

1-1-2017

Esquema complementario de pago por servicios ambientales orientado a la recuperación antrópica de áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos

Adriana Liseth Chaparro Montañez
Universidad de La Salle, Bogotá

Yuly Tatiana Roldán Lozano
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Citación recomendada

Chaparro Montañez, A. L., & Roldán Lozano, Y. T. (2017). Esquema complementario de pago por servicios ambientales orientado a la recuperación antrópica de áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/719

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

ESQUEMA COMPLEMENTARIO DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES
ORIENTADO A LA RECUPERACIÓN ANTRÓPICA DE ÁREAS DE
IMPORTANCIA ESTRATÉGICA PARA LA CONSERVACIÓN DE RECURSOS
HÍDRICOS

ADRIANA LISETH CHAPARRO MONTAÑEZ

YULY TATIANA ROLDÁN LOZANO

TESIS DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA.

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

BOGOTÁ D.C.

2017

ESQUEMA COMPLEMENTARIO DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES
ORIENTADO A LA RECUPERACIÓN ANTRÓPICA DE ÁREAS DE IMPORTANCIA
ESTRATÉGICA PARA LA CONSERVACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS.

DIRECTOR

MAYERLING SANABRIA BUITRAGO

CODIRECTOR

ALEJANDRO PARRA SAAD

BOGOTÁ D.C.

2017

Nota de aceptación

Director: Mayerling Sanabria Buitrago

Codirector: Alejandro Parra Saad

Jurado 1. Beatriz Elena Ortiz Gutiérrez

Jurado 2. Enrique Forero

Fecha: _____

DEDICATORIA

“Que toda la Gloria sea para Dios”

Romanos 16:25

Dedico este trabajo principalmente a Dios, que me ha permitido luchar, cumplir metas y grandes sueños, a mi familia por ser el motor de mi vida, a mis padres Gloria Deinis Lozano Guarnizo y Jorge Horacio Roldán Pérez, ya que fueron mi apoyo durante mi formación como persona y profesional, además del amor y comprensión que fue incondicional por parte de ellos. También a mi hermana Wanda Roldán por el interés y apoyo que siempre me brindo para poder alcanzar este gran paso en mi vida. En general quiero agradecer a aquellas personas que en momentos donde estaba perdida me motivaron a seguir adelante.

Yuly Tatiana Roldán Lozano

Quiero dedicar este trabajo de grado a mis padres Jairo Antonio Chaparro López y Flor Elvira Montañez Pérez por brindarme todo para ser una gran profesional porque lo que soy es gracias a ellos, a mis hermanitas Astrid Ximena, María Camila y Ana Julieth por brindarme cariño y apoyo porque son mi razón para ser una mejor persona cada día, a toda mi familia que son lo más valioso que me ha regalado Dios y porque juntos veamos realizado este gran sueño, a mis maestros, compañeros y amigos por compartir sus conocimientos y experiencias maravillosas en mi proceso formativo, por ultimo a mi compañera y amiga con la cual tuve el privilegio de realizar este trabajo.

Adriana Liseth Chaparro Montañez

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Ingeniera Mayerling Sanabria Buitrago y al Economista Alejandro Parra Saad por su paciencia, dedicación y motivación, ha sido un privilegio poder aprender de grandes personas como lo son ustedes.

También queremos agradecer a Marleny Urbina Hernández de la Gobernación de Cundinamarca y a Sandra Cortés de la Secretaria de Ambiente Natural del municipio de Sopo por su tiempo y su amabilidad para lograr evidenciar la necesidad asociada a la recuperación de áreas de importancia estratégica en la cuenca alta del rio Bogotá.

Finalmente agradecer a todos los propietarios de los predios visitados, por su tiempo y comprensión para el desarrollo de este trabajo de grado, al igual que a nuestros jurados por sus aportes y sugerencias.

Resumen

El Pago por Servicios Ambientales (PSA) se ha implementado como una estrategia en las zonas que mantienen aún áreas en buen estado de conservación natural, debido a que actualmente el Decreto 0953 de 2013 hace énfasis en la conservación de Áreas de Importancia Estratégicas (AIE) asociadas al recurso hídrico, las cuales son identificadas, delimitadas y priorizadas por la autoridad ambiental competente. Así mismo existe la necesidad de acciones que no solo involucren la conservación sino también restauración dentro de estas áreas, a causa de las elevadas cifras de suelos degradados que se han generado en los últimos años, ya que según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en su libro *Suelos y Tierras de Colombia*, actualmente el 40% del suelo del país ya tiene algún grado de erosión, mientras que un 15% está afectado por la sobrecarga de ganado (IGAC I. G., 2015), como es el caso de Cundinamarca que se encuentra entre los diez departamentos del país con mayor sobrecarga agropecuaria con el 33,3% de su área sobreutilizada (IGAC, 2017), por esto radica la importancia de la aplicación del incentivo para la recuperación de AIE, debido a que existen áreas que bajo procesos de rehabilitación podrían ser parte de incentivos económicos como los estipulados actualmente en la normatividad referente a los PSA, pues este representa un aporte importante a la disminución del riesgo asociado a la pérdida de calidad o abundancia de los recursos hídricos del país.

