquídeas, contienen entre 17.000 y 35.000 especies distribuidas por todo el mundo. Están presentes en casi todos los ecosistemas del planeta Tierra, sin embargo cuenta con mayor diversidad de especies en las montañas tropicales (Giraldo y Betancur, 2011).</p>
<p>Liquen (<i>Teloschistes sp.</i>)</p>		<p>Liquen que crece de forma pédula y erecta sobre la corteza de los árboles, ramas, rocas y sobre troncos de cercas, en lugares de bastante luminosidad. Se encuentra entre los 1.200 y 3.500 m.s.n.m. (Campos <i>et al.</i>, 2008)</p>
<p>Musgo (<i>Hypericum juniperinum sp.</i>)</p>		<p>Abunda en tierras frías y soporta suelos ácidos. Es un arbusto de aproximadamente 1 metro de altura, con copas ovaladas y follaje es verde oscuro. (IICA, 2001)</p>

<p>Chocho de páramo (<i>Lupinus interruptus</i>)</p>		<p>Se localiza en las cordilleras Central y Oriental, en Nariño y Putumayo y en el Macizo Colombiano, desde los 115 m.s.n.m en la Orinoquia, hasta los 4500 m.s.n.m en la Sierra Nevada de Santa Marta (Barney, 2011).</p>
--	---	--

Fuente: Elaboración propia con base en Rivera y Rodríguez (2011)

5.1.1.1.2 Identificar el modelado y los procesos morfogénicos en los paisajes de páramo.

La interpretación visual de la fotografía aérea y la superposición del modelo de sombras (Hillshade) obtenido del DEM permitió identificar un solo tipo de modelado como se observa en las figuras 11 y 12.

El modelado que se aprecia en la zona de estudio es el de valle fluvial, que de acuerdo con Pérez (1981) se refiere a una morfoestructura depresionaria y alargada entre dos vertimientos y se caracteriza por tener forma en “V”. Sin embargo, Pedraza (1996), llega a considerar que una cuenca puede ser apreciada como un valle cuando se trabajan a escalas de poco detalle y Dietrich y Dunne (1993), deducen que cualquier incisión de escorrentía concentrada está formando un cauce o valle, de tal forma que estas corrientes desde su nacimiento hasta su desembocadura presentaran características de un valle fluvial.

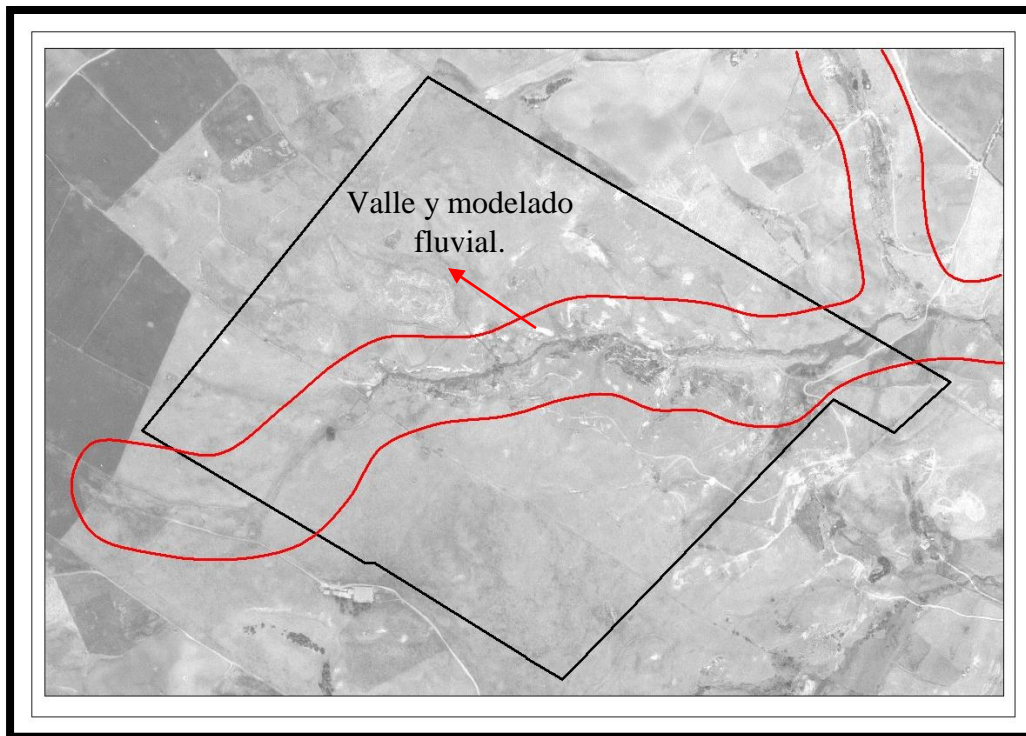


Figura 11 Valle y modelado fluvial en la fotografía aérea de 1985 (Fuente: Elaboración propia).

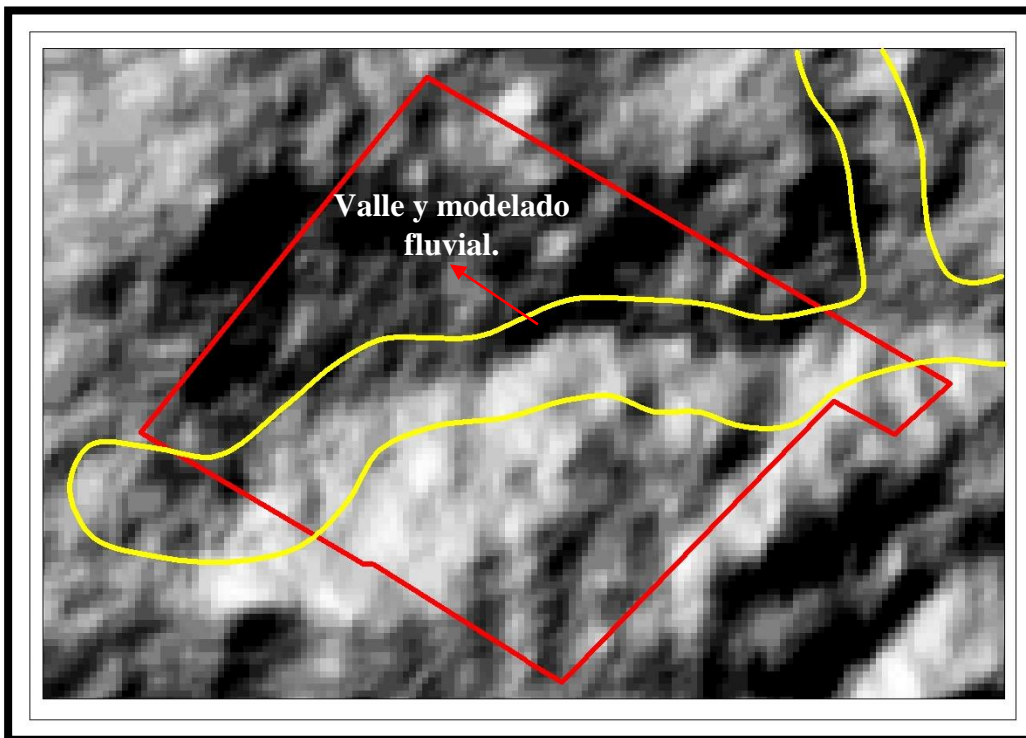


Figura 12 Valle y modelado fluvial en el DEM (ALOSPALSAR) (Fuente: Elaboración propia).

Montero (sf), analiza las etapas de evolución de los valles en juventud, madurez y vejez basándose en la definición de Thomas (1974) de sistemas abiertos, en el que los conceptos evolucionarios están fuera de contexto, pues se trata de analizar el estado de desarrollo de estas formaciones y no su edad absoluta; de este modo, y con base en los conceptos de evolución, el valle presente en la zona de estudio se identifica como valle joven, pues el torrente que desciende por la misma, presenta laderas levemente pronunciadas y con poco caudal descendente causando la erosión de fondo y regresiva, y no la erosión lateral.

5.1.1.1.3 Reconocer la presencia de ecotonos y ecoclinas en el límite inferior del páramo.

Se evidencio que la vegetación de bosque altoandino no está presente en la zona estudio, por lo tanto, no se reconoce una zona de transición entre un ecosistema y otro, además se identificó que la vegetación de subpáramo es mínima, esta se encuentra reducida a un pequeño parche como se observa en la figura 13.

En este orden de ideas, la sección delimitada como páramo por el Instituto Humboldt en la zona de estudio presenta un agroecosistema, entendido por Gliessman (1990) como un sistema conformado por la alteración de ecosistemas naturales dado por actividades humanas con fines económicos y para satisfacer necesidades básicas. Asimismo, en el límite inferior de éste, se registró la presencia de especies vegetales características de subpáramo. Entre estos dos ecosistemas se hace evidente una zona de transición o ecotono que se logró verificar por la presencia de un cambio abrupto como se observa en las figuras 13 y 14.

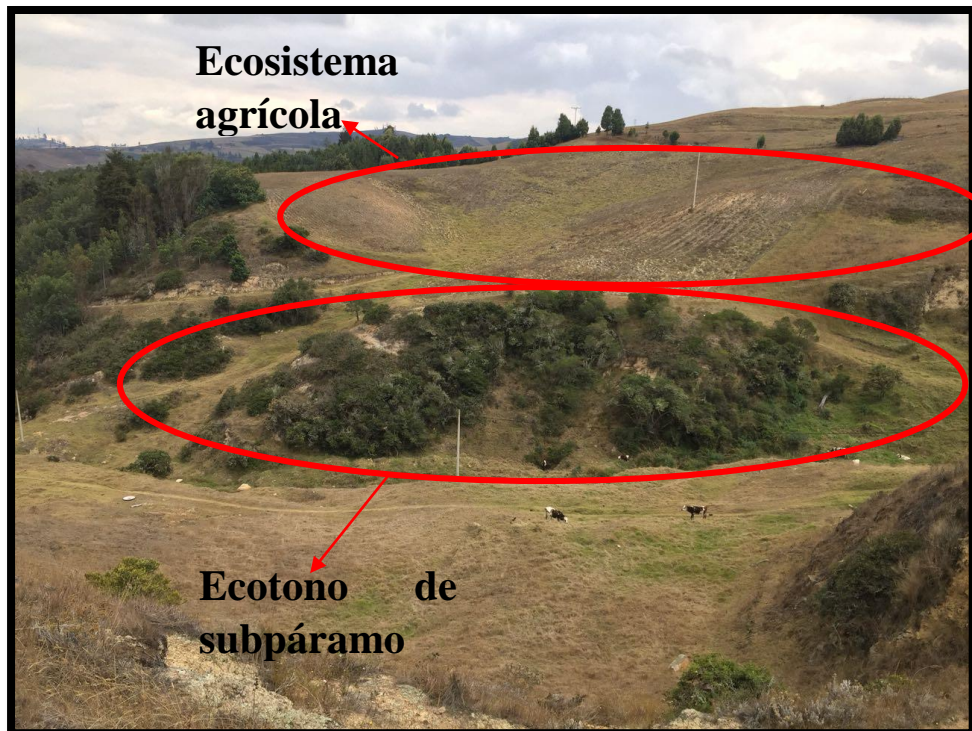


Figura 13 Ecotono y ecosistema agrícola desde la zona de estudio (Foto de los autores).

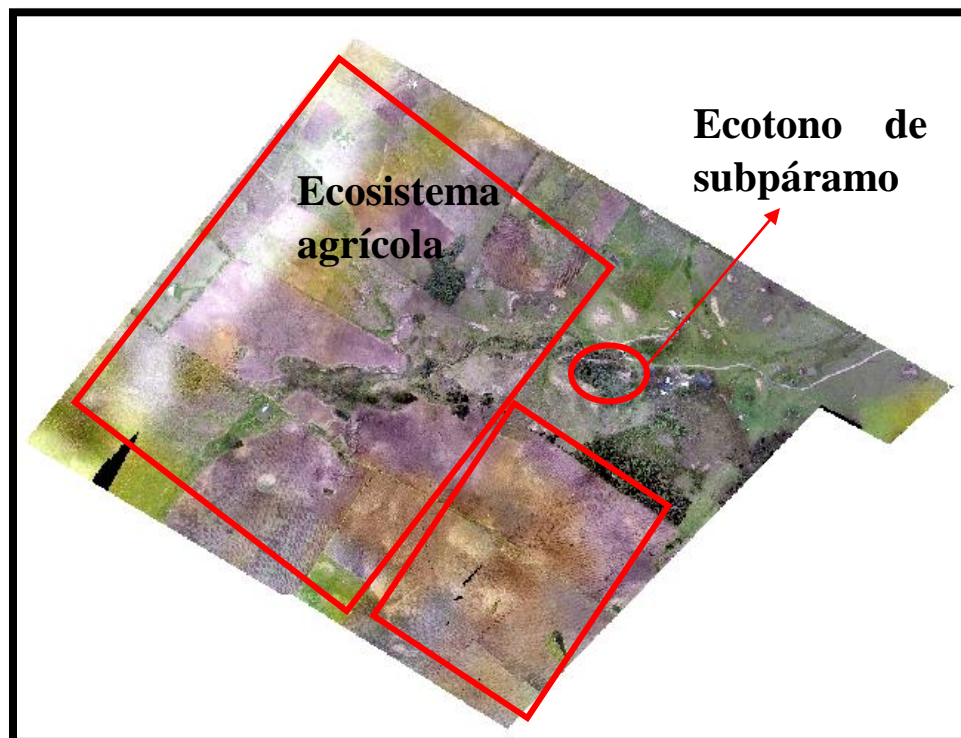


Figura 14 Ecotono y ecosistema agrícola desde la fotografía aérea (Fuente: Elaboración propia).

5.1.1.1.4 Evaluar la dinámica y función hidrológica.

Para la evaluación de la dinámica y función hidrológica de la zona de estudio se realizó en primera instancia el mapa geológico (Figura 15), con el objetivo de identificar la formación sobre la cual se encuentra la concesión minera. Para lograr esto, se identificaron las unidades presentes en el municipio de Tunja y su distribución espacial sobre el área de estudio.

En el mapa de las unidades geológicas para todo el municipio de Tunja, el área más grande corresponde a la unidad de Guaduas (Tkg) comprende un 24,4 % del área total del municipio, representa areniscas y arcillas con presencia de mantos de carbón explotables, por el contrario el área con menor representatividad en el mapa, corresponde a la unidad Lacustre (Ql) con un 1 %, en esta se encuentran gránulos de areniscas blancas de grano fino con una matriz arcillosa, chart, arcilla amarilla, arena arcillosa de grano fino a medio, con fragmentos de arenas rojas y amarillas.

Posteriormente, se realizó la superposición de las unidades geológicas y los cuerpos de agua en la zona de estudio, para obtener el mapa hidrogeológico (Figura 16)

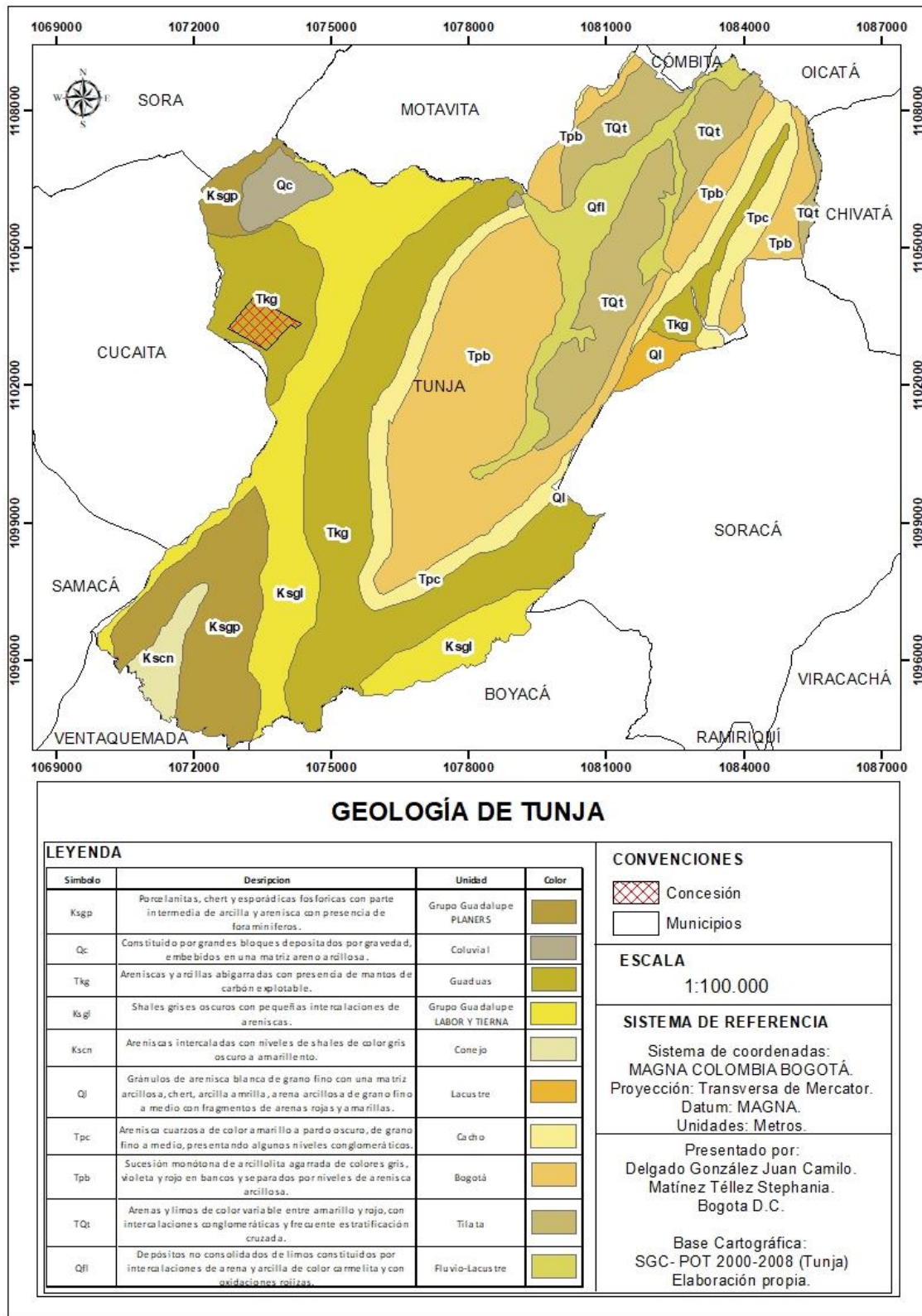


Figura 15 Mapa geológico del municipio de Tunja. (Fuente: Elaboración propia).