Este proyecto de grado está orientado a la identificación geo-espacial y priorización de AIE asociadas a procesos de degradación en los municipios de la cuenca alta del Río Bogotá, por medio de herramientas informáticas tipo Sistemas de Información Geográfica (SIG) y productos de sensores remotos, permitiendo la integración de información, superposición y análisis de datos, y a partir de esto, se definió el área dentro de los municipios de estudio en la que es más efectiva aplicar el ejercicio de valoración económica, centralizando la búsqueda del predio donde se evaluó el área que ha sido sometida a procesos de degradación junto con la manera de calcular un PSA como instrumento pertinente para contrarrestar el impacto al recurso hídrico. Por otra parte, se formuló un método complementario al esquema actual de PSA para la conservación del recurso hídrico, el cual se enfoca en el pago del incentivo también en aquellas zonas que requieren procesos de recuperación y rehabilitación de los suelos que han sido degradados, para ello se buscó que sean más los propietarios de territorios rurales los que puedan acogerse a esta estrategia. En definitiva, el proyecto de grado permitió identificar la importancia de abordar nuevas iniciativas en asuntos

ambientales que aporten a un PSA más incluyente para efectuar acciones de preservación y recuperación, buscando mitigar áreas sometidas a procesos de degradación contribuyendo así, al equilibrio entre los recursos naturales y las necesidades humanas.

Palabras clave: Pago por servicios ambientales, conservación recurso hídrico, cálculo del incentivo, servicios ecosistémicos.

Abstract

Payment for Environmental Services (PES) has been implemented as a strategy in areas that still maintain areas in good natural conservation status, because currently Decree 0953 of 2013 emphasizes the conservation of Areas of Strategic Importance (ASI) associated to the water resource, which are identified, delimited and prioritized by the competent environmental authority. There is also a need for actions that not only involve conservation but also restoration within these areas, because of the high levels of degraded soils that have been generated in recent years, as according to the Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) in his book “Soils and Lands of Colombia”, now the 40% of the soil of the country already has some degree of erosion, while 15% is affected by cattle overload (IGAC IG, 2015), as in the case of Cundinamarca, it is among the ten departments of the country with the greatest agricultural overload with 33.3% of its area overused (IGAC, 2017). This is why it is important to apply the incentive for the recovery of ASI, because there are areas that rehabilitation processes could be part of economic incentives as currently stipulated in the PES regulations, and this represents an important contribution to the decrease of the risk associated with the loss of quality or abundance of the country's water resources.

This degree project is oriented to the geo-spatial identification and prioritization of ASIs associated with degradation processes in the municipalities of the upper basin of the Bogota River, using information technology tools such as Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing products, allowing the integration of information, overlapping and data analysis, and from this, established the area within the municipalities of study in which it is more effective to apply the economic valuation exercise, centralizing the search of the property where the an area that has been subject to degradation processes along with the way of calculating a PES as a relevant instrument to counteract the impact to the water resource. On the other hand, a complementary method was formulated to the present scheme of PES for the conservation of the water resource, which focuses on the payment of the incentive also in those zones that require processes of recovery and rehabilitation of the degraded soils, to it was sought that the more the owners of rural territories be able to avail themselves of this strategy. In short, the degree project allowed the identification of the importance of addressing new initiatives in environmental matters that contribute to a more inclusive PES to carry out preservation and recovery actions, seeking to

mitigate areas subject to degradation processes, thereby contributing to the balance between natural resources and human needs.

Keywords: Payment for environmental services, water resource conservation, incentive calculation, ecosystem services.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: MARCO DE REFERENCIA	3
1.1. Acrónimos	3
1.2. OBJETIVOS	4
1.3. MARCO TEÓRICO.....	5
1.4. MARCO CONCEPTUAL.....	6
1.4.1. Pago por Servicios Ambientales (PSA)	7
1.4.2. Valoración económica	8
1.4.3. GLOSARIO	9
1.5. MARCO CONTEXTUAL.....	12
1.5.1. Ubicación geográfica del área de estudio	12
1.6. ANTECEDENTES	14
1.6.1. Pago por Servicios Ambientales	14
1.7. MARCO LEGAL.....	19
CAPÍTULO 2: DESARROLLO METODOLÓGICO	23
2.1. ETAPA I: Identificación y priorización las áreas de importancia estratégica asociadas a procesos de degradación en la cuenca alta del río Bogotá.....	24
2.1.1. Identificación de las variables.....	24
2.1.2. Escala de valoración del método multivariado en SIG.....	32
2.1.3. Valoración cuantitativa de las variables	32
2.1.4. Análisis espacial multicriterio de las variables en SIG.....	48
2.2. ETAPA II: Establecimiento y análisis de los criterios tanto ambientales como socioeconómicos requeridos para el diseño del esquema complementario	53
2.2.1. Aspectos socioeconómicos de los predios priorizados	53
2.2.2. Aspectos ambientales de los predios priorizados.....	57
2.2.3. Aspectos socioeconómicos del predio objeto de estudio.....	58
2.2.4. Aspectos ambientales del predio objeto de estudio	59
2.3. ETAPA III: Propuesta de cálculo del esquema complementario del incentivo a reconocer para la recuperación de los ecosistemas naturales, aplicado al caso de estudio	63