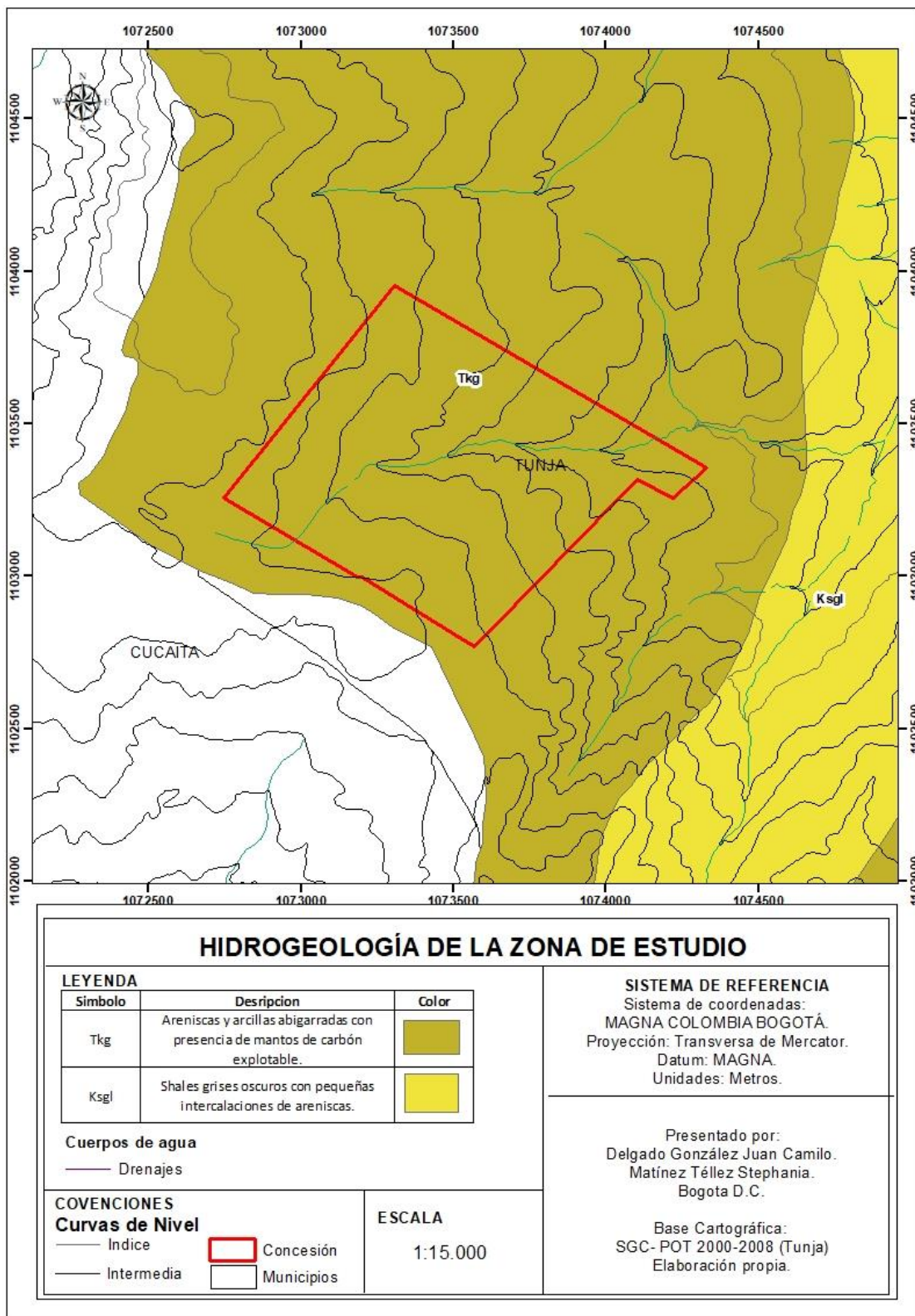


Figura 16 Mapa geológico de la zona de estudio. (Fuente: Elaboración propia).

Con base en el mapa geológico y al mapa hidrogeológico de la zona de estudio, la unidad geológica sobre la cual se desarrolla el trabajo de investigación es la formación Guaduas (Tkg) la cual está compuesta por dos partes, inferior o estéril y el superior. El conjunto litológico inferior se constituye principalmente por arcillolitas grises fisibles, intercaladas por areniscas blancas grisáceas de grano muy fino, cuarzosa cementada y muy compacta, este alcanza un espesor de 125 m. Con respecto al conjunto litológico superior, se encuentra desde el manto inferior de carbón hasta la base de las areniscas del Socha Inferior, la interestratificación consta de tres a seis mantos de carbón lenticulares, con grosores entre los 0,3 y 3 m siendo estas zonas completamente aptas para la explotación de carbón (Chinome y Torres, 2014).

Las areniscas y las arcillas que conforman la unidad litología sobre la que se desarrolla el trabajo son de origen detrítico, productos de meteorización transportados por corrientes de cualquier fuente, los que posteriormente se alojan en las estructuras porosas de sedimentos formando las rocas sedimentarias (Vallejo, 2014).

En este orden de ideas, para entender la dinámica y función hidrológica de la zona de estudio, se procedió a la elaboración de un mapa hidrológico que tuvo en cuenta variables como el tipo de suelo, el orden de los caudales y se reconocieron jagüeyes que sirven como reservorios para tiempos de sequía en la zona como se observa en la figura 17.

El tipo de suelo que se identificó en la zona de estudio corresponde a andisoles o andosoles, el cual, según la Unión Internacional de la Ciencia del Suelo (por sus siglas en inglés IUSS) (2007) se define como suelos negros que proceden y son originarios de procesos volcánicos que se encuentran en regiones montañosas, y que se localizan principalmente en las regiones cercanas al Cinturón de Fuego del Pacífico. Por otro lado, estos suelos favorecen la variedad de cultivos debido a su fertilidad y capacidad de retener materia orgánica y demás minerales esenciales para su

proliferación, asimismo brinda soporte a los ecosistemas de la alta montaña, pues son comunes en regiones húmedas, árticas y tropicales, lo que los hace fundamentales para la vida misma; también, tienen la capacidad de retener grandes cantidades de agua que posteriormente serán descargadas a afluentes y en este sentido ser usadas para el consumo humano cumpliéndose el ciclo hidrológico.

Por su parte, la jerarquización y orden de los drenajes, basado en el modelo de Horton- Strathler aplicado en la zona de estudio dio como resultado que los drenajes dentro de la concesión minera son de primer orden, no tienen asociado un nombre según la cartografía del IGAC 1:25.000, y su nacimiento se da en la alta montaña, por lo que la escorrentía y posterior unión a medida que disminuye la cota de elevación o altura, da origen a drenajes de segundo orden que posteriormente se irán uniendo con otros drenajes para formar drenajes de tercer orden y así sucesivamente como se puede observar en la (Figura 17).

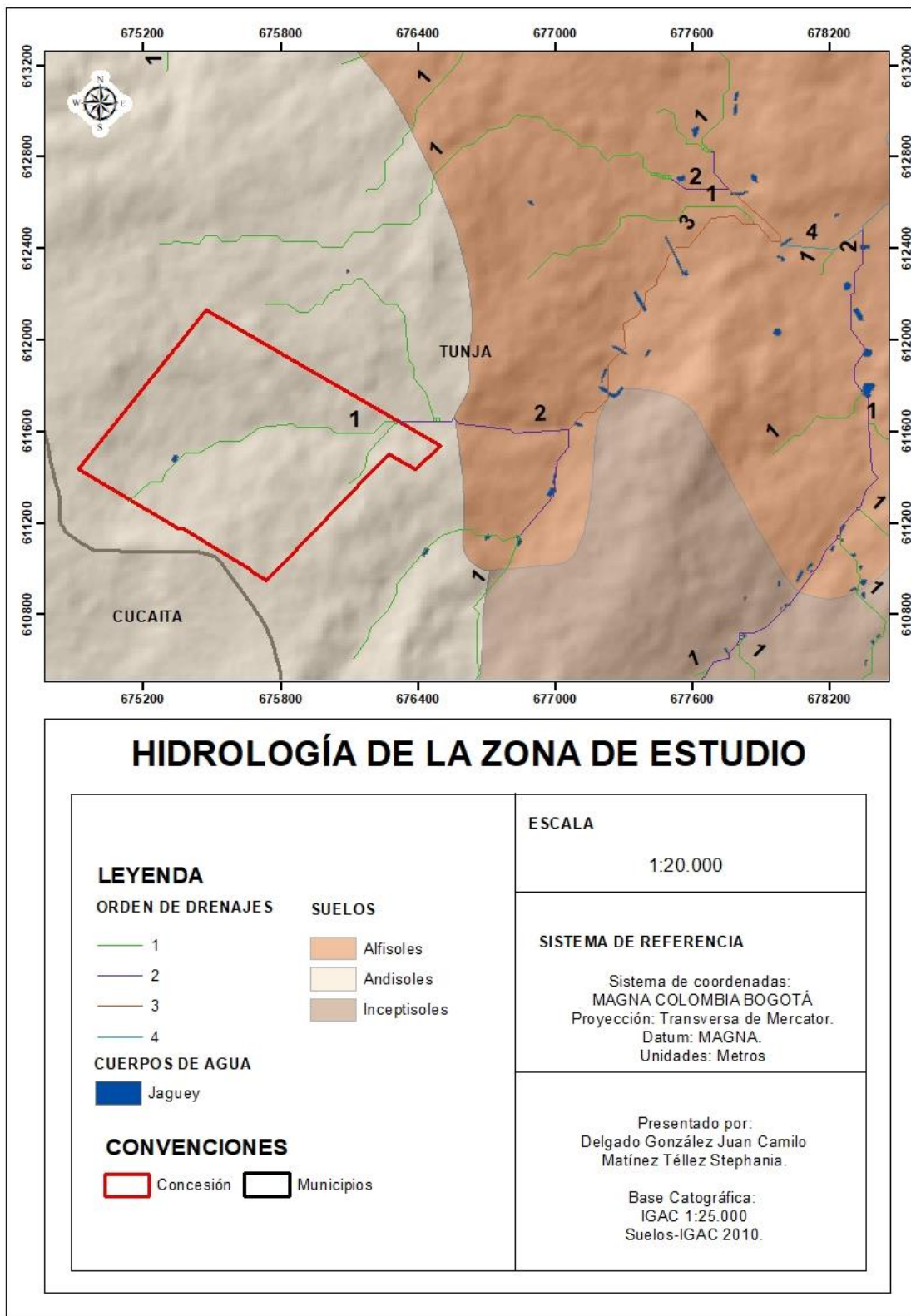


Figura 17 Mapa hidrológico de la zona de estudio. (Fuente: Elaboración propia).

Según la Guía metodológica para la delimitación de páramos en Colombia, en la alta montaña la red de drenajes no presenta disecciones agudas o de profundización debido a que estos van descendiendo de manera vertical hasta llegar a zonas con menor altura y menor porcentaje de pendientes en donde se generan las disecciones y profundización de los drenajes, por lo que los órdenes de los drenajes en la alta montaña son de 1,2 y 3 y en la parte baja se vuelven de orden 4 y 5.



5.1.1.2 Integridad Ecológica.

5.1.1.2.1 Evaluar la conectividad entre el bosque Altoandino y el páramo

Para el cumplimiento de este criterio se tuvo en cuenta el resultado obtenido en la identificación de ecotonos y ecoclinas correspondientes a la zona de transición entre el bosque altoandino y el subpáramo propiamente dicho; basándose en estos resultados es posible verificar la ausencia de estos dos ambientes en la zona de estudio por lo que se considera que no se puede evaluar la conectividad.

No obstante, se reconocieron parches de especies no nativas en el área de estudio, representadas por tres especies de árboles: Pino Patula (*Pinus patula*), Eucalipto Blanco (*Eucalyptus globulus*) y la Acacia Negra de flor amarilla (*Acacia melanoxylon*) (Tabla 7).

Tabla 7 Bosques no nativos en la zona de estudio

Especie (nombre común/nombre científico).	Registro fotográfico
Pino Patula (<i>Pinus patula</i>)	
Eucalipto Blanco (<i>Eucalyptus globulus</i>)	
Acacia Negra de flor amarilla (<i>Acacia melanoxylon</i>)	

Fuente: Elaboración propia

El pino patula (*Pinus patula*) de acuerdo con CORPOBOYACA (2016), es una especie originaria de México, la cual se ha distribuido en Centro y Sudamérica, y en Colombia se encuentran entre los 2000 y 2900 m.s.n.m. entre los 10 y 19 °C; los requerimientos ambientales necesarios para el desarrollo y proliferación de esta especie están relacionados con los suelos, pues crece en casi todos prefiriendo los suelos ácidos profundos y húmedos, los cuales usualmente son arenosos a arcilloso arenosos.

Por otro lado, el eucalipto blanco (*Eucalyptus globulus sp.*), es originario de zonas del Este, Sudeste y pequeñas áreas de la costa Este de Tasmania e islas del Estrecho de Bass y Sur de Victoria, Australia (Balmelli, 1995); de igual forma, los requerimientos ambientales necesarios para el desarrollo de este árbol depende de lluvias periódicas en invierno con precipitaciones entre los 600 y 1400 mm y veranos frescos y secos de temperaturas máximas medias entre los 20 y 23 °C, y mínimas medias de 0 y 8 °C (Marcó, Harran, Traverso y Gelid, 2000).

Por su parte, la acacia negra de flor amarilla (*Acacia melanoxydon sp.*), es nativa de las Grandes Montañas Azules, que es un área protegida mundialmente de Nueva Gales del Sur en Australia; también se encuentra en África, América, Europa, Nueva Zelanda, el Pacífico, el océano Índico y Japón; entre sus requerimientos ambientales se encuentra la altura, pues este crece entre los 2000 y 3000 m.s.n.m. y temperaturas entre los 5 y 20 °C, además crece en suelos áridos y sitios secos pues tiene la capacidad de adaptarse a suelos arenosos y erosionados reciclando los nutrientes y aumentando la disponibilidad de fósforo (P), Calcio (Ca), Potasio (K) y Magnesio (Mg) (Corpoboyacá, 2016).

Finalmente, estas especies cumplen funciones específicas dentro de la zona de estudio, el pino patula es implementando en la producción de madera que se utiliza para leña, en pulpa de papel y elaboración de muebles; el eucalipto blanco es utilizado para la adquisición de madera y su

posterior transformación en vallas, cercas y postes por su estructura vertical; finalmente, la acacia negra es sembrada para la recuperación de suelos, control de erosión y producción de leña.

La ubicación espacial de estas especies en el área de estudio, se puede observar en la figura 18, de forma que se pueda apreciar la distribución y dimensión dentro de la concesión minera.

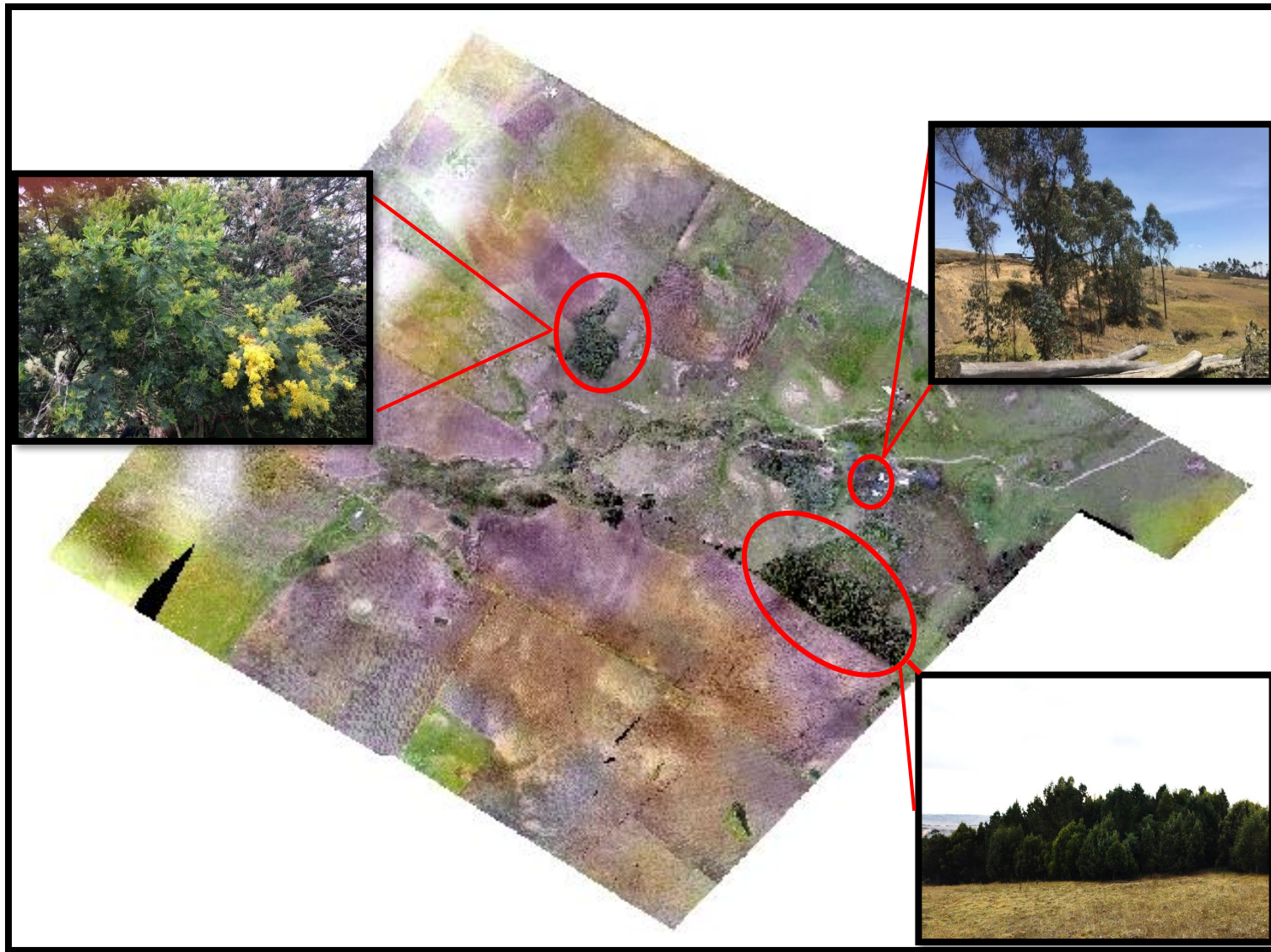


Figura 18 Reconocimiento espacial de la vegetación no nativa (Fuente: Elaboración propia a partir del mosaico obtenido de las imágenes capturadas con el dron).

5.1.1.2.2 Reconocer la variabilidad de la franja inferior del páramo frente al cambio climático

En el climograma (Figura 19) se muestra que los meses con mayor precipitación corresponden a abril-mayo y octubre-noviembre con precipitaciones promedio de 79,50 mm, y los meses con menor precipitación para enero-febrero, julio-agosto y diciembre con una media de 30,72 mm; por otra parte, los meses de mayor temperatura pertenecen a marzo-abril-mayo y noviembre con promedio de 13,56 °C, y la temperatura más baja se presenta en el mes de julio con 12,04 °C. Por otro lado, los rangos de precipitación media mensual varían entre 13,73 mm y 85,27 mm y los rangos de temperatura media mensual entre 12,04 °C Y 13,8 °C.

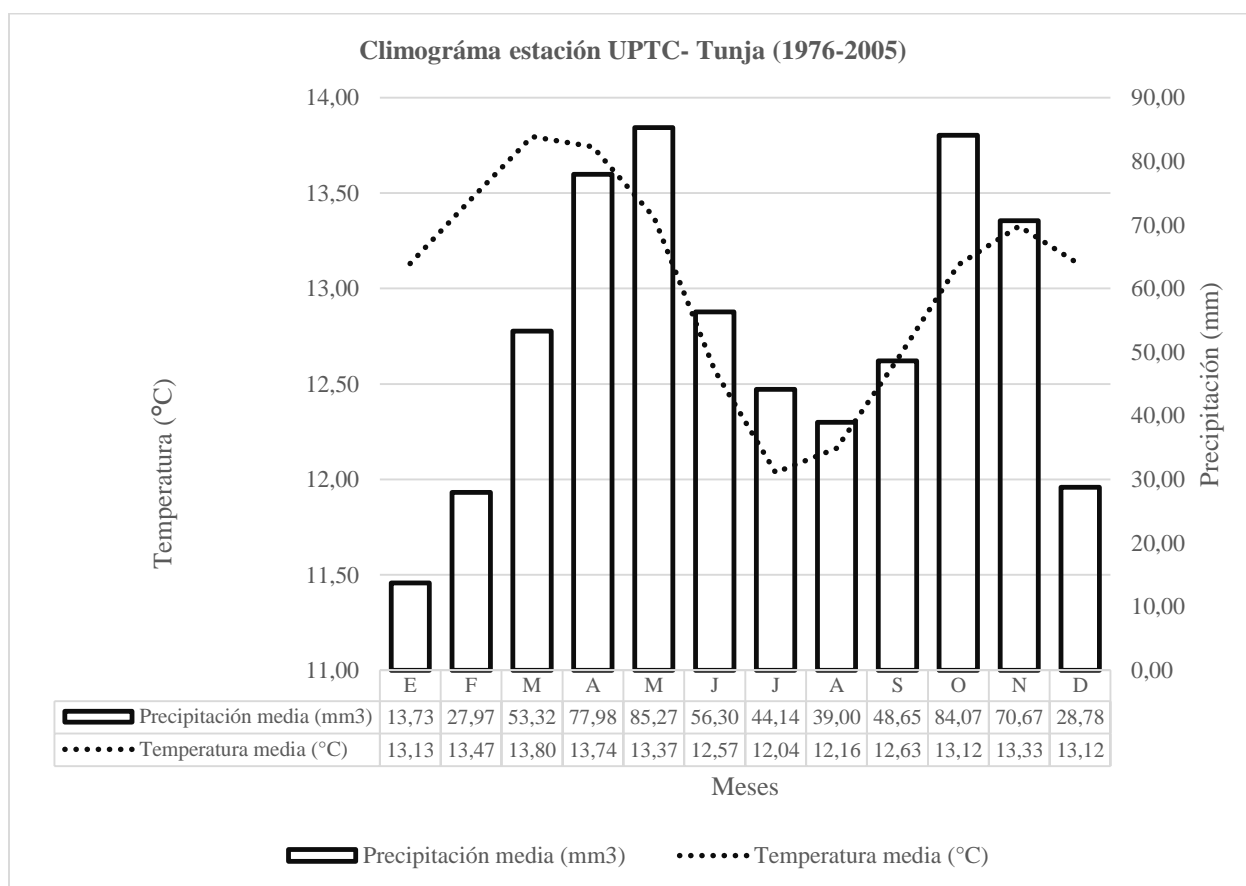


Figura 19 Climograma de la estación climática de la UPTC para los años de 1976 a 2005. (Fuente: Elaboración propia).

En cuanto a los resultados de variabilidad climática, se representaron los datos de temperatura mensual para cada año, comparada con el promedio multianual de la misma equivalente a 13,04 °C y se observó que el pico más alto de temperatura registrado fue de 15,3 °C en el mes de abril de 1998, seguido del año 2005 con un registro de 15 °C para el mes de marzo; por el contrario, la temperatura más baja fue de 11,1 °C en el mes de julio de 1986, continuado del año 1976 con temperatura de 11,3 °C del mes de julio igual que el año 1978 para el mes de agosto, ver figura 20.

Adicionalmente, se calculó la variación de temperatura teniendo en cuenta el promedio anual, por lo que se determinó que este aumento fue de 0,74 °C para el periodo de tiempo estudiado.

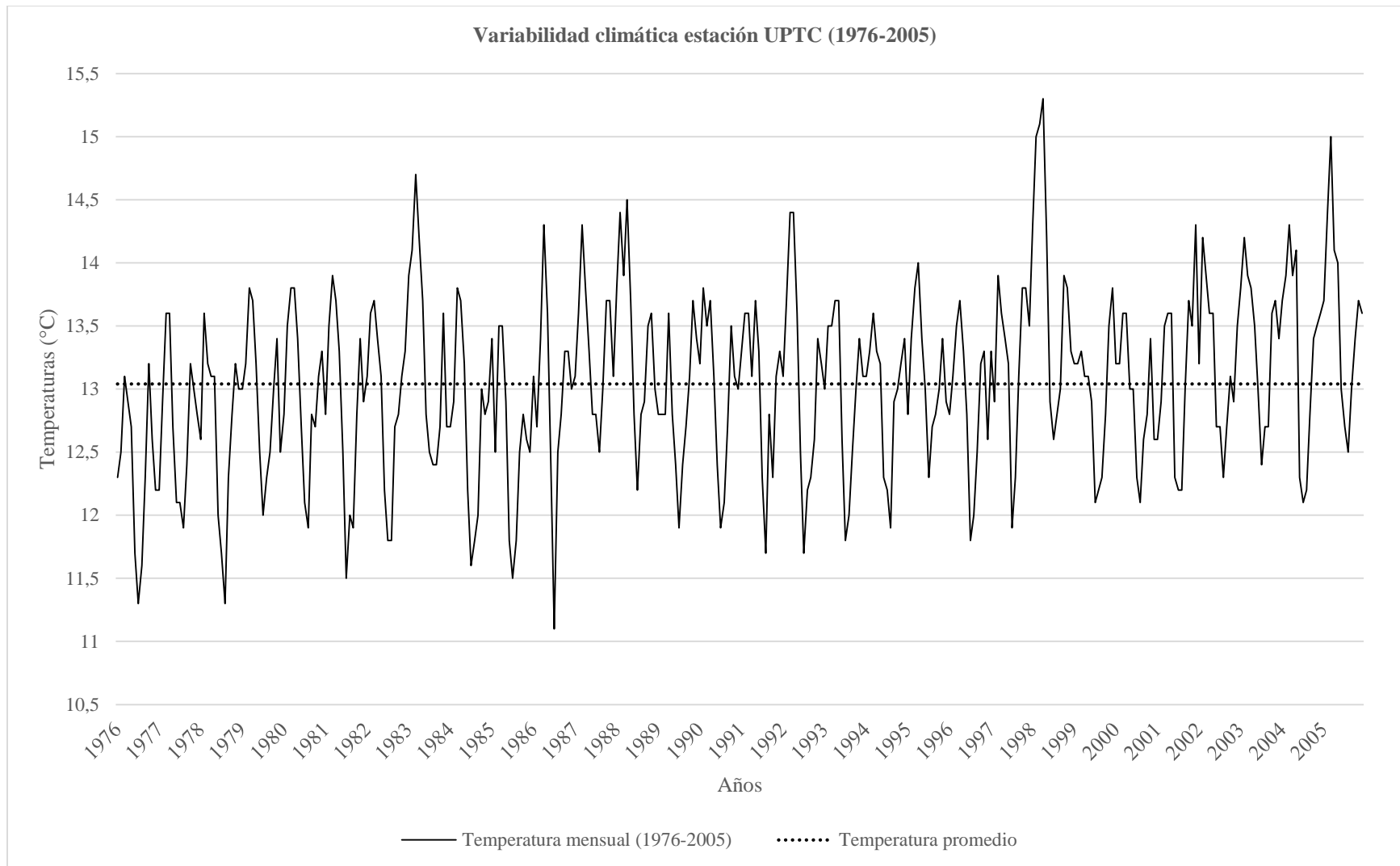


Figura 20 Gráfico de variabilidad climática de los años 1976 a 2005(Fuente: Elaboración propia).

5.1.1.3 Componente sociocultural

5.1.1.3.1 Participación social en la definición y manejo de los páramos

Durante el ejercicio participativo por medio de los grupos focales y la cartografía social se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones descritas en la tabla 8.

Tabla 8 Actores sociales involucrados en la participación social

Actores consultados	
Habitantes y propietarios históricos de la zona a delimitar	35 personas*
Pueblos indígenas y negritudes	No se registran
Beneficiarios del servicio hídrico proveniente del páramo	No se registran

Fuente: Elaboración propia

*Se tuvieron en cuenta trabajadores constantes dentro de la zona de estudio especializados en minería.

Los resultados obtenidos con el primer grupo focal estudiado niños y niñas de la escuela La Esperanza, en relación con las actividades económicas de sus padres fue el siguiente, ver tabla 9 y figura 21.

Tabla 9 Presentación de los datos obtenidos en la escuela La Esperanza

Actividades económicas		
Actividad	Cantidad	Porcentaje
Minería	8	47,06%
Agricultura y ganadería	6	35,29%
Policía	1	5,88%
Trabajador social	1	5,88%
Taxista	1	5,88%
Total	17	100%

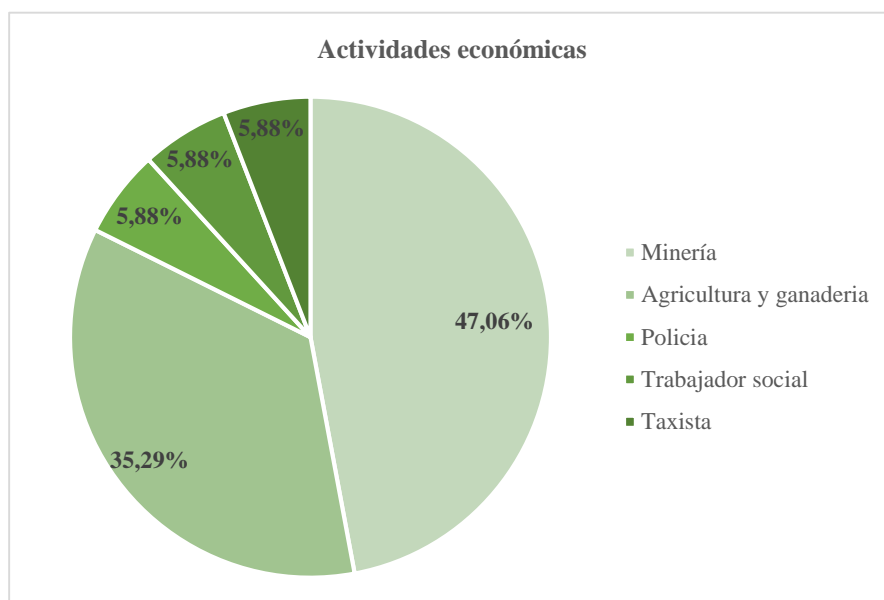


Figura 21 Diagrama de torta de las actividades económicas. (Fuente: Elaboración propia).

Como se evidencia en la figura anterior el mayor porcentaje corresponde a la actividad minera, seguido de las actividades de agricultura y ganadería.

Por último, el resultado del segundo grupo focal (mineros y habitantes de la zona) quienes representaron en un mapa base de la zona de estudio predios, cultivos, vegetación, animales, bocaminas, viviendas, cuerpos de agua, entre otros., se observa en la figura 22.

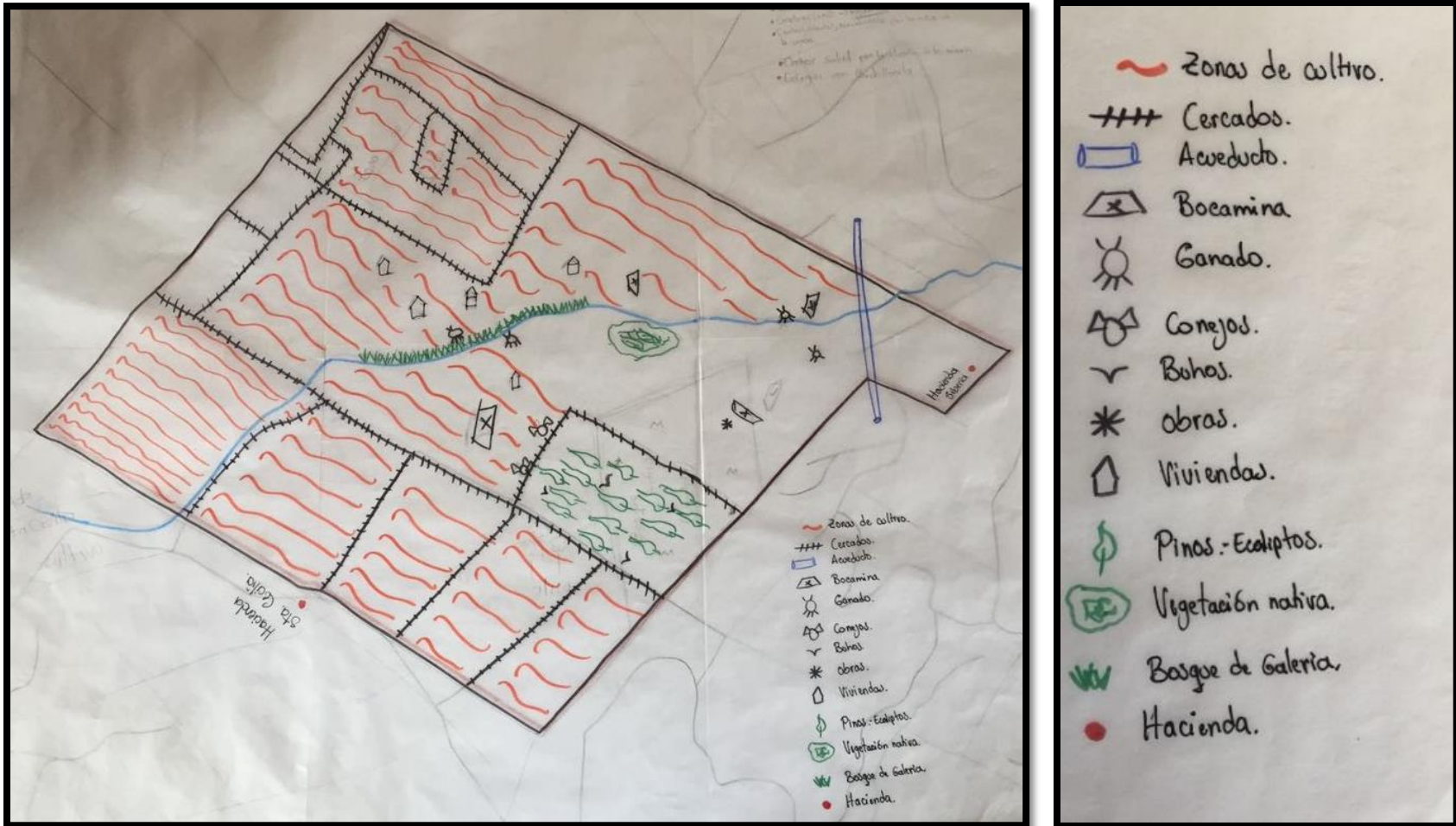


Figura 22 Cartografía social elaborada por los mineros de la zona (Fuente: Ejercicio de cartografía social realizado por los autores)

En el desarrollo de la cartografía social se evidencio la distribución de especies animales como búhos, ganado y conejos dentro de la concesión minera, además, se representó la vegetación que ha sido introducida como resultado de las actividades mineras que se desarrollan en el lugar, sin embargo, también se hace referencia a un pequeño parche de especies nativas, que contrastas con los parches de especies introducidas, razón por la cual en sus planes a largo plazo se han propuesto restaurar el paisaje con especies nativas. Por otro lado, en los usos del suelo, lo que más predomina en el área laboral corresponde a la agricultura y la minería; es importante mencionar que las viviendas evidenciadas dentro del polígono corresponden a proyecciones que realiza la comunidad, así como el acueducto que actualmente se está implementando para suplir las necesidades básicas de la población; finalmente, este grupo focal identificó y expuso opiniones sobre lo que sería conveniente para el desarrollo de la zona:

- Aumento de la economía fortaleciendo la explotación de carbón y las actividades ganaderas y agrícolas.
- Mejoras en las vías de acceso.
- Implementación de centros de salud.
- Ejecución de colegios con bachillerato
- Creación de centros sociales y recreacionales para los niños y niñas.

5.1.1.3.2 Identificación de páramos antropizados

En la necesidad de conocer el subpáramo más allá de las coberturas vegetales es preciso entenderlo también como un territorio donde se desarrollan actividades culturales y económicas realizadas por hombres y mujeres; por esta razón cuando se hace mención al páramo antropizado se debe tener en cuenta en la zona de estudio a la población que ha dispuesto de estas áreas para actividades

ganaderas, agrícolas o mineras que deben incluirse dentro de los procesos ecosistémicos de la alta montaña.

En este sentido, la imagen resultante del levamiento aéreo (Figura 23) muestra que no hay evidencia de páramos antropizados puesto que no hay presencia de vegetación correspondiente a dicho ecosistema además de lo evidenciado en campo.

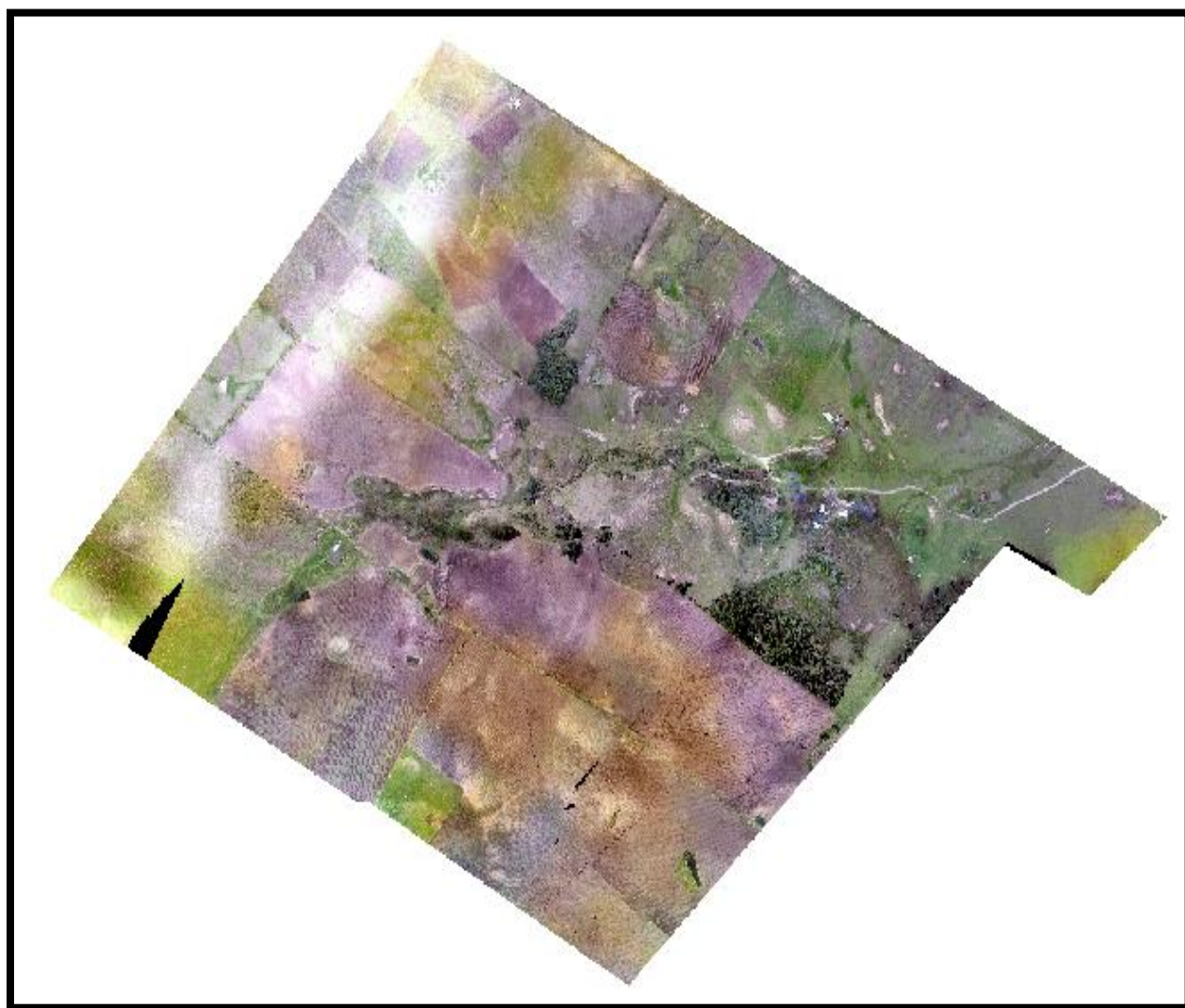


Figura 23 Fotografía aérea y área de páramo.(Fuente: Elaboración propia).