2.3.1. Metodologías de valoración económica.....	63
2.3.2. Método de calculo.....	66
CAPÍTULO 3: CONCLUSIONES	75
CAPÍTULO 4: RECOMENDACIONES	77
REFERENCIAS.....	78
ANEXOS	83
ANEXO A.....	84
ANEXO B.....	89
ANEXO C.....	111
ANEXO D.....	114
ANEXO E.....	116
ANEXO F.....	122
ANEXO G.....	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Valor Económico Total.	8
Figura 2. Ubicación de la cuenca alta del río Bogotá.	12
Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología seguida para el desarrollo de la investigación. ..	23
Figura 4. Identificación de las variables para ser agrupadas.	25
Figura 5. Área de estudio de la cuenca del río Bogotá.	27
Figura 6. Capa vectorial de AIE de la zona de estudio.	33
Figura 7. Capa vectorial de Páramos de la zona de estudio.	35
Figura 8. Microcuencas y puntos abastecedores.	36
Figura 9. Capa vectorial de microcuencas abastecedoras de la zona de estudio.	37
Figura 10. Capa vectorial de conflicto de uso del suelo de la zona de estudio.	39
Figura 11. Capa vectorial procesos productivos intensivos de la zona de estudio.	41
Figura 12. Capa vectorial de Erosión muy severa de la zona de estudio.	43
Figura 13. Ejemplo degradación puntual-difusa.	44
Figura 14. Capa vectorial degradación por pérdida de cobertura natural de la zona de estudio. ..	45
Figura 15. Identificación de zonas de extracción minera.	46
Figura 16. Capa vectorial zonas de extracción minera de la zona de estudio.	47
Figura 17. Diagrama de ponderación.	48
Figura 18. Diagrama de geoprocursos en ArcGIS.	50
Figura 19. Áreas priorizadas.	51
Figura 20. Sopo, predios priorizados.	52

Figura 21. Casa dentro del predio. Fuente: Elaboración propia	59
Figura 22. Ecosistema del predio.....	59
Figura 23. Nacimiento de agua dentro del predio.....	60
Figura 24. Flujograma para la valoración económica.....	63
Figura 25. Resultados de la ecuación propuesta	70
Figura 26. Estadísticas del nivel de confianza	71

LISTA DE GRÁFICOS

Grafico 1. Población rural de Sopo.....	53
Grafico 2. Muestra por género de encuestados.....	54
Grafico 3. Porcentaje de veredas donde habitan los encuestados.....	55
Grafico 4. Nivel educativo de los encuestados.....	55
Grafico 5. Ingresos de los encuestados.....	56
El Grafico 5 demostró que el ingreso de los encuestados es mayor a \$800.000 con un porcentaje de 33%, sin embargo, más del 47% vive con menos de un salario mínimo mensual.....	56
Grafico 6. Gastos mensuales de los encuestados.....	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Antecedentes de la exposición del Decreto 0953 de 2013.....	15
Tabla 2. Normatividad referente al Pago por Servicios Ambientales (PSA).....	19
Tabla 3. Definición de la variable Áreas de Importancia Estratégica-AIE.....	26
Tabla 4. Definición de las variables: paramos y cuencas abastecedoras.....	28
Tabla 5. Variables: conflicto del uso del suelo, procesos productivos intensivos y cobertura suelo.....	30
Tabla 6. Escala de valoración numérica.....	32
Tabla 7. Valoración cuantitativa de Áreas de Importancia Estratégica.....	32
Tabla 8. Valoración cuantitativa de páramos.....	34
Tabla 9. Valoración cuantitativa de microcuencas abastecedoras.....	36
Tabla 10. Valoración cuantitativa de conflicto de uso del suelo.....	38
Tabla 11. Valoración cuantitativa de procesos productivos intensivos.....	40
Tabla 12. Valoración cuantitativa de erosión.....	42
Tabla 13. Valoración cuantitativa de pérdida de cobertura natural.....	44
Tabla 14. Valoración cuantitativa de minería a cielo abierto.....	46
Tabla 15. Identificación de los SE por número de personas.....	57
Tabla 16. Afectaciones por actividades del pastoreo.....	61
Tabla 17. Metodologías de valoración de costos económicos.....	63
Tabla 19. Estudios analizados para la valoración.....	67

Tabla 18. Determinación de la probabilidad de aceptar un pago.....	70
Tabla 20. Rangos de valor del incentivo PSA.	72
Tabla 21. Costo de oportunidad predio.....	73
Tabla 22. Cuadro comparativo valoración del incentivo PSA.....	73
Tabla 23. Propuesta descriptiva de los costos de actividades de reforestación y cercado.....	74
Tabla 1. Resultados obtenidos por las encuestas	126

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de la calificación final de las variables.....	49
Ecuación 2. Cálculo alternativo de PSA aplicado al predio de estudio.	68
Ecuación 3. Valoración ajustada.....	69

INTRODUCCIÓN

Los esquemas de Pago por Servicios Ambientales-PSA son una transacción voluntaria y condicional, con al menos un vendedor, un comprador y un servicio ambiental bien definido para la conservación de Áreas de Importancia Estratégica-AIE. Como mecanismo de compensación económica, los PSA intentan cambiar la lógica del que contamina paga, a la lógica del que se beneficia del Servicio Ecosistémico (SE) paga (Rojas, 2011). En el país, actualmente la inversión del PSA se dirige a la preservación de las coberturas naturales asociadas al recurso hídrico principalmente las que abastecen acueductos municipales. Sin embargo, para garantizar una estrategia integral es necesario incorporar también aquellas AIE que requieran recuperación, enfatizando en los procesos necesarios de rehabilitación de las mismas, priorizando las que se encuentren en zonas de recarga hídrica, las cuales son fundamentales para garantizar el recurso y se contempla en la norma.

Hoy en día existe dificultad, y a la vez necesidad de aplicar del incentivo de PSA para la recuperación de AIE a causa de estas elevadas cifras de degradación del suelo, como es el caso de Cundinamarca que lamentablemente se ubica en el noveno lugar a nivel nacional con 127.437 hectáreas que presentan erosión severa y muy severa (IDEAM-MADS, 2014), por ejemplo, la cuenca alta del río Bogotá tiene una amplia vocación agropecuaria y los procesos intensivos de ganadería y agricultura, específicamente, cultivo y cosecha de papa y fresa, han hecho que los suelos tengan procesos de degradación importantes, asimismo el cambio reciente de las condiciones climáticas han presentado casos de la expansión de la frontera agropecuaria en estas áreas que en su mayoría son zonas altas asociadas a la recarga hídrica, las cuales han sido degradadas hasta el punto de presentar procesos de erosión, por tanto, se disminuye la productividad, fertilidad de los suelos y por consiguiente la calidad de vida de las personas que tiene como sustento la actividad agropecuaria (Ambiente & Salle).