5.1.1.3.3 Concordancia del límite de páramo con la estructura predial

Para la zona de estudio se realizó un mapa en donde se evidencian los límites prediales actuales además de la vereda. (Figura 24)

En el mapa presentado, se evidencian 5 predios, los cuales se encuentran al interior de la delimitación del páramo del Altiplano Cundiboyacense; actualmente se encuentran divididos en varias parcelas que son arrendadas por los dueños con fines agrícolas, ganaderos y mineros para las comunidades campesinas.

Finalmente, no se logran identificar territorios colectivos (comunidades afrocolombianas) y resguardos (comunidades indígenas) dentro de la cartografía del Ministerio de Interior (MININTERIOR) y el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER), actualmente conocido como Agencia Nacional de Tierras (ANT) que está dentro del Sistema de Información Ambiental Colombiano (SIAC) de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

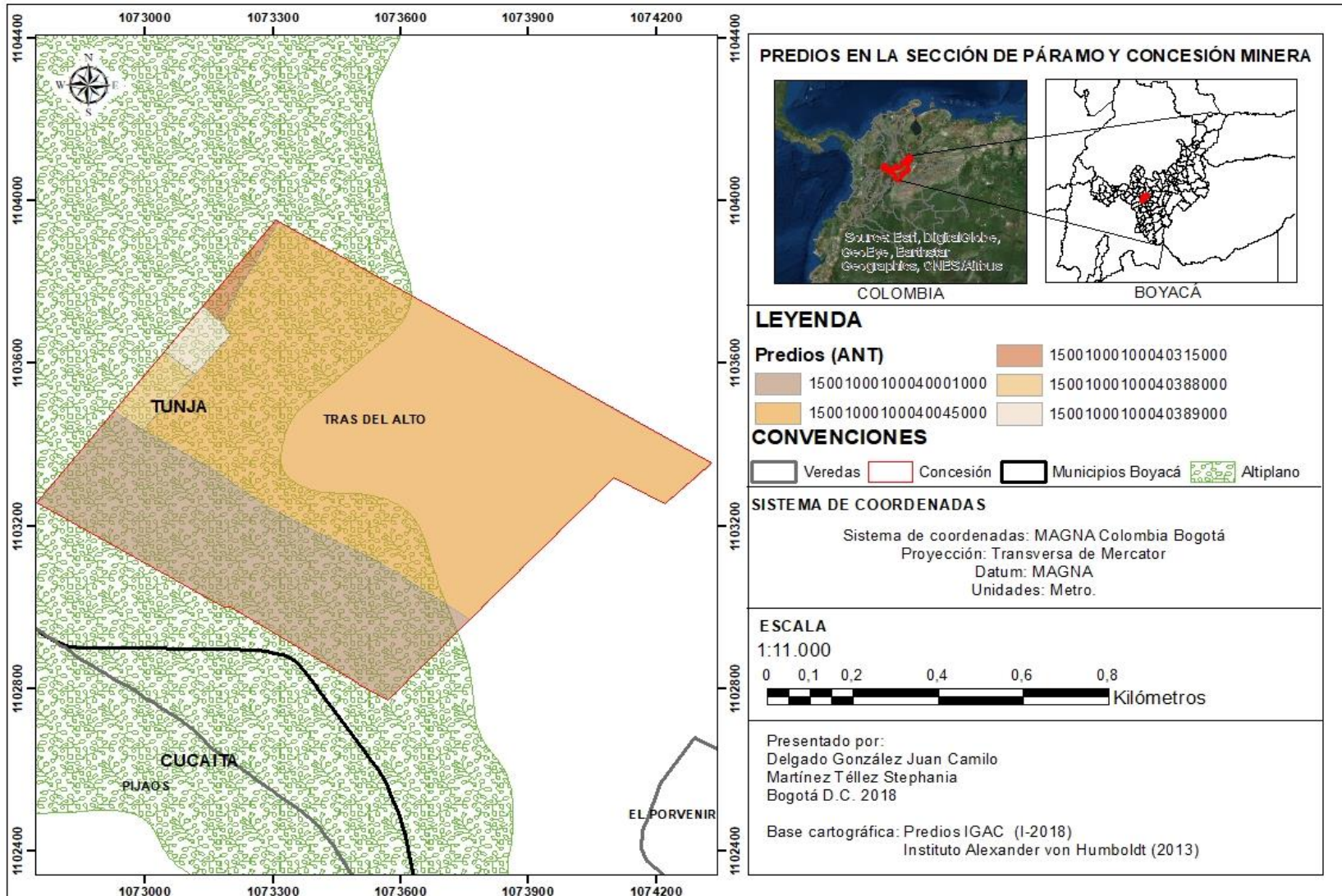







Figura 24 Mapa de predios y veredas en la concesión minera. (Fuente: Elaboración propia)







5.1.2 Análisis de limitaciones dentro de la guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos y su posible cumplimiento






En los componentes de la guía de delimitación de páramos en Colombia se contemplaron varias limitaciones desde el punto de vista regional que pueden ser cumplidas a escala local; por esta razón se presenta en la tabla 10 las limitaciones correspondientes a cada componente. Asimismo, se muestra su cumplimiento o no cumplimiento respecto a los resultados obtenidos para cada uno de los componentes expuestos en la investigación.

Tabla 10 Lista de limitaciones de la guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos en Colombia

Componente	Limitación	Cumplimiento	Desarrollo
Biogeofísico.	1. Variación difusa de la franja de páramo bajo o subpáramo o alto contraste entre los tipos fisonómicos de vegetación boscosa y abierta de paramo.		Se identificó la franja baja de páramo mediante el DEM y su concordancia con la delimitación del Instituto Humboldt.
	2. Alta variación en los factores biofísicos (cobertura vegetal variable y diversa).		Se registraron las especies de vegetación que se encuentran en la zona de estudio
	3. Las geoformas del páramo en su límite inferior no se distinguen claramente.		Para efectos de esta investigación, la identificación de dichas geoformas requiere de un estudio enfocado únicamente a la geomorfología.
	4. Falta de identificación de geoformas a escala local en los páramos del país, y obtener o actualizar los insumos requeridos para tales propósitos.		Para efectos de esta investigación, la identificación de dichas geoformas requiere de un estudio enfocado únicamente a la geomorfología.
	5. Falta de establecimiento de indicadores tempranos de degradación del ecosistema.		Para efectos de esta investigación, la realización de indicadores toman tiempo pues se necesita un estudio detallado de los efectos de degradación de los ecosistemas de páramo.

	6. Escaso conocimiento de flujos superficiales, subterráneos locales e intermedios.	±	Se realizó el mapa hidrológico e hidrogeológico de la zona de estudio, con recomendaciones para estudios geofísicos de aguas subterráneas.
Integridad ecológica	1. Falta de conocimiento del funcionamiento hidrogeológico, meteorológico y de las comunidades de flora y fauna del páramo.	✗	Este tipo de estudios se deben realizar a largo plazo y por especialistas en cada grupo, de forma que no se pudieron realizar en la presente investigación.
	2. Poco conocimiento en el análisis funcional de los páramos.	✗	No hay presencia de páramo.
	3. El estudio de integridad ecológica puede resultar reduccionista de los procesos sociales y culturales que adelantan las comunidades locales en el espacio geográfico del páramo.	✓	Se tuvo en cuenta a la población para los análisis de integridad ecológica con base a la información suministrada en la cartografía social.
	4. Este componente puede estar relacionado con los derechos del territorio de las comunidades locales y de otras actividades económicas.	✓	Se conoció la historia de las comunidades que allí viven y su relación con el territorio por medio de los grupos focales fundamentado en las fotografías aéreas.

	5. Vacíos en la información y escaso conocimiento autoecológico de las especies en la medición del impacto en especies de larga vida.		Se necesitan especialistas para esto.
	6. La vulnerabilidad del páramo frente a fenómenos de cambio climático requiere de monitoreo permanente.		No se cuenta con información suficiente ni concisa debido a que este es un fenómeno muy variable.
	7. El cambio climático es un proceso poco conocido y dinámico que no permite establecer de manera concisa franjas de delimitación.		Se realizó el análisis multianual de las variables de precipitación y temperatura para los años 1976-2005 para evidenciar la variación en la franja inferior del páramo por el cambio climático.
Socio-cultural	1. El juego de intereses entre actores puede generar problemas para llegar a una delimitación efectiva.		Se conocieron las actividades económicas que se presentan en la zona por medio del grupo focal realizado con los estudiantes de la escuela La Esperanza y los mineros.
	2. Son pocos los ejercicios político-institucionales que articulan o proyectan vincular de forma real a los pobladores locales en la elaboración e implementación de planes de manejo ambiental en los páramos.		No se cumple, sin embargo se recomienda implementar un componente de gobernanza para establecer relación entre las comunidades y las entidades encargadas.
	3. La ejecución toma tiempo.		La participación social en la delimitación de los páramos es un proceso que requiere de tiempo.

	<p>4. El ejercicio de diálogo de saberes no resulta sencillo en todos los casos.</p>		<p>Se dio la oportunidad al grupo focal de los mineros de dar su punto de vista acerca del territorio en el que se encuentran, sin embargo, no se dio la oportunidad de socializar con entidades gubernamentales y locales.</p>
	<p>5. La representación tradicional del espacio que se utiliza en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y que normalmente se adopta en los ejercicios de planificación, puede tener bastantes limitaciones para la delimitación de espacios socialmente constituidos.</p>		<p>Se lograron identificar espacios socialmente constituidos como cultivos, minas y la escuela de la vereda.</p>
	<p>6. Falta de conocimiento de indicadores sobre funcionamiento ecológico de los páramos antropizados y de los cambios generados en la dinámica de la vegetación típica de páramo y su funcionamiento.</p>		<p>Para efectos de esta investigación, la realización de indicadores toman tiempo pues se necesita un estudio detallado sobre las funciones ecológicas de los páramo, así como los cambios generados en la vegetación típica del mismo.</p>
	<p>7. Ausencia de información catastral actualizada.</p>		<p>Se utilizó la información catastral del IGAC para el primer semestre del año 2018.</p>
	<p>8. Algunas unidades territoriales que incluyen páramos (especialmente resguardos), se extienden hasta cotas que pueden estar cerca al nivel del mar. En estos casos, el criterio debe acotarse haciendo uso del conjunto de criterios biogeofísicos.</p>		<p>No se identifican resguardos ni comunidades colectivas dentro de la zona de estudio.</p>

Fuente: Elaboración propia

5.2 Identificar el cambio del uso del suelo y cobertura vegetal en la zona de estudio

Las fotografías aéreas permitieron identificar las áreas de cobertura vegetal, cuerpos de agua y cultivos que se encontraron dentro de la concesión minera para su posterior interpretación como se muestra en las figuras 26, 27 y 28.

La cuantificación de los datos obtenidos para los años 1985, 2007 y 2018 se presentan en la figura 25 en la que se muestran los datos en hectáreas para los cultivos y la vegetación, asimismo la cantidad de reservorios.

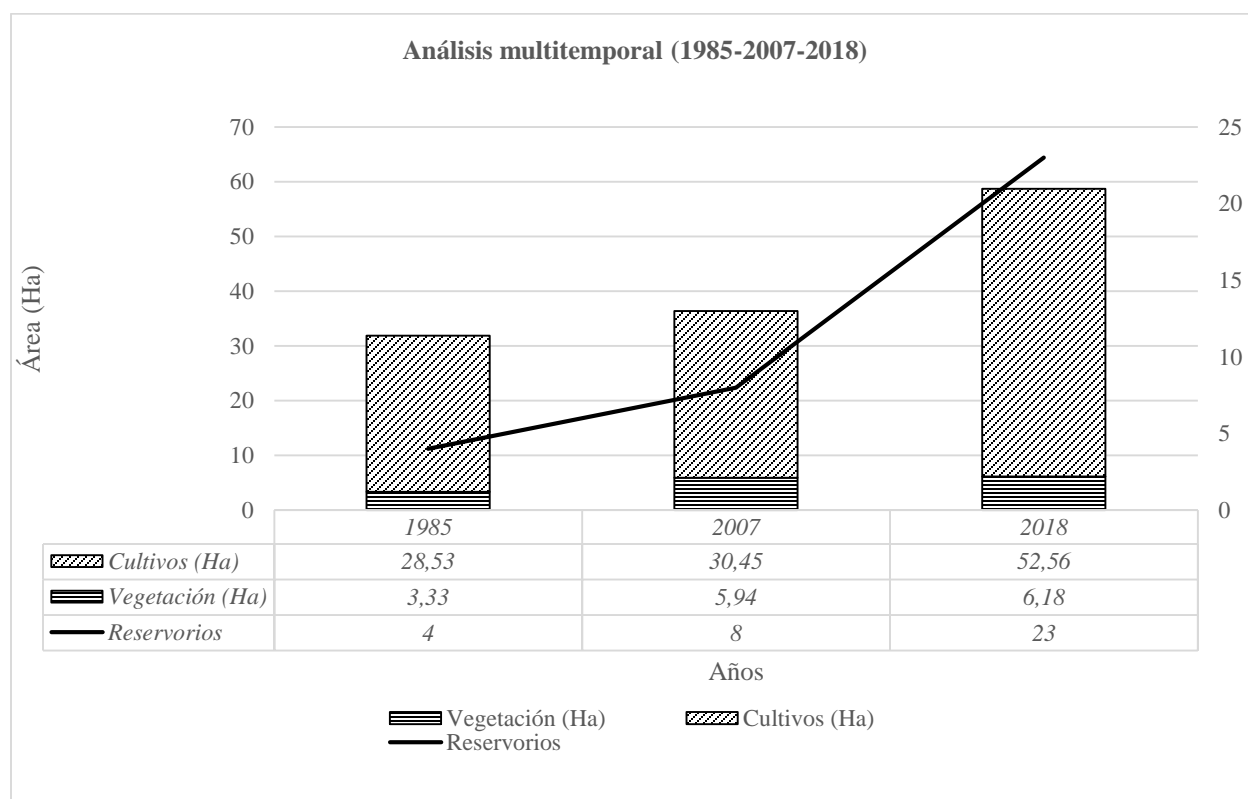


Figura 25 Gráfico de análisis cuantitativo de los elementos de estudio. (Fuente: Elaboración propia).

Como se muestra en la figura anterior, las tres variables analizadas aumentaron progresivamente. A pesar de que el intervalo de 1985 a 2007 es mayor, los cambios no son tan pronunciados, sin embargo, para el periodo 2007 a 2018 se evidencia un cambio drástico en los cultivos y reservorios.

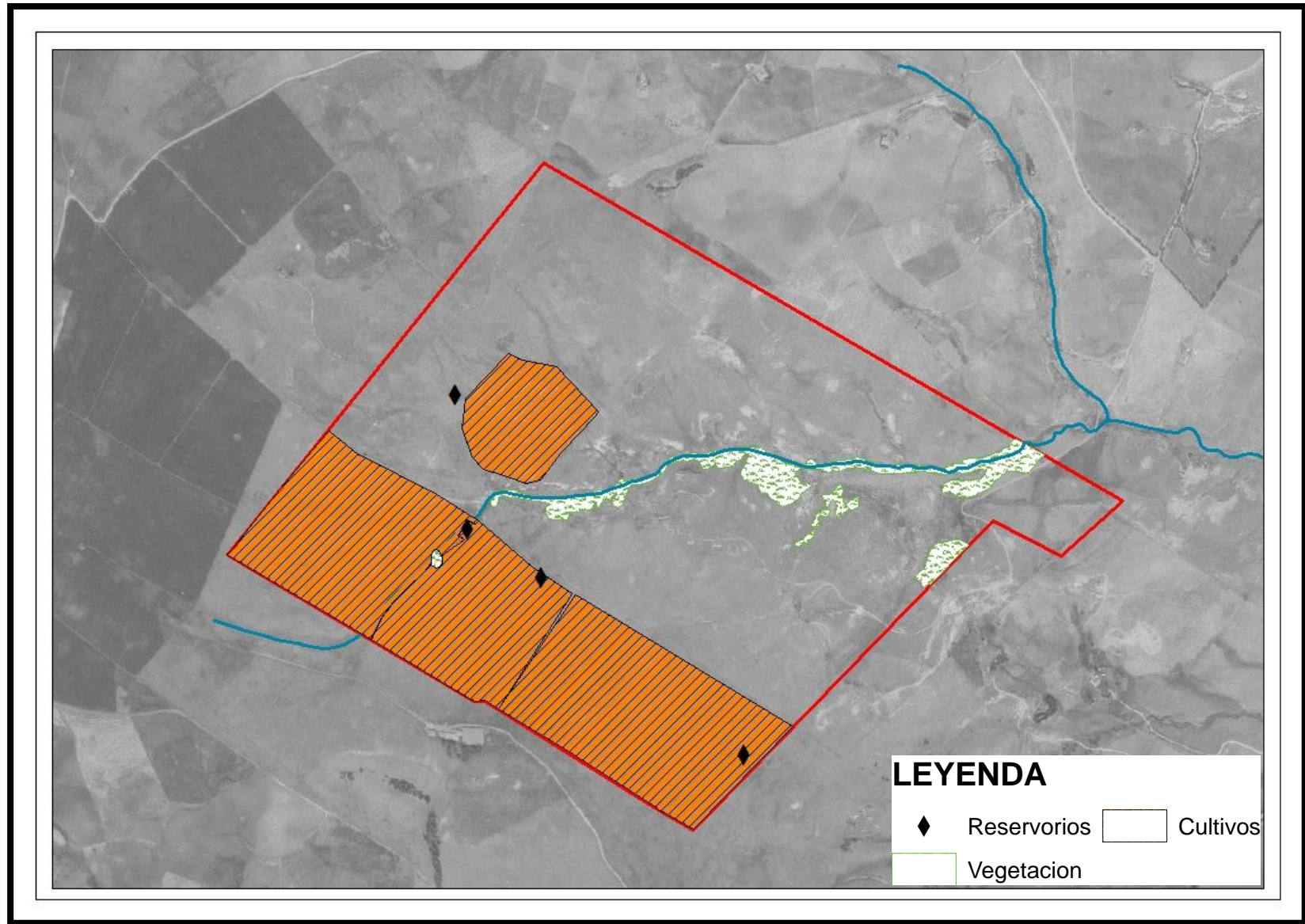


Figura 26 Interpretación visual de la fotografía aérea de 1985.(Fuente: Elaboración propia).

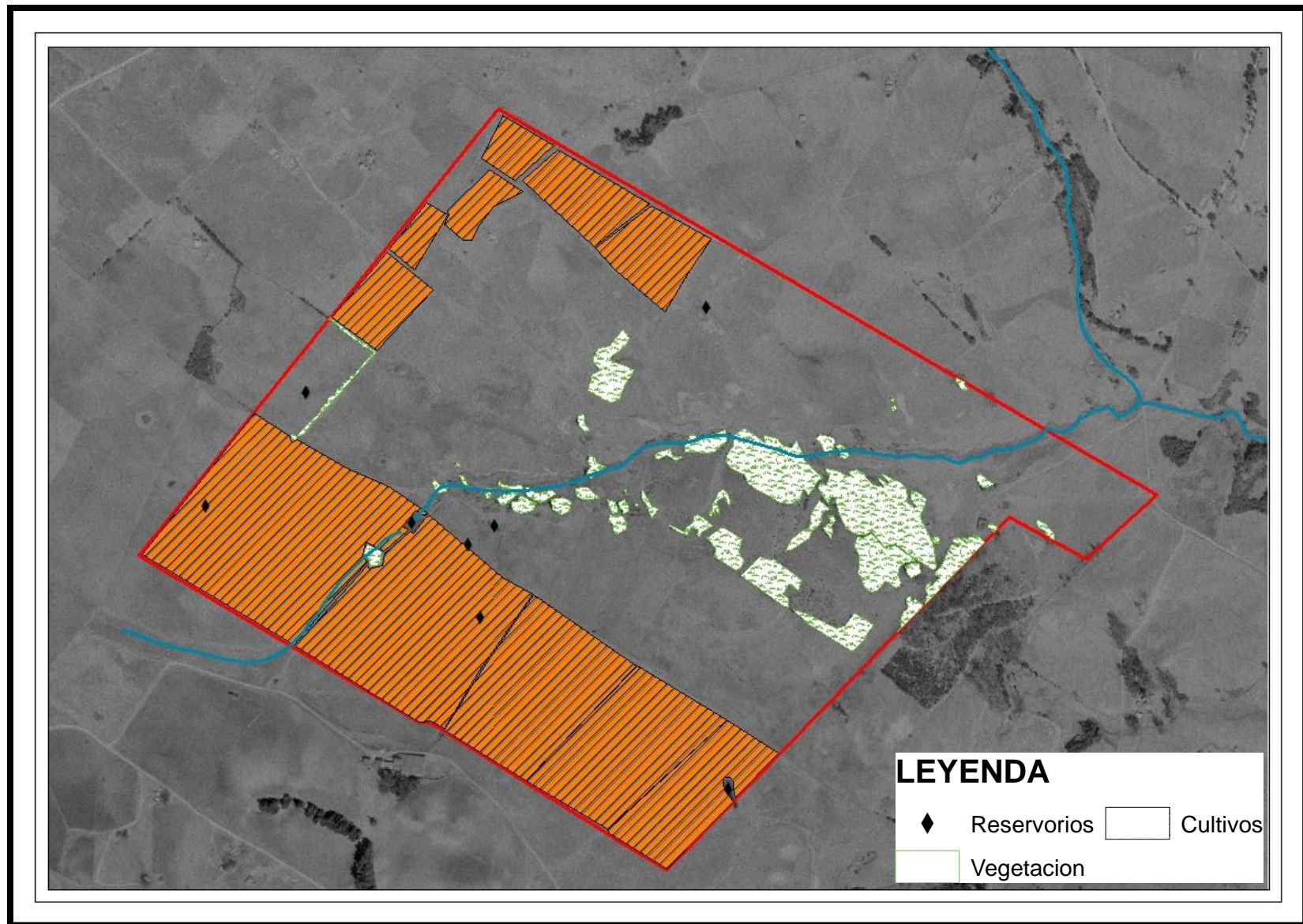


Figura 27 Interpretación visual de la fotografía aérea de 2007. (Fuente: Elaboración propia)

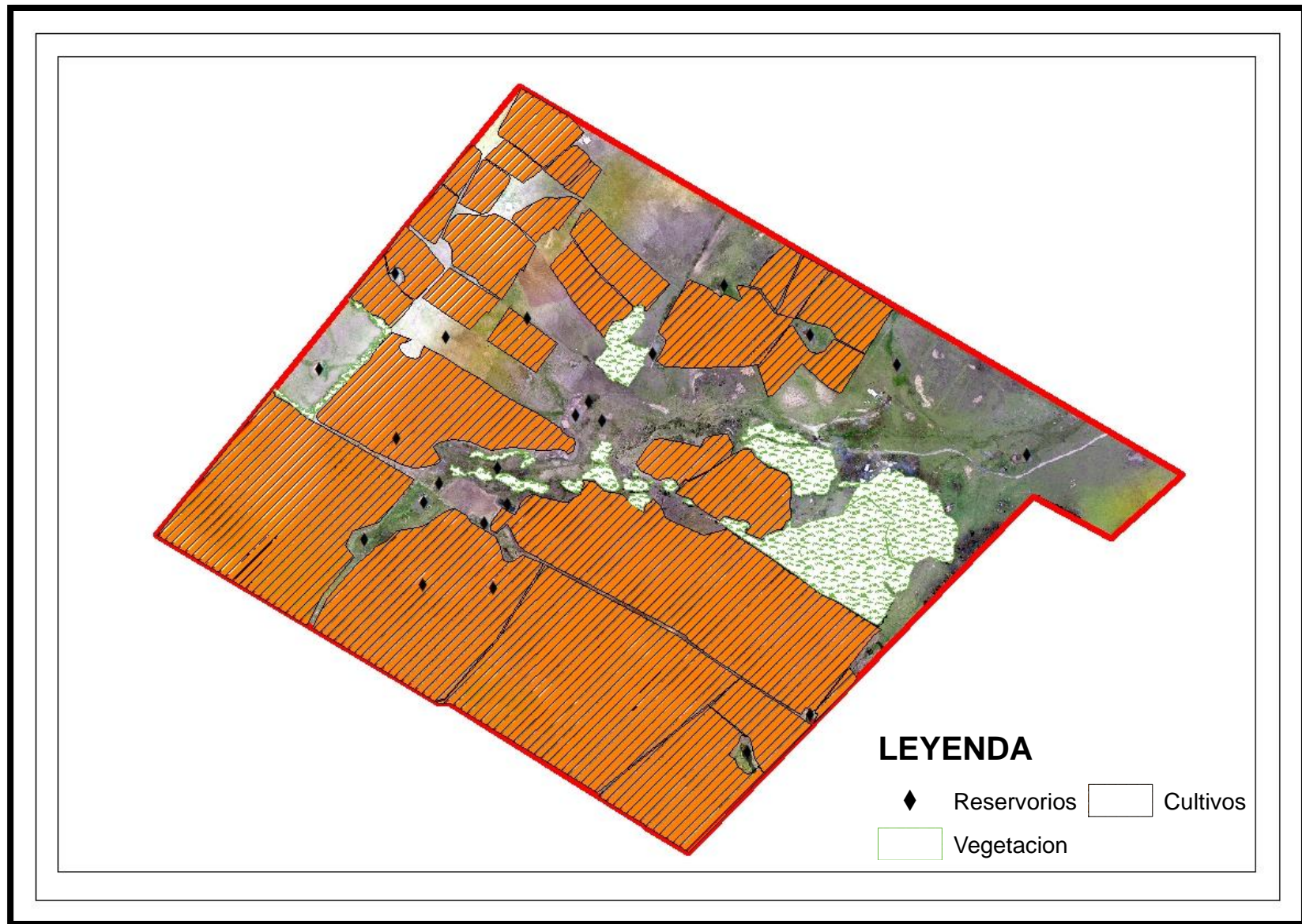


Figura 28 Interpretación visual de la fotografía aérea de 2018. (Fuente: Elaboración propia)

5.3 Proponer ajustes para la guía de delimitación de páramos en Colombia.

Con base en los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación y la experiencia vivida en campo se evidenció la falta de conocimiento por parte de los habitantes de la zona acerca de los temas ambientales relacionados con áreas que presentan algún estado de protección.

Cabe resaltar que, a pesar de la ausencia de características propias y representativas de un ecosistema de páramo en la zona de estudio, legalmente, ésta se encuentra delimitada como una zona de páramo. Dicho esto, las entidades encargadas (Instituto Humboldt-CORPOBOYACÁ-MADS) tienen la obligación de informar a la población sobre dicha delimitación, su importancia y sus restricciones dentro del ámbito socio-económico.

Por esta razón, se proponen técnicas de participación en educación ambiental que sirvan como plan piloto para cualquier delimitación de páramos a nivel nacional y que esta a su vez, sea implementada como un criterio dentro del componente socio-cultural en la guía de delimitación de páramos en Colombia.

El desarrollo del criterio de las técnicas de participación en educación ambiental, obedece a lo que Álvaro y García (2008), definen como:

“Un paradigma que introduce la ideología de forma explícita y la autorreflexión crítica en los procesos del conocimiento. Su finalidad es la transformación de la estructura de las relaciones sociales y dar respuesta a determinados problemas generados por estas, partiendo de la acción-reflexión de los integrantes de la comunidad”(p.189).

Por lo que deberá desarrollarse mediante la participación social con enfoque en las problemáticas locales buscando alternativas que solucionen las mismas. De igual forma, es necesario tener en

cuenta las dinámicas sociales y naturales del contexto en el que se encuentran para lograr una relación sostenible. Las oportunidades de este criterio se encaminan a que la gente pueda conocer su territorio, no solo desde el punto de vista ambiental, sino desde el punto de vista de las transformaciones antrópicas que constantemente se presentan en el medio en el que habitan (Farías y Garzón, 2013).

6. ANALISIS DE RESULTADOS.

6.1 Componente biogeofísico

Con base en los lineamientos que para efecto señale el MADS, la Unidad Administrativa Especial de Sistemas de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN), el IDEAM, el Instituto Humboldt y el IGAC, los páramos de la cordillera Oriental serán delimitados a partir de los 3.000 m.s.n.m. conforme con la Resolución 0769 (2002) del MADS, la cual dicta las disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos, en el artículo primero del capítulo I.

De acuerdo con lo anterior y para efectos de este trabajo de investigación, la zona de estudio, en su franja altitudinal inferior corresponde a zona de páramo ya que el límite se encuentra sobre los 3100 m.s.n.m. Sin embargo, la delimitación de estos ecosistemas no puede generalizarse a una cota mínima de altura, pues la topografía, las geoformas y el clima no son similares en todas las regiones del país, además como se evidencia en la concesión minera, la actividad social también es un factor que puede cambiar las condiciones de los ecosistemas paramunos; adicionalmente, al identificar las franjas altitudinales se realizó el registro de la vegetación, encontrando pequeños parches de especies nativas entre los 3080 y 3100 m.s.n.m., correspondientes a las plantas mostradas en la tabla 5 asociadas a la rivera de la Quebrada que cruza la concesión minera, entonces, como se mencionó en dicha tabla, estas especies pueden desarrollarse sobre diferentes

cotas altitudinales, lo que no las hace representativas de un ecosistema paramuno, teniendo en cuenta que las plantas de este ecosistema serían únicamente las que se encuentren sobre los 3000 m.s.n.m.

La quebrada reconocida en la zona de estudio presenta un modelado de valle fluvial, que en cuanto al criterio de identificación del modelado y los procesos morfogénicos de los paisajes de páramo, no es exclusivo de este ecosistema, pues esta geoforma está presente en todos los drenajes del mundo (Dietrich y Dunne, 1993). Adicionalmente, al realizar el estudio a nivel local no se logró identificar la procedencia de los diferentes tipos de modelados que dieron origen a la zona de estudio, puesto que para lograr esta observación es necesario realizar la caracterización regional y de provincia para su correcto reconocimiento (Leyva, 2011). Cabe resaltar que esta información (regional y de provincia) es pertinente para justificar la presencia de páramos, ya que estos están ligados a la influencia del hielo de la última glaciación, y por lo tanto, a la presencia de modelados periglaciares heredados, morrenas y lagunas glaciares (Flórez, Barajas, Jaramillo, Martínez, Barrera, Montoya, Tobón y Ceballos, 2010). Además, otro factor que afectó la identificación de geoformas fue la vegetación, ya que su presencia cubre formaciones que pueden ser determinantes en el reconocimiento de ecosistemas de páramo, así como el tipo de modelado.

Es preciso mencionar, que la jerarquización de la quebrada de orden uno (no recibe afluentes de otro drenaje), nace sobre una divisoria de aguas, lo que produce el escurrimiento de gran parte del agua lluvia impidiendo el almacenamiento y la acumulación de agua de forma natural en los suelos, lo que repercute de forma directa en el proceso de meteorización de las rocas y a su vez en la formación de suelos por procesos físicos y químicos.

Dicho de este modo, es importante reconocer el orden de los drenajes sobre todo desde su nacimiento como se presenta en la zona de estudio ya que esto permite la jerarquización de la

cuenca para su posterior zonificación en estudios ambientales, económicos, sociales, políticos y culturales que serían beneficiosos para la región (Ibisate, 2004), y que servirán como instrumento de desarrollo en temas de uso y manejo de los recursos naturales, así como la toma de decisiones en los planes de ordenamiento territorial (CAR, 2006).

Según el estudio Nacional de suelos en Colombia del 2010, en la zona de estudio predomina el tipo Andisol, que se caracteriza por tener buena capacidad de almacenar agua gracias a su alta porosidad, posee un alto contenido de materia orgánica que da origen a un horizonte de color negro, este suelo favorece el desarrollo de actividades agrícolas. Si bien estos suelos son altamente productivos en su estado natural, se ven afectados por el uso de plaguicidas y agroquímicos para el control de plagas, alterando su composición física y química (López, 2002), como es el caso que se presenta en la concesión minera. (ver figura 29)



Figura 29 Suelo afectado por plaguicida y agroquímicos. Fuente: propia

Consecuente a esto, otra actividad que está causando el deterioro progresivo del suelo, está relacionado con la minera extractiva dada por las condiciones geológicas de la zona, pues se encontró que al estar sobre la formación Guaduas hay presencia de mantos de carbón explotable, que al ser extraído por medio de bocaminas, genera fracturas en el suelo produciendo infiltración y causando la disminución de retención de agua en el suelo.

En la zona de estudio, las actividades agrícolas y mineras han degradado y transformado los ecosistemas nativos (Cabrera y Rodríguez, 2014), pues han primado las necesidades económicas y básicas en temas de comercialización y alimentación respectivamente, que como consecuencia ha generado la conformación de un agroecosistema de áreas agrícolas heterogéneas según el mapa de ecosistemas del IDEAM (2015) y reducción de la vegetación autóctona en parches aislados.

Sin embargo, como este caso se caracteriza por la ausencia de un páramo, no existe un sentido de conservación por parte de la comunidad humana, lo que conlleva a que vean los suelos con propiedades productivas y de explotación, a diferencia de otros casos como el del páramo de Santurbán, en donde si hay presencia de este ecosistema y actualmente se realizan proyectos para labores de extracción de oro, los cuales afectan directamente a la población por el aprovisionamiento de recursos indispensables como el agua, suelo y aire, es decir que en ellos si está presente el sentido de conservación y protección de estas áreas (Callejas, 2015); en este sentido se puede afirmar que el pensamiento de conservación de las personas está relacionado con los beneficios que obtienen de un espacio específico.

Finalmente, no fue posible identificar un límite congruente con base en las características ecosistémicas de páramo por la falta de procesos bióticos y abióticos que lo representa, lo que imposibilita mantener de forma efectiva los bienes y servicios que le son prestados a las comunidades humanas.

6.2 Componente de integridad ecológica

Los parches de bosques que se encontraron en la zona de estudio presentan vegetación correspondiente a eucaliptos, pinos y acacias, una de las razones de la aparición de estas especies en Colombia, de acuerdo con Berrio (2017) es que a principios del siglo XX, fueron implementadas con fines de protección para los suelos y el agua en las cuencas de los ríos San Cristóbal (Río Fucha) que atraviesa la ciudad de Bogotá, nace en el páramo cruz verde y desemboca en el río Bogotá, San Francisco (Río Vicachá), el cual marcaba el límite norte de Bogotá en sus años de fundación colonial, nace en el páramo cruz verde, y baja desde el cerro de Monserrate desembocando en el río Fucha, y Arzobispo (Río Salitre o Juan Amarillo) nace en los cerros orientales de Bogotá y atraviesa las localidades de Santa Fe, Chapinero, Teusaquillo, Barrios Unidos, Engativá y Suba.

No obstante, durante las visitas realizadas en la zona de estudio se pudo comprobar que la función de estas especies, en la actualidad, obedece más a fines económicos. En la mina de explotación de carbón la presencia de pino y eucalipto, se encuentra asociada a la capacidad de retener grandes cantidades de agua que podrían ser infiltradas en la mina, además de las propiedades físicas y cualidades que las hacen un buen recurso para el sostén interno de la mina, así mismo se utilizan para la producción de postes y cercas; de otra parte, la acacia aunque no es utilizada con fines productivos, como el pino y el eucalipto, es implementada como cerca viva y de forma decorativa.

En cuanto a la variabilidad de la franja baja del páramo frente al cambio climático, se analizó que hubo un aumento de 0,74 °C en los 30 años estudiados teniendo como referencia los datos de la estación meteorológica de la UPTC ubicada en Tunja, estos datos son representativos para la zona de estudio, pues se encuentra en su totalidad dentro del área de influencia de la estación de la UPTC, como se muestra en la figura 30.

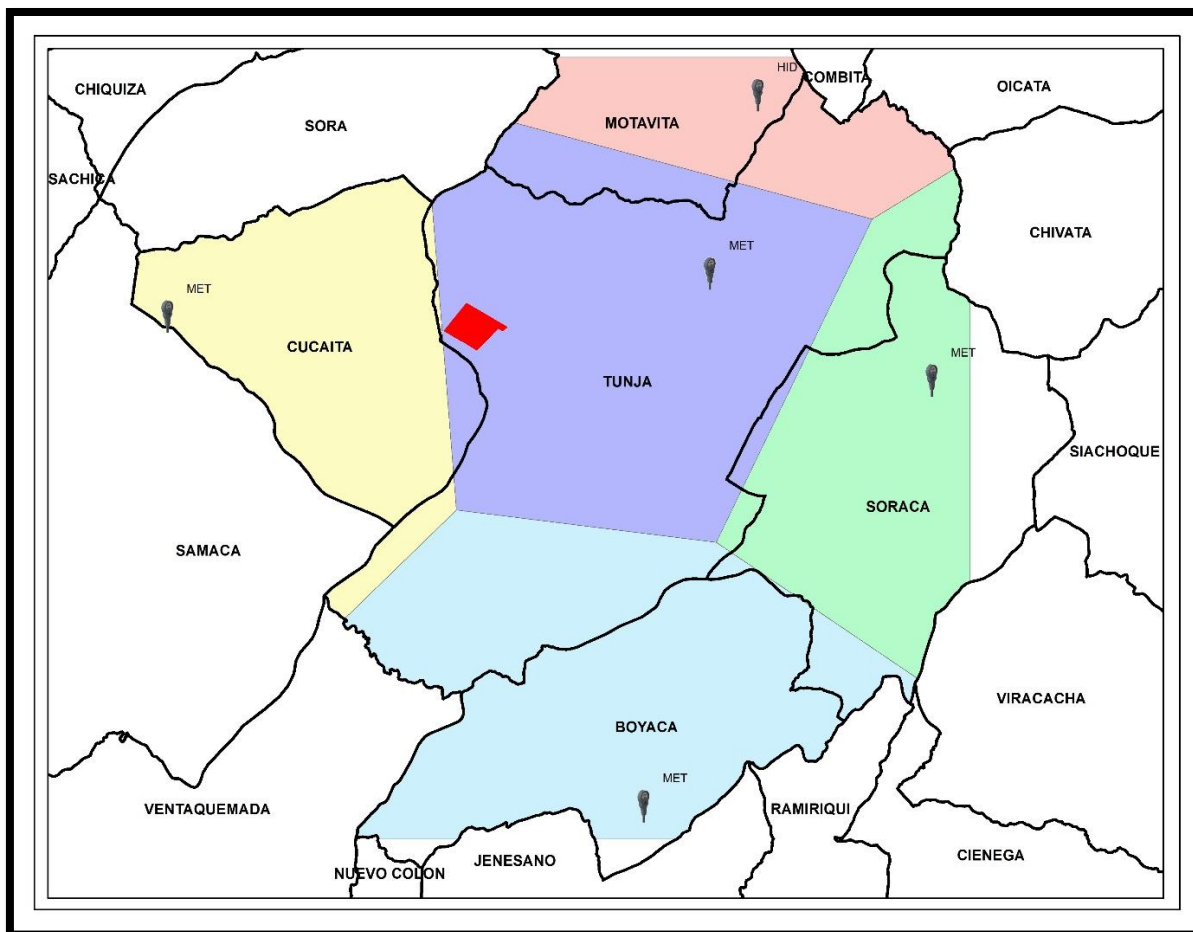


Figura 30 Polígonos de Thiessen (área de influencia) (Fuente: Elaboración propia a partir de las estaciones del IDEAM)

En relación con el comportamiento mensual de la precipitación y la temperatura, se evidenciaron variaciones climáticas normales, pues su conducta era inversamente proporcional, es decir, que si aumentaba la temperatura disminuía la precipitación (figura 32). Con el objetivo de comparar y validar la información obtenida, se realizó la comparación con el climograma elaborado por Cortés (2013) para los años 1981-2010 (figura 31) en el estudio de rendimiento para el cultivo de papa en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá.