Sin embargo, la recuperación de AIE asociadas al recurso hídrico, requiere un tratamiento diferente para la estimación del incentivo económico que no ha sido abordado. Por consiguiente, se propuso diseñar un esquema complementario de PSA, a partir del análisis y valoración de las condiciones de degradación en un predio ubicado en la cuenca alta del Río Bogotá adscrito a una zona de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos. Así, buscando dar respuesta a

lo anterior el presente trabajo de grado se encaminó en la identificación y priorización de las AIE asociadas a procesos de degradación en el área de estudio para seleccionar y establecer un análisis en dicho predio identificando los criterios tanto ambientales como socioeconómicos requeridos para el diseño y finalmente se documentó la propuesta del esquema complementario de cálculo del incentivo a reconocer para la recuperación de los ecosistemas naturales asociados al recurso hídrico, aplicado al caso de interés.

Para el desarrollo de esta propuesta, el documento se organiza en cuatro capítulos por medio de los cuales se da justificación teórica y metodológica a la investigación, el primero es un marco referencial contextual y geográfico el cual explica a profundidad el PSA, el segundo es el desarrollo metodológico de la investigación y las tres etapas aplicadas, por medio de las cuales se identificó y priorizó las áreas de importancia estratégica asociadas a procesos de degradación en la zona de estudio, posteriormente se abordó aspectos ambientales y socioeconómicos requeridos para finalmente plantear la propuesta de cálculo del esquema complementario del incentivo a reconocer para la recuperación de los ecosistemas naturales aplicado al caso de estudio, en el tercer y cuarto capítulo se encuentran las conclusiones y recomendaciones que surgieron a lo largo del trabajo de grado con el fin de incentivar el estudio de este tipo de propuestas frente a las problemáticas ambientales existentes que con el paso del tiempo se encuentran en un estado alarmante.

CAPÍTULO 1: MARCO DE REFERENCIA

1.1. Acrónimos

AEPCRH: Áreas Estratégicas para la Conservación del Recurso Hídrico.

AIE: Áreas de Importancia Estratégica.

ASI: Areas of Strategic Importance.

BEN: Beneficio Económico Neto.

CAR: Corporación Autónoma Regional.

CIF: Certificado de Incentivo Forestal.

CONPES: Consejo Nacional de Política Económica y Social.

CTP: Costos Totales de Producción.

DDS: Departamento de Desarrollo Sostenible de la Organización de los Estados Americanos.

DNP: Departamento Nacional de Planeación.

ETP: Ecosistemas Terrestres para Proteger.

IBT: Ingreso Bruto Total.

IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

MADS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

MAVDT: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

PES: Payment for Environmental Services.

PNN: Parques Nacionales Naturales de Colombia.

POMCAS: Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.

PSA: Pago por Servicios Ambientales.

SA: Servicio Ambiental.

SE: Servicio Ecosistémico.

SIG: Sistema de Información Geográfica.

SINAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

SOPLA: Programa Regional sobre Políticas Sociales de Brasil.

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

VET: Valor Económico Total.

VNU: Valor de No Uso.

VU: Valor de Uso.

1.2. OBJETIVOS

Objetivo General

Proponer un esquema complementario de PSA, a partir del análisis y valoración de las condiciones de degradación en un predio ubicado en la cuenca alta del Río Bogotá adscrito a una zona de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos.

Objetivos Específicos

- Identificar y priorizar las áreas de importancia estratégica asociadas a procesos de degradación en la cuenca alta del río Bogotá para seleccionar el predio objeto de estudio.
- Establecer y analizar en el predio objeto de estudio los criterios tanto ambientales como socioeconómicos requeridos para el diseño del esquema complementario.
- Proponer el esquema complementario de cálculo del incentivo a reconocer para la recuperación de los ecosistemas naturales asociados al recurso hídrico, aplicado al caso de estudio.

1.3. MARCO TEÓRICO

En el presente apartado se precisan los referentes teóricos desde los que se sustenta el trabajo de grado, con base al pago por servicios ambientales y adaptación de incentivos ambientales para la rehabilitación de las áreas de importancia estratégica en el marco de las temáticas que puede abordar un Ingeniero Ambiental y Sanitario.

Inicialmente se utiliza el término de AIE a aquellas áreas de interés para la aplicación de esquemas de PSA, Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible las AIE en (MinAmbiente, 2013).

Se deben previamente identificar, delimitar y priorizar por las autoridades ambientales, con base en la información contenida en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, planes de manejo ambiental de microcuencas, planes de manejo ambiental de acuíferos o en otros instrumentos de planificación ambiental relacionados con el recurso hídrico.

Las AIE tienen unas características, de las cuales podemos incluir la clasificación y medición de Servicios Ecosistémicos-SE que prestan dichas áreas. Estos servicios son:

Beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad. Los servicios ecosistémicos han sido reconocidos como el puente de unión entre la biodiversidad y el ser humano. Esto significa que las acciones que históricamente se han realizado para la conservación de la biodiversidad (áreas protegidas, preservación de especies focales, corredores biológicos, entre otros), no son actividades ajenas al desarrollo, sino que por el contrario, han contribuido significativamente a la provisión de servicios ecosistémicos de los cuales depende directa e indirectamente el desarrollo de todas las actividades humanas de producción, extracción, asentamiento y consumo, así como el bienestar de nuestras sociedades (MEA 2005, citado en (MADS M. D., 2010)).