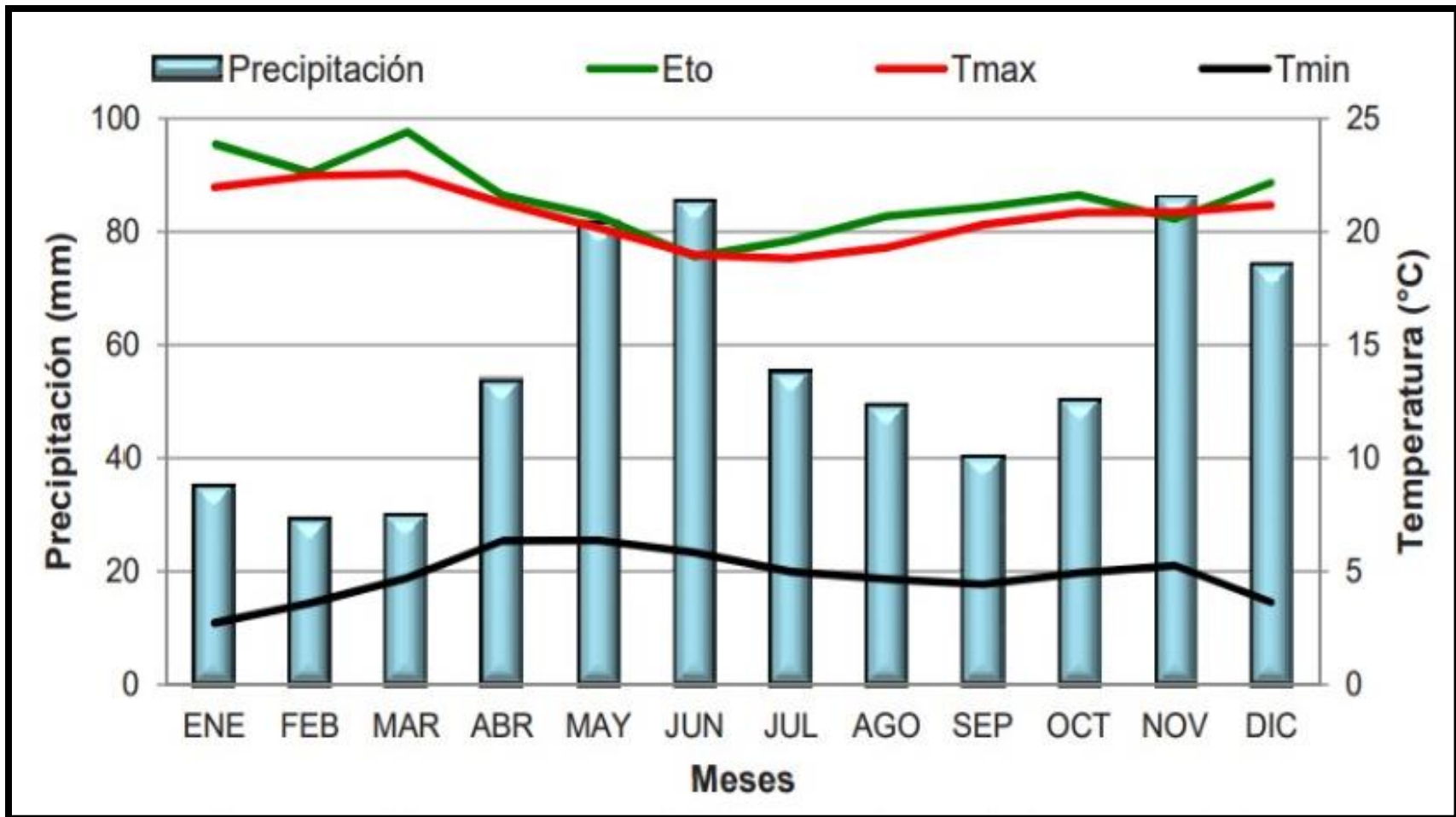


Figura 31 Climograma para Tunja años 1981-2010. Fuente: Cortés (2013)

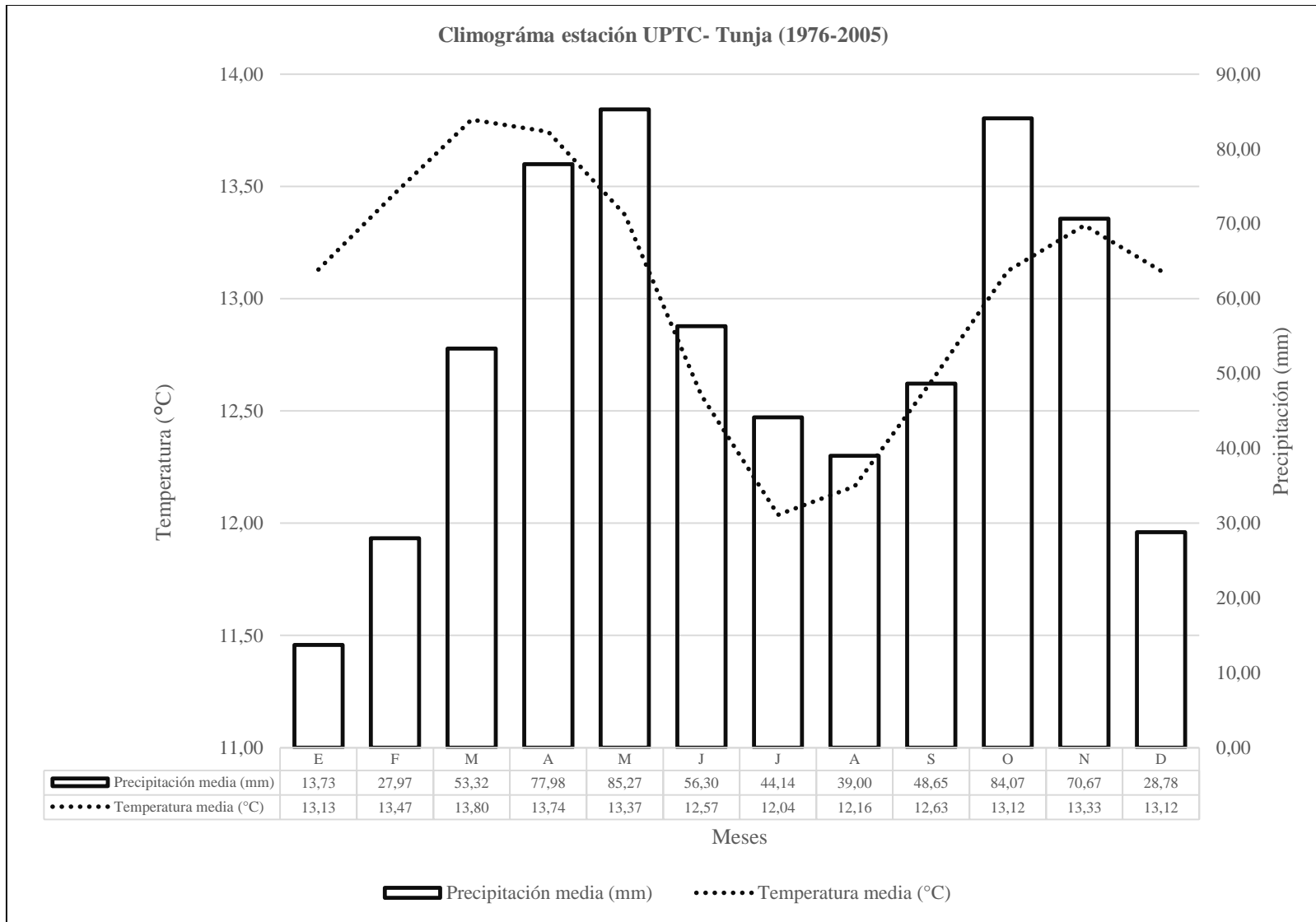


Figura 32. Climograma de la estación climática UPTC para 1976-2005. Elaboración propia

En los dos climogramas se observa un comportamiento similar en el sentido de que hay dos periodos pronunciados de lluvia y de sequía al año, por lo que se logró analizar que la tendencia y estacionalidad de la precipitación es de carácter bimodal, propio de la región Andina (Guzmán, Ruiz y Cadena, 2014). Debido al régimen que se presenta en la zona de estudio, la comunidad tuvo la necesidad de implementar reservorios dentro de la concesión minera para suplir la demanda generada por los cultivos en las temporadas de sequía, ya que, de acuerdo con relatos de la población, estos periodos tienden a extenderse afectando la producción agrícola.

Con respecto al gráfico de variabilidad climática (figura 20) se comparó el pico de mayor temperatura con el fenómeno de El Niño que se presentó desde mayo de 1997 hasta mayo de 1998 conforme a la ONI (2017) (Tabla 11) y se estableció que concuerdan, ya que en Colombia factores como la altitud, la ubicación geográfica y las corrientes de aire influyen directamente la temperatura, es decir, que de acuerdo con la ubicación geográfica de cierta zona del país, la temperatura podría no coincidir con los fenómenos cíclicos globales (El Niño y La Niña) (García, 2015). Dicho lo anterior se puede asumir que para el caso de la zona estudiada los datos de temperatura están relacionados con la precipitación.

Por el contrario, las temperaturas bajas no coinciden con la periodicidad del fenómeno de La Niña. No obstante, el periodo de mayor precipitación o humedad para el fenómeno de La Niña registrados por la ONI (2017), fue de julio de 1998 a febrero del 2001 con una temperatura promedio de 13,2 °C, lo que indica que estuvo 0,16 °C por encima de la temperatura media multianual que es de 13,04 °C.

Tabla 11 Registro histórico de fenómenos de El Niño y La Niña. Fuente: ONI (2015)

Años	Fenómeno de El Niño y La Niña											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1976	2,4	23,9	88,5	132,4	84,9	53	29,2	26,2	61,2	99,3	72	50
1977	0,2	0,5	28,1	63,4	66	53	23,9	48,1	43,1	50,5	106,8	23,8
1978	1,3	43,5	69,9	131,2	106	52,9	60,9	21,6	39,3	55,3	26,2	28,6
1979	15,2	13	44,7	144,7	90,2	89	21,2	70,2	35,2	161	155,7	29,3
1980	4,8	13	20,5	32	64,2	100,9	41,7	39,6	74,9	90,9	32,1	16,2
1981	15,8	20,1	5,7	149,3	187,5	80,9	30,8	50	48,6	88,6	79,4	18,2
1982	6,5	45,9	83,3	120,2	84,1	37,7	36,3	38,3	33,2	79,3	35,1	17,7
1983	6,5	21	36,4	85,6	75,5	32,1	34,2	38,8	14,7	42,6	11,2	59,9
1984	50,2	46,2	70,3	53,6	100,4	67	69,9	75,3	93,4	53,9	86,2	6,3
1985	7,9	2,9	37,7	44,8	77	41	47,1	48,3	61,6	113,4	110,9	69,5
1986	13,6	81,6	76,5	85,7	40,4	90,7	26,8	19,2	68,7	168,7	73,7	7,6
1987	1,8	10	38,7	97,4	93	40,2	66,7	55,6	24,6	100,9	37,9	22,1
1988	6,9	40,4	26,3	73,2	39	74,5	63	35	96,2	96,2	93,7	50,2
1989	2,5	33,4	142,7	20,3	74,2	49,8	44,3	27,2	65,5	59,9	52,7	25,2
1990	20,8	20,4	40,1	136,2	102,9	20,1	33,1	20,6	21,8	101,8	43,9	56,1
1991	0,5	11,8	89,8	62,9	75,7	37,5	31,3	32,3	43,7	35,9	85,6	16,8
1992	16,4	7,4	38,2	44,9	70,4	24,3	24,4	33,1	53,3	16,8	107	17,5
1993	17,5	28,2	39,6	69,2	112,4	48,9	82	19,5	35,5	37,1	121,6	10,8
1994	23,9	81,3	46,3	68,6	76,6	79	32,4	40	57,2	183	56,5	2,8
1995	1,5	15,2	59,2	65,9	54,8	64,2	42,2	78,6	37	104,2	41,9	48,4
1996	32,2	32,9	53,5	57,9	86,8	77,2	59,9	49,7	19,9	75,8	52,6	45,6
1997	76,8	12,9	27	47,5	36,3	26,5	28,1	20,6	31,1	44,6	64,9	2,5
1998	0,8	20,8	56,3	49,5	160	86,7	94,3	45,1	31,5	46,8	49,1	0,1
1999	27,6	82,4	57,3	84,3	34,3	67	38,9	22,6	7,7	95,8	51,9	46,5
2000	5,4	26,4	61,9	47,1	75,3	75,4	59,3	50,9	80,2	65,5	62,9	32,9
2001	2,3	26,2	37,7	8,2	87,9	55,6	34,4	22,4	60,5	32	81,3	39,9
2002	13,5	15,1	69,4	87,2	131	58,3	40,2	46,7	67,2	82	48,3	16,7
2003	1,0	18,9	102,1	67	42,9	35,9	41,3	21,5	71,1	136,8	83,1	46,6
2004	13,3	24,3	40,9	138,9	140,8	35,5	51,6	29,1	53,3	106,1	76	30,1
2005	22,8	19,4	10,9	70,2	87,7	34,3	34,8	43,8	28,4	97,5	120	25,6

Finalmente, basándose en La Tercera Comunicación de Cambio Climático propuesta por el IDEAM (2015) (Figura 33), se pudo establecer que, en relación con el periodo de tiempo estudiado, los escenarios de cambio climático 2011-2100 para el departamento de Boyacá son (ver tabla 12):

TABLA POR PERIODOS / ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO 2011-2100					
2011-2040		2041-2070		2071-2100	
Cambio de Temperatura media °C	Cambio de Precipitación (%)	Cambio de Temperatura media °C	Cambio de Precipitación (%)	Cambio de Temperatura media °C	Cambio de Precipitación (%)
0,8	5,84	1,6	3,69	2,4	3,19

Figura 33. Escenarios de cambio climático 2011-2100

Tabla 12 Temperatura y precipitación para Tunja de 2011- 2100

Periodo de referencia		
Temperatura (°C)		Precipitación (mm)
13,04		629,88
Periodo	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
2011-2040	13,84	666,66
2041-2070	14,64	653,12
2071-2100	15,44	649,97

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, las variaciones en la temperatura y la precipitación no son factores que determinen el cambio de la franja baja del páramo o subpáramo, pues según Estupiñan (2015), el cambio climático no es el único fenómeno que afecta dicha franja, ya que esta anomalía se ha presentado desde siempre, además justifica que las actividades antrópicas como la agricultura, ganadería y minería, son las que realmente la están afectando por lo que se encuentran en constante interacción con esta área protegida provocando la transformación del mismo.

Teniendo en cuenta la transformación generada en el transcurso de los años en la zona de estudio, así como la ausencia de características propias del ecosistema de subpáramo, no es posible identificar una franja a la que sea aplicable los datos de variación de cambio climático.

Finalmente, no se logró identificar los elementos de juicio dentro de los criterios del componente de integridad ecológica (bosque Altoandino, páramo y franja baja de páramo), por lo que mantener y proteger la funciones ecosistémicas de la zona de estudio delimitada como páramo, no es posible.

6.3 Componente socio-cultural

A partir de los conocimientos adquiridos en campo, este componente está ligado a la relación entre un grupo social y sus tradiciones, para esta investigación, las costumbres están unidas a las actividades económicas que se encuentran en el diario vivir de toda una población inmersa en la concesión minera, en donde no solo se realizan labores de extracción del mineral, sino que también está dispuesta para actividades de agricultura y ganadería.

La minería es la actividad con mas representatividad en la zona de estudio, argumentada por la existencia de mantos y yacimientos de carbón pertenecientes a la formación Guaduas, inclusive, se puede afirmar que este trabajo según relatos de los mineros de la zona, es considerado como una tradición que se ha dado de generación en generación.

Pese a que los mineros consideran esta actividad como tradicional, rectifican el hecho de que no quieren que sus descendientes continúen realizando esta labor por su exigencia física y por los riesgos que esta acarrea, aun así sabiendo que este oficio no podrá ser despojado de sus tradiciones debido a la importancia que la minería representa a nivel nacional, ya que estas actividades extractivas tienen un papel prioritario en las instituciones nacionales sobre cualquier ocupación productiva que pueda tener el suelo, e incluso sobre los derechos fundamentales y colectivos de las

comunidades inmersas, lo que conlleva a una serie de conflictos sociales, ambientales, económicos y culturales (Torres, Rocha, Melo y Peña, 2015).

Con base en lo anterior, los mineros de la zona de estudio expresan el miedo a que sus hijos continúen realizando estas labores, pues como padres esperan que las condiciones de vida de ellos sean mejores, brindándoles educación y diferentes oportunidades de trabajo; sin embargo, al haber realizado la socialización en la escuela La Esperanza, los niños y las niñas expresaron su conformidad con respecto a los trabajos que sus padres realizan, incluso, ellos mismos afirman haber participado en el aprendizaje de esta labor (minería) y también en las actividades de agricultura y ganadería pero en menor porcentaje, por lo que se puede decir que están sumidos dentro de dos áreas del conocimiento, el académico y el tradicional. Según la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) (2015) el conocimiento académico es el que se vale de las innovaciones dentro del marco del conocimiento por miembros pertenecientes de una comunidad y pueden valerse de patentes para proteger dichas innovaciones, y el conocimiento tradicional como aquel modo de aprendizaje que tiene raíces antiguas, estos suelen ser informales y transmitidos de generación en generación y no quedan protegidos bajo los sistemas convencionales de patentes.

Sin embargo, pese a que la población humana (adultos, niños y niñas) de la Vereda Tras del Alto se encuentra entre estas dos variables del conocimiento (académico y tradicional), Pardo (2017) explica que tanto los niños y niñas como los jóvenes (hombres y mujeres) de las zonas rurales del país están sometidos a una vulnerabilidad alta en comparación con los que se encuentran en las zonas urbanas, pues tienen menos oportunidades laborales, menor posibilidad de acceso a la educación superior de calidad y una alta tasa de pobreza.

En este sentido los mineros residentes de la zona de estudio, plasmaron en la cartografía social mejoras que están vinculadas con el oficio que ellos ejercen, pues necesitan garantías y acciones que velen por la seguridad de ellos en las actividades que desarrollan, pero que a la vez sean beneficiosas para la población circuncidante a la zona de estudio como en temas de educación básica en secundaria, ya que solo se dictan los cursos básicos de primaria, esto con el fin de que se brinden más oportunidades de aprendizaje y crecimiento personal a los niños y niñas, además, puestos de salud sobre toda la vereda, ya que en caso de cualquier accidente es necesario trasladarse hasta la cabecera municipal de Tunja, también el acceso al servicio público de acueducto, pues actualmente no tienen una fuente propia de agua potable y por ultimo centros recreativos que permitan la integración de toda la vereda.

Siguiendo el orden de los resultados, no fue posible la identificación de páramos antropizados, pues como se ha mencionado, la zona de estudio ha sufrido la transformación de subpáramo a ecosistema agrícola con presencia de minería.

Finalmente, la concordancia del límite del subpáramo con los predios rurales es acertada desde el punto de vista legal; sin embargo, desde el enfoque investigativo y metodológico, las características actuales de la zona de estudio, no presenta cualidades propias de este ecosistema, en este orden de ideas, las comunidades allí presentes no pueden intervenir en la conservación o alteración del mismo, además como se observó en la zona, prima el desarrollo económico y para este caso, los predios no son destinados por la población para restauración o conservación, sino para arriendos a empresas mineras o para grandes agricultores.

6.4 Identificar cambios en el uso del suelo (análisis multitemporal)

Es importante mencionar que la fotografía obtenida del dron fue un insumo que permitió un acercamiento y reconocimiento espacial de la realidad de la zona de estudio, además, la

implementación de técnicas de fotografías aéreas desde los vehículos aéreos no tripulados permite obtener imágenes con mejor calidad y resolución, a diferencia de otras imágenes (satelitales, aerotransportadas), en las que se pueden identificar fácilmente los cambios o variables en el uso del suelo, aumento de infraestructura, pérdida de coberturas, entre otras (Carrera, Levresse, Lacan y Aranda, 2016); dicho lo anterior, la implementación de estas tecnologías son una metodología innovadora en temas de conflicto como se realiza en este trabajo de investigación.

Con base en los resultados fue posible la identificación de las variaciones y cambios en el uso del suelo, identificando que las zonas de cultivos aumentaron en un 48% desde 1985 a 2018 debido a la creciente demanda de alimentos, lo cual no es inconveniente ya que en Colombia las condiciones climáticas tropicales favorecen al desarrollo de sistemas productivos más continuos, lo que quiere decir que hay una producción constante en todo el año aumentando la producción de biomasa que posteriormente será favorable para la recuperación de la materia orgánica del suelo (FINAGRO, 2014); en cuanto a la cantidad de reservorios, estos se quintuplicaron por la demanda hídrica de los cultivos de la zona en las temporadas de sequía, así como para suplir las necesidades básicas de la población que se encuentra allí, sin embargo, en muchas partes del mundo, específicamente en la zonas rurales, la captación de agua en los reservorios por ser agua lluvia, siempre llega contaminada lo cual no asegura que sea apta para el consumo humano (Reyes y Rubio, 2014); en la concesión minera se evidencian tanques de sedimentos que permiten el tratamiento de agua lluvia y agua extraída de la mina para que esta pueda ser suministrada con mejor calidad a la población. Por otro lado, sí el agua lluvia para fines productivos no es aprovechada en el momento exacto que ocurre la precipitación, podría escurrir o infiltrarse fuera de la zona de interés afectando a los agricultores (FAO, 2013).

Con respecto a los parches de vegetación que se pudieron observar en las fotografías aéreas, se pudo analizar que estos tuvieron comportamientos diferentes en cuanto a su distribución en el periodo de tiempo estudiado, ya que en el año 1985 esta se ubicó en la rivera de la quebrada que pasa por la concesión, por lo que se podría deducir, que para ese año, la vegetación nativa se presentaba con mayor magnitud, en comparación con lo evidenciado en campo, sin embargo, para el año 2007 y 2018, la vegetación nativa disminuyó en esta zona conforme aumentaban las actividades agrícolas, no obstante, la vegetación introducida aumentó acorde a la aparición de minas de carbón por los beneficios que fueron nombrados en el componente de integridad ecológica y como forma de compensación por las actividades extractivas del mineral, ceñidos a la Ley 165 (1994).

Según Pugnaire (2006) la desaparición de especies nativas implica una serie de repercusiones a nivel global, como los cambios en el uso del suelo, aumento del CO₂ y la temperatura, invasión de especies foráneas, fraccionamiento de ecosistemas, entre otros. En la zona de estudio, la pérdida de vegetación nativa ha generado directamente el cambio en el uso del suelo, trayendo consigo la ocupación de especies foráneas, fragmentando el ecosistema y generando uno nuevo (agroecosistema); dicho esto, la desaparición de la vegetación nativa en una zona acarrea la transformación total de todo un ecosistema, y por lo tanto, los beneficios que el mismo presta a la población.

6.5 Proponer ajuste para la guía de delimitación de páramos en Colombia

Con base en la vivencia experimentada en campo se hace evidente el abandono de las instituciones al momento de informar a las comunidades sobre la existencia de áreas delimitadas legalmente como páramo. En la zona de estudio se observó que la población no tiene conocimiento acerca de esta delimitación realizada por el Instituto Humboldt, por lo que el diálogo de saberes generó

conflictos al momento de hacer el reconocimiento de los componentes establecidos en la guía de criterios para la delimitación de páramos.

Esto conllevó a la necesidad de proponer que en los estudios de delimitación de páramos en Colombia, se deba contemplar de forma detallada a la población, ya que estos son los que realmente conocen cada una de las características del entorno en el que constantemente interactúan y habitan. Es por esto que en temas de delimitación de páramos o áreas protegidas, deben contemplarse técnicas de participación en educación ambiental para que la población inmersa en estas zonas entienda como proteger, manejar y aprovechar de forma correcta los recursos que estos ecosistemas les brinda sin generar ningún tipo de impacto, ni vulnerar sus derechos colectivos.

Aunque en la zona de estudio esta técnica no aplica por la ausencia del ecosistema de páramo, se proponen técnicas en educación ambiental en primer lugar, para el manejo sostenible de los cultivos por medio de la permacultura, que está descrito por Mollison y Slay (1988) como la agricultura y la cultura permanente relacionando las plantas, los animales y la infraestructura (agua, energía y comunicación), señalan además que este sistema es necesario, puesto que las personas no podrían vivir para siempre sin bases agrícolas sostenibles y sin conocimiento en la ética del uso de la tierra.

En segunda instancia, la aplicación de técnicas en educación ambiental para una minería sostenible, que de acuerdo con Guerrero y Blanco (2000) debe tener en cuenta el perfeccionamiento de la actividad minera, el mejoramiento de las condiciones de seguridad en la mina, la mitigación del impacto ambiental causado por la minera, la utilización del equipamiento adecuado a las condiciones de los yacimientos, uso racional e integral de los recursos mineros y minerales para el beneficio comunitario y la disminución de amenaza y peligros geoambientales y geodinámicos.

Asimismo, las técnicas referentes a las actividades que se desarrollan en la zona de estudio no solo deberán ser puestas en práctica por personas que las realicen, sino que deberán ser enseñadas a los niños y niñas desde las escuelas para que se involucren y tengan el conocimiento sobre las dinámicas que se presentan en la región.

7. CONCLUSIONES

- La guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos funciona perfectamente en estudios regionales, sin embargo, casi en la totalidad de los criterios evaluados en esta investigación no hay concordancia a escala local lo que ha generado conflictos sociales, ambientales y económicos.
- El cambio en el uso del suelo desde 1985 hasta el 2018 se dio por el aumento de las actividades económicas, específicamente de minería y agricultura.
- Se brinda el acercamiento entre la parte social e institucional por medio de análisis espaciales, temporales, ambientales y geográficos conociendo las perspectivas de los actores involucrados para dar solución a conflictos por medio de la toma de decisiones.
- Aunque legalmente se tenga estipulado un límite inferior que delimita el inicio de los páramos, este no debe generalizarse para todos los ecosistemas de alta montaña ya que no todos presentan las mismas características geográficas.
- La zona de estudio presenta una transformación completa, por lo que actualmente debería ser considerada como ecosistema agrícola y no como ecosistema de páramo.
- Las fotografías aéreas en los estudios de cambios de uso del suelo son una herramienta que permite monitorear las variaciones en tiempo y espacio para la toma de decisiones y análisis en gestión del territorio.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda revisar la delimitación de la sección de páramo del Altiplano Cundiboyacense por la carencia de características biogeofísicas, de integridad ecológica y socio-culturales que lo categorizan como páramo.
- Se sugiere realizar estudios geofísicos para la identificación de acuíferos de aguas subterráneas.
- Se aconseja hacer un estudio de geoformas e identificación de modelados a nivel regional que faciliten el reconocimiento de estas características geomorfológicas a escala local.
- Se recomienda que el Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt tenga en cuenta un criterio de gobernanza de páramos para garantizar el buen uso, manejo y aprovechamiento de los recursos que minimicen los conflictos por la conservación y el uso sostenible de este ecosistema.
- Es pertinente la presencia de las instituciones encargadas de temas ambientales en zonas de áreas protegidas para que brinde información y acompañamiento a la población en temas de uso, manejo y protección de estos ecosistemas.

REFERENCIAS

- Alvarado, L. y García, M. 2008. Características más relevantes del paradigma socio-critico: su aplicación en investigaciones de educación ambiental y de enseñanza de las ciencias realizadas en el doctorado de educación del Instituto Pedagógico de Caracas. Revista universitaria de investigación. N° 2, pp. 187-202. Caracas, Venezuela. Consultado el 7 de junio de 2018. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3070760.pdf>
- Ange, C. 2002. Congreso mundial de páramos. Memorias Tomo I. (pp. 25- 26, 37) Bogotá, Colombia. Consultado el 11 de abril de 2018. http://bibdigital.rjb.csic.es/PDF/Fernandez_Paramos_Colombia_2002.pdf
- Ariel, L., Dotor, M., Castro, M., Morillo, A. y Morillo, Y. 2016. Análisis de la diversidad genética de la mora (*Rubus* spp.) en el departamento de Boyacá. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol. 14, No 2, pp. 10-17. Tunja. Colombia. Consultado el 25 de mayo de 2018. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a02.pdf>
- Avellaneda, J. 2013. Aproximación a la historia ambiental de la minería en Boyacá. Revista HALAC. Vol. III, pp. 208-224. Bogotá, D.C, Colombia. Consultado el 13 de junio de 2018. <https://revistas.unicentro.br/index.php/halac/article/viewFile/3438/2486>
- Balmelli, G. 1995. Ensayos de orígenes de *Eucalyptus globulus*. Serie técnica N° 68. Programa forestal, INIA Tacuarembó. Consultado el 2 de junio de 2018. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2973/1/111219240807134928.pdf>
- Barney, V. 2011. Biodiversidad y ecogeografía del género *Lupinus l.* (Leguminosae) en Colombia. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia. Palmira. Colombia. Consultado el 30 de mayo de 2018. <http://www.bdigital.unal.edu.co/4758/1/31260335.2011.pdf>
- Barrera, S. 2009. Reflexiones sobre sistemas de información geográficas participativos (SIGP) y cartografía social. Cuadernos de biografía- revista colombiana de grografía. Vol. 18, pp 9-23. Bogotá D.C., Colombia. <http://www.redalyc.org/pdf/2818/281822001002.pdf>
- Bautista, F., Pacheco, A. y Hernández, D. 2014. Análisis del cambio climático con datos mensuales (Clic-MD). Conceptos, ecuaciones y uso del sistema. Murcia, España. Consultado el 20 de junio de 2018. https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Bautista/publication/301221725_Analisis_del_cambio_climatico_con_datos_mensuales_Clic-MD/links/59e691ea4585151e545ce201/Analisis-del-cambio-climatico-con-datos-mensuales-Clic-MD.pdf
- Bernal, I. 2017. Conflictos socioambientales en el páramo de Guacheneque y estrategias de conservación para el ordenamiento ambiental regional. Bogotá. Colombia. Consultado el 7 de junio de 2018. <http://bdigital.unal.edu.co/56827/7/IildaM.BernalCuesta.2017.pdf>
- Berrio, J., 2017. Mitos sobre los pinos y eucaliptos en los cerros orientales. EL ESPECTADOR. Bogotá D.C., Colombia. <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/mitos-sobre-los-pinos-y-eucaliptos-en-los-cerros-orientales-articulo-704027>

- Betancourt, J. y Varón, J. 2006. El páramo: ¿ecosistema en vía de extinción? Revista Luna Azul. N° 22, pp. 39-51. Manizales, Colombia. Consultado el 12 de junio de 2018. <http://www.redalyc.org/pdf/3217/321727224004.pdf>
- Cabrera, M. y Ramírez, W. 2014. Restauración ecológica de los páramos de Colombia. Transformación y herramientas para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia. 296 pp. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31451>
- Callejas, N. 2015. Manejo ambiental sostenible para el ecosistema de páramo: caso páramo de Santurbán. 4to simposio internacional de investigación de ciencias económicas, administrativas y contables- Sociedad y Desarrollo. Tunja, Colombia. Consultado el 19 de junio de 2018. <http://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2016/4sin/B69.pdf>
- Campos, L., Uribe, J. y Aguirre, J. 2008. Santa María Líquenes, Hepáticas y Musgos. Seria de guías de campo del Instituto de Ciencias Naturales No. 3. 144p. Bogotá. Colombia. Consultado el 25 de mayo de 2018. http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_16/file/publicaciones/campos2008.pdf
- CAR. 2006. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del Río Bogotá. Resumen ejecutivo. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 13 de junio de 2018. http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=305&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME
- Carrera, J., Levresse, G., Lacan, P. y Aranda, J. 2016. A low cost technique for development of ultra-high resolution topography: application to a dry marine bottom. Revista mexicana de ciencias geológicas. Vol. 33, pp. 122-133. Consultado el 19 de junio de 2018. <http://www.redalyc.org/pdf/572/57246037009.pdf>
- Castaño, C. (2003). Adaptaciones simbólicas y culturales al bioma de los humedales de la Sabana de Bogotá y los ecosistemas de alta montaña. En acueducto de Bogotá y conservación internacional (Ed.), los humedales de Bogotá y la Sabana (pp. 141). Bogotá D.C., Colombia: Conservación internacional – Colombia.
- Chinome, J y Torres, B. 2014. Estudio geológico y apoyo técnico a la zonificación por fenómenos de remoción en masa convenio interadministrativo corporación autónoma regional CORPOBOYACÁ-UPTC N° 028-2013 municipio de Socotá Boyacá. Sogamoso. Colombia. Consultado el 23 de mayo de 2018. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1569?mode=full>
- Constitución Política de Colombia, Bogotá D.C., Colombia 04 de julio de 1991. Artículos 8, 67, 79, 80, 105.7, 361. Consultado el 6 de abril de 2018. <http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia.pdf>
- Corpoboyacá. 2016. Capitulo I. descripción de las especies vegetales producidas en los viveros de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá-CORPOBOYACÁ. Consultado el 2 de junio de 2018. http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/01/CAPITULO_I_DESCRIPCION_DE_LAS_ESPECIES_VEGETALES_PRODUCIDAS_EN_LOS_VIVEROS_DE_LA_CORPORACION_AUTONOMA_REGIONAL_DE_BOYACA-CORPOBOYACA.pdf

- Corte constitucional, Sala Octava de Revisión (30 de mayo de 2017) Sentencia T-361/17 (Julia Adriana Figueroa).
- Cortés, C. 2013. Uso del modelo AquaCrop para estimar rendimientos para el cultivo de papa en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. FAO. Consultado el 14 de junio de 2015. <http://www.fao.org/docrep/field/009/i3428s/i3428s.pdf>
- Cortés, J. y Sarmiento, C. 2013. Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 18 de febrero de 2018. http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/PDF_dinamico_Vision.socioecosistemicaparamos.pdf
- Daily, G. C. 1997. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Washington, USA: Island press. <http://willsull.net/la370/resources/Ecology/Daily.pdf>
- de Groot, R., Baggethun, E., Lomas, P. y Montes, C. 2009. The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notion to markets and payment schemes. *Ecological Economics*. N° 69. Pp. 1209-1218. Consultado el 12 de junio de 2018. https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/7/40547/the_history_of_ecosystem.pdf
- Decreto 2372. Por el cual se reglamenta el decreto ley 2811 de 1974, la ley 99 de 1993, la ley 153 de 1994 y el decreto ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C., Colombia 01 de julio de 2010. Artículo 29. Consultado el 6 de abril de 2018. http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec_2372_2010.pdf
- Decreto 3600. Por el cual se reglamentan las disposiciones de las leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento territorial del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo y se adoptan otras disposiciones, Bogotá D.C., Colombia 20 de septiembre de 2007. Artículo 4. Consultado el 6 de abril de 2018. <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=26993>
- Decreto- ley 3570. Por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Desarrollo Sostenible, Bogotá D.C., Colombia 27 de septiembre de 2011. Artículo 3, numeral 15 y 16. Consultado el 6 de abril de 2018. http://www.minambiente.gov.co/images/Ministerio/Misi%C3%B3n_y_Vision/dec_3570_270911.pdf
- Díaz, M., Navarrete, J. y Suárez, T. 2005. Páramos: hidrosistemas sensibles. *Revista de ingeniería*. Vol. 22, pp. 64-75. Consultado el 20 de junio de 2018. <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n22/n22a8.pdf>
- Dietrich, W. y Dunne, T. 1993. The channel head. In: Beven K. and Kirkby M.J., Eds., *Channel Network Hydrology*, Wiley, New York, 175-219. Consultado el 8 de junio de 2018.