En términos generales se pueden identificar cuatro tipos de SE, como los servicios de aprovisionamiento, de regulación y soporte, y culturales, de los cuales la provisión de los mismos depende directa e indirectamente el desarrollo de todas las actividades humanas de producción, extracción, asentamiento y consumo, así como el bienestar de nuestras sociedades.

Es así, como la priorización de áreas a partir de la oferta potencial de servicios ecosistémicos, bajo el componente de valoración integral de bienes y SE, se realiza con el fin de determinar en qué áreas y con qué actores se realizará la valoración. Lo anterior permite tener una aproximación holística sobre el territorio. Según la CAR la priorización de las áreas se realiza a partir del análisis de la oferta potencial de tres servicios ecosistémicos, como lo son el Balance hídrico, Belleza escénica y Calidad de hábitat. La base para este análisis son los mapas de oferta potencial de los anteriores tres SE provista por Conservación Internacional. De acuerdo con lo anterior para determinar las zonas de priorización de oferta de servicios ecosistémicos se tiene en cuenta una aproximación cuantitativa y otra cualitativa, como en el siguiente ejemplo:

Una de las valoraciones que se han realizado es la de la Reserva Forestal de la Cuenca Alta del Río Bogotá y esta se realizó en tres sesiones de taller de expertos miembros del equipo de trabajo de valoración económica de los S.E. En la revisión "cuantitativa" asignaron valores de 1 a 3 a las categorías de oferta de los S.E, a saber: la categoría "baja" tendrá un valor de 1, la "media" de 2 y la "alta" de 3. Una vez categorizados las diferentes áreas, se sumaron los puntajes obtenidos en cada uno de los mapas, para seleccionar los polígonos que tuvieran el valor máximo posible y se precedió a identificarlos y marcarlos en el mapa base de la Reserva forestal. Por otro lado, el análisis cualitativo se realizó a través de un análisis interpretativo de los anteriores mapas por parte de los expertos del equipo de trabajo, con el fin de identificar visualmente las áreas con mayor oferta para cada uno de los S.E estudiados. Una vez finalizadas las dos aproximaciones, cotejan los resultados lo que permite encontrar los polígonos con mayor oferta potencial de SE dentro de la Reserva. Las áreas que resultan priorizadas son comparadas, como unidad de análisis adicional, con el mapa de distribución potencial de especies prioritarias (amenazadas, endémicas y migratorias), para tener en cuenta también esta categoría de información sobre la biodiversidad de las áreas (CAR C. A., 2014).

1.4. MARCO CONCEPTUAL

Teniendo en cuenta que el Decreto 0953 de 2013, establece que pago por servicios ambientales es el incentivo a los propietarios de las áreas de importancia estratégica, para la conservación y recuperación de los ecosistemas naturales y en consecuencia la provisión y/o mejoramiento de los servicios ambientales asociados al recurso hídrico y que se entiende como servicios ambientales aquellos derivados de las funciones ecosistémicas que generan beneficios a la comunidad, tales como la regulación hídrica y el control de erosión y sedimentos (Minambiente, 2013), que permiten la conservación de los recursos hídricos, la amenaza sobre los servicios ecosistémicos

crece al igual que las cifras de degradación del suelo, ya que según el estudio de conflictos de uso del suelo del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, de las 114.174.800 hectáreas que conforman el territorio nacional, tan solo el 16,07% está cobijado bajo la categoría de “área de protección legal”, tales como parques naturales, reservas forestales y distritos de conservación y de manejo integrado (IGAC, 2015). En la actualidad la inversión de PSA hace énfasis en la conservación, principalmente de cuerpos de agua que surten a los acueductos municipales, distritales y regionales, por lo expuesto anteriormente existe la necesidad de la recuperación de los ecosistemas naturales, por lo cual el trabajo de grado busca una propuesta de esquema complementario asociado a la recuperación, que se encuentra estipulado en el Decreto 0953 de 2013, pero no se ha desarrollado de manera integral.

1.4.1. Pago por Servicios Ambientales (PSA)

Los PSA han emergido como una alternativa complementado los mecanismos de comando y control y así mismo son instrumentos indirectos diseñados para lograr los objetivos de conservación y recuperación de ecosistemas naturales. De esta manera los PSA demuestran su capacidad para convertir las externalidades y los valores de no mercado asociados al ambiente en incentivos financieros efectivos. Los propietarios del suelo pasan de ser vistos como contaminadores a proveedores de servicios. Como afirma en el artículo *El PSA como alternativa para el uso sostenible de los servicios ecosistémicos de los páramos*, el autor Jhohnny Rojas:

La promoción del esquema PSA se da desde distintas disciplinas y por distintos motivos, por ejemplo, para ecologistas y biólogos, los PSA son una forma de reducir la degradación de la biodiversidad generando incentivos para disminuir la presión sobre la naturaleza. Para los economistas, los PSA son un esquema para mejorar la eficiencia en la distribución de los SE y corregir las externalidades; mientras quienes trabajan en el campo del desarrollo ven los PSA como una forma de generar incentivos orientados a la comunidad vulnerables y la promoción de bienes sociales (Rojas, 2011).

De esta manera según el Departamento Nacional de Planeación (DNP) los PSA reconocen:

Acciones asociadas a la conservación de cuencas hidrográficas, para mejorar la disponibilidad y regulación del agua para el consumo doméstico, industrial, turístico, agropecuario, para la generación de energía, y otros usos, junto con la conservación de la biodiversidad, para evitar la transformación de ecosistemas estratégicos, proteger el hábitat de especies amenazadas y

polinizadoras y propiciar el ecoturismo y la conservación de sumideros de carbono de manera que se reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la deforestación, potenciando las actividades forestales y el uso sostenible de los bosques (DNP D. N., 2017).

1.4.2. Valoración económica

Es importante reconocer que según el Departamento Nacional de Planeación en los lineamientos de política y programa nacional de PSA (DNP D. N., 2017)

Los servicios ambientales al no tranzarse en un mercado convencional, no se les asignan un valor en términos monetarios. Sin embargo, al reconocer los beneficios generados por el conjunto de funciones ecológicas que prestan los ecosistemas, se hace necesario desarrollar mecanismos para valorarlos y establecer una medida del bienestar que le proporcionan a la sociedad. En este sentido, los métodos de valoración económica ambiental cobran especial importancia, en la medida en que posibilitan el establecimiento y la cuantificación de los beneficios, así como los costos que debe asumir la sociedad por su provisión a través de la restauración, recuperación, protección y conservación de los ecosistemas. (pág. 19)

Es así, como el concepto de Valor económico total (VET) comprende no sólo valores monetarios o de mercado sino también valores no monetarios que implican una medida no económica, en este sentido el valor económico de los servicios ecosistémicos se enmarca en los dos enfoques, es decir, que el VET puede dividirse se en 2 categorías: valor de uso y valor de no uso.

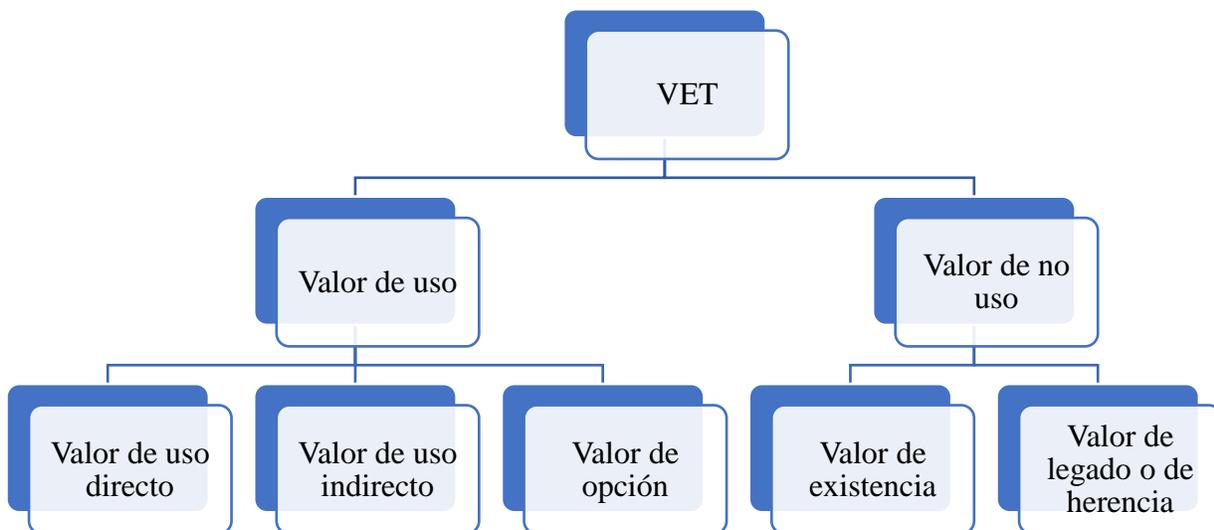


Figura 1. Valor Económico Total.

Fuente: Adaptado de Ázqueta (1999).

Como se observa en la *Figura 1. Valor Económico Total.*, el VET se divide en dos categorías (Valor de Uso y Valor de No Uso), la primera categoría está compuesta por el valor de uso directo, valor de uso indirecto y valor de opción, los cuales representan el valor económico que tiene el bien o servicio ambiental dentro del sistema económico, mientras que la segunda categoría, valor de no uso, comprendido por el valor de existencia y el valor de legado, simboliza el valor no monetario o de mercado que tienen los bienes o servicios ecosistémicos, es decir el valor que representan por su existencia y la prestación de los servicios que generan. En otros términos, cuando el bien o servicio ambiental no tiene un precio ligado a un mercado real, el valor económico puede estimarse a través de un mercado simulado. Se puede medir a través de la disposición a pagar por el ambiente limpio y su gozo (Ázqueta, 1999; Barry, 2001; Hanley, 2007; Labandeira, 2008; Uribe, 2003)¹.

Cabe resaltar que uno de los problemas más significativos de los esquemas de PSA en Colombia es la falta de sostenibilidad financiera y de continuidad por no generar financiamiento local y basarse principalmente en recursos internacionales, esto nos demuestra que no se aprovecha completamente esta herramienta, de acuerdo a la falta de recursos, por la imperfección en el diseño de los esquemas y en algunos casos por fallas técnicas (DNP D. N., 2017).

1.4.3. GLOSARIO

El siguiente listado de términos organizado alfabéticamente, se realiza a partir de diferentes fuentes las cuales se referencian al final de cada definición, a continuación, se presentan los términos más relevantes en el marco del trabajo de grado:

Adicionalidad: Este término hace referencia cuando el esquema de PSA logra que se mejore la provisión del servicio ecosistémico en niveles que no se hubieran obtenido sin la implementación del proyecto acordado en el mismo (MinAmbiente, 2013).