- [http://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1256798](http://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1256798)
- Duque, G. 2017. Manual de geología para ingenieros. Capítulo XI. Geología estructural. Universidad Nacional de Colombia. pp 281-305. Manizales, Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/289/geologiaestructural.pdf>
 - Estupiñan, L. 2015. Crece la amenaza del Cambio Climático sobre los páramos colombianos. Planeta Caracol. Consultado el 14 de junio de 2018. http://caracol.com.co/programa/2015/11/07/videos/1446898110_224297.html
 - Etter, A. 1991. Introducción a la ecología del paisaje. Un marco de integración para los levantamientos ecológicos. ResearchGate. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 6 de junio de 2018. https://www.researchgate.net/profile/Andres_Etter/publication/266391069_INTRODUCCION_A_LA_ECOLOGIA_DEL_PAISAJE_Un_Marco_de_Integracion_para_los_Levantamientos_Ecologicos/links/543052fb0cf29bbc12771d98/INTRODUCCION-A-LA-ECOLOGIA-DEL-PAISAJE-Un-Marco-de-Integracion-para-los-Levantamientos-Ecologicos.pdf
 - FAO. 2013. Captación y almacenamiento de agua lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. MAVAL LTDA. Consultado el 19 de junio de 2018. <http://www.fao.org/docrep/019/i3247s/i3247s.pdf>
 - Farias, A. y Garzón, A. 2013. Elementos para una propuesta de educación ambiental desde el enfoque critico-social, como una alternativa para el acercamiento de población escolar urbana, al ecosistema de páramo. Bogotá D.C. Colombia. Consultado el 7 de junio de 2018. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/165/TO-15694.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 - Fernández, O., 2015. Explotación minera en el páramo de Pisba- Boyaca. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 15 de febrero de 2018. http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/7798/3/OSORIOFERNANDE_ZAURAYESIKA2015.pdf
 - FINAGRO. 2014. Perspectiva del sector agropecuario colombiano. Bogotá D.C., Colombia. FINAGRO. https://www.finagro.com.co/sites/default/files/2014_09_09_perspectivas_agropecuarias.pdf
 - Flórez, A., Barajas, A., Jaramillo, O., Martínez, N., Barrera, M., Montoya, J., Tobón, E, y Ceballos, J. 2010. Sistemas morfogénicos del territorio colombiano. IDEAM. Capítulo 2, pp. 29-50. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 16 de junio de 2018. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021769/Sistemas_Morf_Territ_Col_Ideam_Cap2.pdf
 - Flórez, C y Romero, O. 2010. La demografía de Colombia en el siglo XIX. En Adolfo Meisel Roca y María Teresa Ramírez. Economía colombiana del siglo XIX. (pp. 375-418) Bogotá. Colombia. Consultado el 6 de junio de 2018.
 - Flórez, A., Ríos, K. 1998. Las lagunas de la alta montaña. En: cuadernos de geografía Vol. VII, No. 1-2. Bogotá D.C. Colombia. Universidad Nacional de

- Colombia. Consultado el 25 de abril de 2018. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/download/70831/pdf>
- Galvis, S. 2015. Protección de páramos y derechos campesinos: Tensiones, retos y oportunidades desde el marco jurídico, político e institucional aplicable. Bogotá. Colombia. Consultado el 7 de junio de 2018. <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9604/14-14-008-251PS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 - García, A. 2015. Clima Colombiano – factores atmosféricos del clima. Bogotá D.C., Colombia: TodaColombia. Consultado el 18 de junio de 2018. <https://www.todacolombia.com/geografia-colombia/clima-colombiano.html>
 - García, C. 2005. Barrios del mundo: historias urbanas. La cartografía social en la práctica. Bogota D.C. Colombia. Consultado el 20 de junio de 2018. http://www.quartiersdumonde.org/uploads/documento/archivo/25/Documento_de_sistematizaci_n_de_la_utilizaci_n_de_la_Cartograf_a_social_durante_el_primer_a_o_del_proyecto.pdf
 - Giraldo, G. y Betancur, J. 2011. Guía de campo de las orquídeas de Santa María. Boyacá. Colombia. Serie guías de campo del instituto de ciencias naturales, Universidad Nacional de Colombia. 188p. Consultado el 30 de mayo de 2018. http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/icn/publicaciones/guiasdecampo/Orquideas_SM_ebook2017.pdf
 - Gliessman, S. 1990. Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture. Pp 3-10. New York. Consultado 1 de junio de 2018.
 - González, E. 2009. Propuesta de gestión ambiental para ocho explotaciones mineras en la vereda de páramo Alto municipio de Cogua (Cundinamarca). Bogotá. Colombia. Consultado el 7 de junio de 2018. <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/729/1/eam48.pdf>.
 - Greenpeace, 2013. Páramos en Peligro: El caso de la minería de Carbón en Pisba. Consultado el 7 de junio de 2018. <http://www.greenpeace.org/colombia/Global/colombia/images/2013/paramos/12/Informe%20P%C3%A1ramos%20en%20peligro.pdf>
 - Guerrero, D. y Blanco, L. 2000. Criterios generales de sostenibilidad para la actividad minera. Indicadores de sostenibilidad para la industria extractiva mineral. pp. 93-114. Las Coloradas S/N. Moa. Holguín, Cuba. Consultado el 19 de junio de 2018. <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1347/1/IndicadoresSostenibilidad6.pdf>
 - Guerrero, E. 2009. Implicaciones de la minería en los páramos de Colombia, Ecuador y Perú. Consultado el 12 de junio de 2018. http://www.bibliotecavirtual.info/wp-content/uploads/2011/04/Informe_Mineria_Paramos_Version_Preliminar.pdf
 - Guzmán, D. 1996. Zonas de vida o formaciones vegetales. Área jurisdiccional C.A.R. Bogota D.C. Colombia. Consultado el 20 de junio de 2018. <http://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/33791/00011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 - Guzmán, D., Ruiz, J. y Cadena, M. 2014. Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual a través de análisis de

- componentes principales (ACP). Grupo de modelamiento de tiempo, clima y escenarios de cambio climático. Subdirección de meteorología IDEAM. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 14 de junio de 2018. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/Regionalizaci%C3%B3n+de+l+lluvia+en+Colombia.pdf/92287f96-840f-4408-8e76-98b668b83664>
- Herrera, A. 2014. Ecosistemas estratégicos análisis crítico del concepto: fundamentos conceptuales para formalizar la aplicación de la noción de ecosistema estratégico en los ejercicios de planificación y gestión del territorio. Medellín, Colombia. Consultado el 12 de junio de 2018. <http://bdigital.unal.edu.co/49724/1/43159794.2015.pdf>
 - Horton, R. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bulletin of the geological society of America 56. Capítulo 5. 109 – 155. Consultado el 26 de mayo de 2018. http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/61377/13/13_chapter%205.pdf
 - Ibañeta, A. 2004. Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del Río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas. País Vasco. Consultado el 27 de mayo de 2018. <http://age.ieg.csic.es/boletin/38/17%20IBISATE%20311-329.pdf>
 - IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLETERÍA. 2015. Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100. Herramientas científicas para la toma de decisiones-Enfoque Nacional-Departamental: tercera comunicación Nacional de cambio climático. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 14 junio de 2018. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022964/documento_nacional_departamental.pdf
 - IDEAM. 2014. Cambio climático. IDEAM. Consultado el 20 de junio de 2018. <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>
 - IDEAM. 2015. Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia escala 1:100.000. Subdirección de ecosistemas e información ambiental-IDEAM, grupo de suelos y tierras, 2015.
 - IICA. 2001. Prácticas agrosostenibles para el Departamento de Cundinamarca. Manual introductorio. Bogotá D.C. Colombia. ARFO LTDA. Consultado el 20 de junio de 2018. https://books.google.com.co/books?id=mQu2OdhRELIC&pg=PA84&lpg=PA84&dq=Chite,+guardarroc%C3%ADo&source=bl&ots=AiUPwfCeZx&sig=eTJmvX7Lq-AKC9Q_z78CDkX-6Bo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjT-YXpwePbAhVBmVkJHWYbD1gQ6AEIPTAJ#v=onepage&q&f=false
 - Índice oceánico de El Niño (ONI). 2017. Cold & Warm Episodes by Season. Consultado el 13 de junio de 2018. http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
 - IUSS grupo de trabajo WRB. 2007. Base de referencia mundial del recurso suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre recursos mundiales de suelos No. 103. FAO, Roma. Capítulo 4. Andosoles. Consultado el 26 de mayo de 2018. <http://www.fao.org/3/a-a0510s.pdf>

- Jardín Botánico de Madrid. sf. *Passiflora mixta* L. f. Laminas 38-39. pp, 89. Consultado el 13 de junio de 2018. [http://bibdigital.rjb.csic.es/Imagenes/Ff\(8\)MUT_Fl_Exp_Bot_N_Gra_27/MUT_Fl_Exp_Bot_N_Gra_27_142.pdf](http://bibdigital.rjb.csic.es/Imagenes/Ff(8)MUT_Fl_Exp_Bot_N_Gra_27/MUT_Fl_Exp_Bot_N_Gra_27_142.pdf)
- Kakaes, K., Greenwood, F., Lippincott, M., Dosemagen, S., Meier, P., Wich, S., Moores, J. 2015. Drones and aerial observation: new technologies for property rights, human rights, and global development a primer. *New America* 103p. http://www.rhinosourcecenter.com/pdf_files/143/1438073140.pdf
- Laverde, C. 2008. Servicios ecosistémicos que provee el páramo de la cuenca alta del río Teusacá: percepción de los actores campesinos y su relación con los planes ambientales en la vereda Verjón Alto, Bogotá D.C. Colombia. Consultado el 6 de junio de 2018. http://oab2.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/servicios_paramos_teusaca.pdf
- Lefebvre, H. 1991. *The production of space*. Massachusetts, USA. Editions Anthropos. Consultado el 20 de junio de 2018. https://monoskop.org/images/7/75/Lefebvre_Henri_The_Production_of_Space.pdf
- Ley 1450. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014, Bogotá D.C., Colombia 16 de junio de 2011. Artículo 202. Consultado el 6 de abril de 2018. <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=43101>
- Ley 165. “Por medio de la cual se aprueba el convenio de las Naciones Unidas sobre diversidad biológica, hecho en Rio de Janeiro el 5 de junio de 1992”. 9 de noviembre de 1994. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 15 de junio de 2018. <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37807>
- Ley 373. Por el cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua, Bogotá D.C., Colombia 11 de julio de 1997. Artículo 16. Consultado el 6 de abril de 2018. <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=342>
- Ley 99. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se ordena 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, Bogotá D.C., Colombia 22 de diciembre de 1993. Consultado el 6 de abril de 2018. <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>
- Ley N° 1382. Por la cual se modifica la ley 685 de 2001 código de minas, Bogotá D.C., Colombia 09 de febrero de 2010. Artículo 34. Consultado el 15 de febrero de 2018. <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38863>
- Leyva, T. 2011. Metodología para la identificación y determinación de geoformas y sus principales variaciones temporales mediante el uso de sensores remotos. Caso Servita. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 13 de junio de 2018. <http://www.bdigital.unal.edu.co/6682/1/194680.2011.pdf>
- López, R. 2002. Degradación del suelo: causas, procesos, evaluación e investigación. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. Consultado el 16 de junio de 2018. <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/degradacion/pfd/librocompleto.pdf>

- MADS, Instituto Humboldt. 2012. Nueva cartografía de los páramos de Colombia escala 1:100.000. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 12 de junio de 2018. <http://www.humboldt.org.co/images/pdf/CartografiaParamos/1-Mapa%20General-Horizontal.pdf>
- Marcó, M., Harran, L., Traverso, L., y Gelid, P. 2000. Evaluación del crecimiento y adaptación al 5° año de *Eucalyptus maidenii* y *Eucalyptus globulus* en la región de Concordia, Entre Ríos. Primer seminario internación del *Eucalyptus globulus* en la Argentina.
- Martínez, B y Pelaéz, F. 2013. El género Bomarea (Alstroemeriaceae) en la Región La Libertad, Perú. Revista REBIOL, Vol. 35, pp. 102-116. Consultado el 25 de mayo de 2018. http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:dxX_rAHtC5wJ:revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/download/1081/1009+ycd=4yhl=es-419yct=clnkygl=co
- Martínez, M. 2006. Reseña de “la investigación cualitativa etnográfica en educación. Manual teórico-práctico”. Revista educere, Vol. 10, No. 35. Mérida, Venezuela. Consultado el 13 de junio de 2018. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35603520>
- Ministerio de Vivienda. 2014. Guía metodológica para el inventario de asentamientos en zonas de alto riesgo. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 13 de abril de 2018. <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Aplicaciones/guia-aplicacion-asentamientos.pdf>
- Mollison, B y Slay, R. 1988. Introducción a la permacultura. Australia. pp. 1-50. http://ploff.net/wp-content/uploads/2013/06/introduccion_a_la_permacultura_-_bill_mollison.pdf_parte_1.pdf
- Montealegre, J. 2007. Modelo institucional del IDEAM sobre el efecto cambio climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia. IDEAM. Subdirección de meteorología. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 20 de junio de 2018. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/440517/Modelo+Institucional+El+Ni%C3%B1o++La+Ni%C3%B1a.pdf/232c8740-c6ee-4a73-a8f7-17e49c5edda0>
- Montero, J. sf. Sistemas fluviales y edad de los ríos. Capítulo 17. 361-377. Bogotá D.C. Colombia. Consultado el 10 de junio de 2018. <http://www.docentes.unal.edu.co/jmmonteroo/docs/17%20SISTEMAS%20FLUVIALES.pdf>
- Moreno, H., Ibáñez, S. y Gisbert, J. sf. Andisoles. Universidad Politécnica de Valencia. España. Consultado el 20 de junio de 2018. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13676/Andisoles.pdf?sequence=3>
- Moreno, H., Ibáñez, S. y Gisbert, J. sf. Histosoles. Universidad Politécnica de Valencia. España. Consultado el 20 de junio de 2018. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12886/Histosoles.pdf>
- Navarrete, E. 2017. Apuntes de geología física. Guayaquil, Ecuador. Consultado el 20 de junio de 2018. https://www.researchgate.net/profile/Edison_Navarrete2/publication/320410516/APUNTES_DE_GEOLOGIA_FISICA/links/59e39ce9a6fdcc7154dbad6d/APUNTES-DE-GEOLOGIA-FISICA.pdf

- OMPI. 2016. Conocimientos tradicionales y propiedades intelectuales. No 1. Pp. 1-4. Ginebra, Suiza. Consultado el 18 de junio de 2018. http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/wipo_pub_tk_1.pdf
- Pardo, R. 2017. Diagnóstico de la juventud rural en Colombia. Grupos de dialogo rural, una estrategia de incidencia. Serie documento No. 227. Grupo de trabajo inclusión social y desarrollo. Programa jóvenes rurales, territorios y oportunidades: una estrategia de diálogos de políticas. Rimisp. Santiago, Chile. Consultado el 19 de junio de 2018. http://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/1503000650Diagn%C3%B3sticodelajuventudruralenColombia.pdf
- Pedraza, J. 1996. Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones. Madrid, Rueda. Consultado el 8 de junio de 2018. https://www.researchgate.net/publication/235864020_Geomorfologia_principios_metodos_y_aplicaciones
- Pérez, A., 1981. Aproximación Xeográfica aos vales fluviais en Galicia. Cuadernos de estudios Galegos, N° 32 (96-97), pp. 7-36. Consultado el 8 de junio de 2018. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5434660>
- Pérez, M. 2014. Conflictos ambientales en Colombia: inventario, caracterización y análisis. Cali, Colombia. Consultado del 13 de junio de 2018. <http://censat.org/apc-aa-files/3ba8718d4f467249a9a9449394c8bcd6/conflictos-ambientales-col-corto-72-m-perez-univalle-cinara.pdf>
- Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja (POT). 2001. Provincia centro. Tunja, Colombia. Consultado el 13 de junio de 2018. [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot%20-%20tunja%20-%20poblacion%20y%20territorio\(37%20pag%20-%20251kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot%20-%20tunja%20-%20poblacion%20y%20territorio(37%20pag%20-%20251kb).pdf)
- Pugnaire, F. 2006. La crisis de la biodiversidad: causas y soluciones. Revista ecosistemas. Vol. 15. pp. 1. Consultado el 18 de junio de 2018. http://www.unich.edu.mx/wp-content/uploads/2014/01/pdfcompleto_revista_2006_2biodiversidad%20efectos.pdf
- Pulido, J. 2017. Realidad y conflictos en el páramo de Santurbán. Instituto de estudios para el desarrollo y la paz. IDEPAZ. Bucaramanga, Colombia. Consultado el 11 de junio de 2018. <http://concienciaciudadana.org/wp-content/uploads/2017/04/REALIDAD-Y-CONFLICTOS-EN-EL-P%C3%81RAMO-DE-SANTURB%C3%81N-.pdf>
- Quiñonez, M. 2011. Una experiencia de cartografía social en la zona de Bajamar-Isla de Cascajal Buenaventura. Revista entramado, Vol. VII, No. 2, pp. 156-170. Tolima, Colombia. Consultado el 02 de abril de 2018. <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v7n2/v7n2a10.pdf>
- Rangel, J. 2000. La región paramuna y a franja aledaña en Colombia. Colombia biodiversidad biótica III. La región de vida paramuna. UNIBIBLOS U.N. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 12 de junio de 2018. <http://www.uneditorial.net/pdf/TomoIII.pdf>
- Resolución 0769. “Por la cual se dictan disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos”. Bogotá D.C., Colombia. 05 de agosto de 2002.

http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Paramos/res_0769_050802.pdf

- Resolución 2090. 2014. “Por medio de la cual se delimita el páramo jurisdicciones Santurbán Berlín, y se adoptan otras determinaciones” Bogotá D.C., Colombia. <https://diario-oficial.vlex.com.co/vid/resolucion-numero-2090-2014-550072434>
- Resolución No. 1770. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá D.C., Colombia, 28 de octubre de 2016. Consultado el 15 de febrero de 2018. <http://fauna.corpochivor.gov.co/wp-content/uploads/2016/04/Resolucion-1770-de-2016-P%C3%A1ramo-Altiplano-Cundiboyacense.pdf>
- Reyes, M., Rubio, J. 2014. Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias. (tesis de especialización). Universidad Católica de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 19 de junio de 2018. <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2089/1/Recoleccion-aguas.pdf>
- Rivera, O y Rodríguez, C. 2011. Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia. Bogotá D.C, Colombia. Consultado el 15 de febrero de 2018. http://www.humboldt.org.co/images/Atlas%20de%20paramos/Guia_delimitacion_paramos.pdf
- Ruiz, O. 2014. Metabolismo rural y limites ambientales de la producción agraria en la altiplanicie Tunja- Sogamoso 1821- 1850. Bogotá. Colombia. Consultado el 6 de junio de 2018. <http://bdigital.unal.edu.co/12481/1/Metabolismo%20rural%20y%20l%C3%ADmites%20ambientales%20de%20la%20producci%C3%B3n%20agraria%20en%20la%20Altiplanicie%20Tunja-Sogamoso.pdf>
- Sarmiento, C., Cadena, C., Sarmiento, M. y Zapata, J. 2013. Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: Actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. Consultado el 15 de febrero de 2018. https://www.researchgate.net/profile/Camilo_Cadena-Vargas/publication/296706263_Aportes_a_la_conservacion_estrategica_de_los_paramos_de_Colombia_Actualizacion_de_la_cartografia_de_los_complejos_de_paramo_a_escala_1100000/links/56d9eea908aee73df6cf66fe/Aportes-a-la-conservacion-estrategica-de-los-paramos-de-Colombia-Actualizacion-de-la-cartografia-de-los-complejos-de-paramo-a-escala-1100000.pdf
- Sentencia T-581. 2011. Mínimo vital de subsistencia. Corte constitucional de la república de Colombia. Bogotá D.C, Colombia. Consultado el 20 de junio de 2018. <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2011/t-581a-11.htm>
- Stedile, J. y Martins, H. 2010. Brasil Sem Fome. Capítulo: Soberanía alimentaria: Una necesidad de los pueblos. Editado por el Ministerio de Desenvolvimento Social-MDS. Brasilia, Brasil. Consultado el 20 de junio de 2018. <https://www.alainet.org/images/SOBERANIA%20ALIMENTARIA%20es.pdf>
- Torres, A., Rocha, J., Melo, D., y Peña, R. 2015. El carbón de Colombia: ¿Quién gana? ¿Quién pierde? Minería, comercio global y cambio climático. Tierra digna. Bogotá D.C., Colombia. Editora 3 LTDA. Consultado el 18 de junio de 2018. <http://tierradigna.org/pdfs/informe-carbon.pdf>

- Vallejo, J. 2014. Manual de geología: Capítulo 9. Rocas sedimentarias. Manizales. Colombia. Consultado el 12 de junio de 2018. <http://bdigital.unal.edu.co/48418/37/rocassedimentarias.pdf>
- Vásquez, A. y Buitrago, A. 2011. El gran libro de los páramos. Proyecto páramo Andino. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. Nomos impresores. Consultado el 20 de junio de 2018. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31389>
- Vaughan, G., Torres, C y Pradilla, H. 2010. The agrarian diagnostic as a tool for archeological conservation: the case of the Farfacá Valley. Revista apuntes del CENES. Vol XXIX, N° 50, pp. 99-116. Boyacá, Colombia. Consultado el 6 de junio de 2018. <http://www.redalyc.org/pdf/4795/479548753006.pdf>
- Veloza, J. 2017. Análisis multitemporal de las coberturas y usos del suelo de la reserva forestal protectora-productora “Casablanca” en Madrid Cundinamarca entre los años 1961 y 2015: aportes para el ordenamiento territorial municipal (Tesis de especialización). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C., Colombia. Consultado el 11 de junio de 2018. https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Veloza-Torres-Jenny-Patricia.pdf

8. ANEXOS

Anexo 1 Mina de carbón en la zona de estudio Fuente propia



Anexo 2 Zona de estudio en la parte alta Fuente propia



Anexo 3 Cultivos



Anexo 4 Transformación de la zona



Anexo 5 Reservorio o jagüey



Anexo 6 Antigua bocamina con colapso de la zona superior



Anexo 7 Bocamina antigua inundada



Anexo 8 Bocamina clausurada



Anexo 9 Planta de tratamiento de aguas salientes de la mina



Anexo 10 cartografía social con los mineros



Anexo II Cartografía social en la escuela La Esperanza