Autoridades Ambientales: Cuando el decreto 0953 de 2013 hace referencia a las autoridades ambientales, incluye a la Unidad Administrativa Especial denominada Parques Nacionales Naturales de Colombia, a las Corporaciones Autónomas Regionales, a los grandes centros urbanos a los que se refiere el artículo 66 de la Ley 99 de 1993 y a los establecimientos públicos ambientales contemplados en el artículo 13 de la Ley 768 de 2002 (Minambiente, 2013).

Costo de oportunidad: Con esta metodología de cálculo del incentivo de PSA, se mide el sacrificio que cualquier individuo debe asumir cuando efectúa una elección para conseguir un objetivo concreto, y lo cual le implica al mismo tiempo descartar otra u otras elecciones posibles que también le son deseables (Minambiente, 2013).

Degradación del suelo: Conforme a la definición de la FAO, la degradación del suelo es un cambio de una o más de sus propiedades a condiciones inferiores a las originales, generando una disminución de la capacidad del ecosistema para prestar servicios, estos son efectos producidos básicamente por el uso y manejo inadecuado del suelo principalmente por actividades antrópicas (FAO, 2017).

Erosión de suelo: Según la FAO la erosión del suelo se refiere a las pérdidas absolutas de suelo de la capa superficial y nutrientes del mismo. Por otro lado, también define un proceso natural en zonas montañosas, pero con frecuencia se empeora mediante las malas prácticas de manejo (FAO, 2017).

Evaluación económica: Tiene como objetivo identificar las ventajas y desventajas asociadas en un proyecto antes de la implementación del mismo. Integra en su análisis tanto los costos monetarios como los beneficios expresados en otras unidades relacionadas con las mejoras en las condiciones de vida de un grupo (Sabalza, 2006).

Externalidades: Se dice que estamos en presencia de una externalidad o economía externa, cuando la actividad de una persona o empresa repercute sobre el bienestar de otra o sobre su función de producción, sin que se pueda cobrar un precio por ello, en uno u otro sentido (Oyarzun, 1994)

Ingresos Corrientes para conservación de recursos naturales: Como fuentes de financiación y para efectos de lo dispuesto en el artículo 111 de la Ley 99 de 1993, modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011, los departamentos y municipios dedicarán un porcentaje no inferior al 1% del total de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de las áreas de importancia estratégica con el objeto de conservar los recursos hídricos o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales en dichas áreas (Minambiente, 2013).

Mitigación: En el presente trabajo de grado se asocia a la intervención pretendida para reducir la degradación el suelo en curso y resulta en una etapa una vez que la degradación se haya iniciado. El objetivo principal es de detener la degradación continua y comenzar con el mejoramiento de los recursos naturales y sus funciones, y los impactos de mitigación tienden a ser visibles en corto y mediano plazo (FAO, 2017).

Pago por servicios ambientales asociados al recurso hídrico: Según lo estipulado en el Decreto 0953 del 2013, es el incentivo, en dinero o en especie, que las entidades territoriales podrán reconocer contractualmente a los propietarios y poseedores regulares de predios ubicados en las áreas de importancia estratégica, en forma transitoria, por un uso del suelo que permita la conservación o recuperación de los ecosistemas naturales y en consecuencia la provisión y/o mejoramiento de los servicios ambientales asociados al recurso hídrico (Minambiente, 2013).

Rehabilitación: Es necesaria cuando el suelo ya está degradado hasta tal punto que su uso original ya no es posible y se ha convertido prácticamente improductivo. En consecuencia, se necesitan inversiones de largo plazo y más costosas para poder obtener algún impacto (FAO, 2017).

Servicios ambientales asociados al recurso hídrico: Son aquellos servicios derivados de las funciones ecosistémicas que generan beneficios a la comunidad, tales como la regulación hídrica y el control de erosión y sedimentos, que permiten la conservación de los recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales (Minambiente, 2013).

Servicios ecosistémicos (o ambientales): Procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los conforman, sostienen y nutren a la vida humana. (Daily,1997). Generan bienestar a la población, asociados con las necesidades humanas, uso directo e indirecto.

Técnicas de recuperación “EX SITU”: El suelo es excavado, transportado y tratado en una determinada instalación. Esta técnica se divide en dos partes; si la instalación está situada próxima a la zona de emplazamiento del suelo contaminado se denomina técnicas “ON SITE”, y si esta fuera del emplazamiento se denominan técnicas “OFF SITE”. Son las más desarrolladas y las que más se han aplicado (Eixarch, 2004).

Técnicas de recuperación “IN SITU”: El suelo es tratado en su emplazamiento original, no se realiza excavación, aunque a veces se remueve o mezcla en su localización original. Requiere tiempos de tratamientos muy largos, y los porcentajes de degradación de los contaminantes son pequeños. Son difícilmente aplicables en suelos de baja permeabilidad (Eixarch, 2004).

1.5. MARCO CONTEXTUAL

El área de estudio del proyecto está ubicada en la cuenca alta del río Bogotá, como se expone detalladamente en la siguiente sección.

1.5.1. Ubicación geográfica del área de estudio

La cuenca alta del río Bogotá está ubicada en la parte central de Colombia, en el departamento de Cundinamarca, con una superficie total de 589.143 hectáreas. El tramo comprende desde el nacimiento del Río Bogotá, en Villapinzón hasta el puente de la virgen en Cota, la longitud del río en este tramo es de 170 kilómetros. Este sector está conformado por 18 municipios los cuales son: Villapinzón, Chocontá, Sesquilé, Suesca, Nemocón, Gachancipá, Guatavita, Tocancipá, Cogua, Zipaquirá, Sopó, Guasca, Cajicá, Chía, Tabio, Cota, Tenjo y Subachoque; como se da a conocer en la ilustración 1:

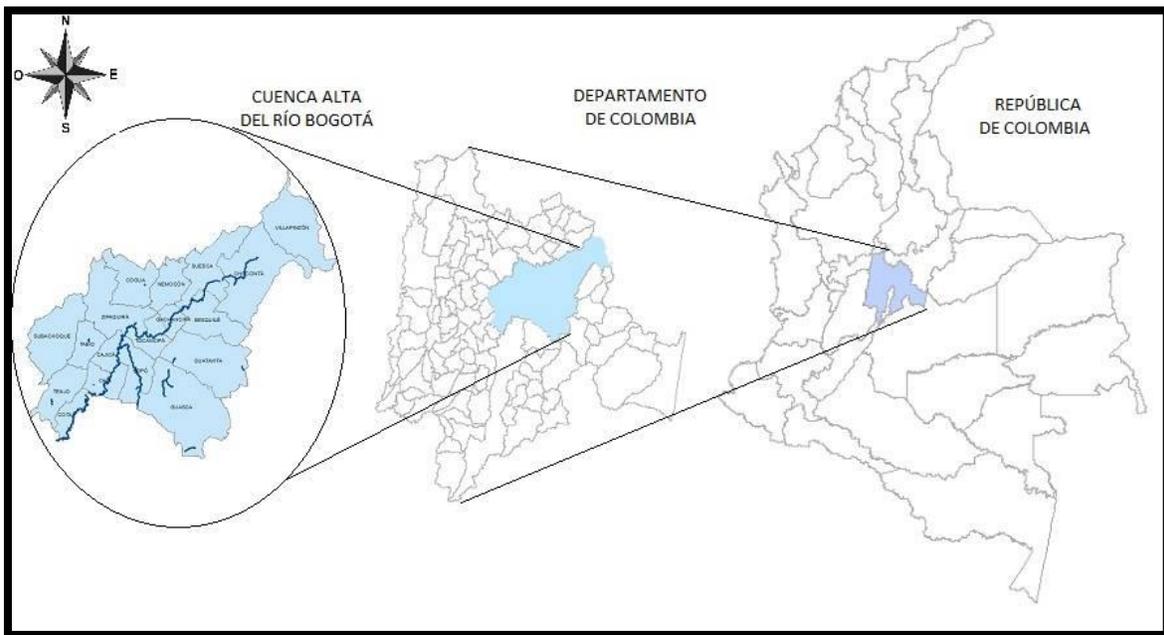


Figura 2. Ubicación de la cuenca alta del río Bogotá.

Fuente: Elaboración propia

La importancia de trabajar en la cuenca alta del río Bogotá radica en que el uso principal del agua es la potabilización y suministro para consumo humano, al igual que la generación de energía por hidroeléctricas y actividades realizadas por los sectores productivos; según la Corporación Autónoma Regional (CAR) estas áreas de fuentes hídricas disminuyeron a causa del incremento de la potrerización en zonas altas, la ausencia de prácticas productivas sostenibles y el uso irracional desde los sectores agropecuarios; además que los cultivos de papa y fresa generan contaminación a los recursos agua y suelo al utilizar pesticidas, fertilizantes y herbicidas en el desarrollo de sus actividades (Ambiente & Salle); reflejando la importancia de la recuperación de áreas estratégicas para el recurso hídrico y los servicios ecosistémicos que prestan.

1.5.1.1. Aspectos socioeconómicos de la cuenca alta del río Bogotá

La población asentada en la cuenca alta del Río Bogotá es aproximadamente 180.000 habitantes correspondientes al 2,2% del total de la cuenca. En cuanto a las actividades económicas agropecuarias e industriales presentes en la zona, se identifican el procesamiento de cueros, los cultivos tanto transitorios como permanentes, la ganadería de doble propósito, entre otros (CAR C. A., 2006).

Es fundamental mencionar que la producción agropecuaria es la más representativa al igual que la que puede tener mayores efectos medioambientales negativos, si se realiza de manera inadecuada puede originar degradación y contaminación del suelo, fragmentación de los hábitats y pérdida de vida silvestre. Según el Plan de Manejo de la Reserva Forestal Protectora Productora Cuenca Alta del Río Bogotá, se identifican los siguientes sistemas de la misma: sistemas de producción ganado de leche familiar tradicional de micro propietarios, sistema de producción familiar de ganado de leche de pequeños propietarios, sistema de producción familiar y/o de mediana empresa de ganado de leche de propietarios de mediana escala, sistema de producción de ganadería de leche empresarial de gran escala, sistema de producción empresarial de ganadería de lidia, sistema de producción agrícola de microfundio, pequeños y medianos productores de hortalizas y verduras, pequeños propietarios productores de papa, medianos y grandes productores de papa, medianos y grandes productores de papa bajo la modalidad de arrendamiento de tierra, piscifactorías, granjas avícolas, porcícolas y flores bajo cubierta (CAR, 2015).

1.6. ANTECEDENTES

Esta sección describe el PSA desde sus inicios, las experiencias de implementación a nivel internacional, nacional y regional, y sus logros en aspectos ambientales.

1.6.1. Pago por Servicios Ambientales

El inicio de los pagos por servicios ambientales se origina en los años 1950, pero se desarrolla en los años 1990 debido a la necesidad de los países desarrollados de establecer nuevos mercados que favorezcan la sostenibilidad ambiental. Esta sería una de las primeras experiencias del uso de un instrumento económico de mercado para modificar el comportamiento de la población con el fin de detener la deforestación. Sin embargo, este fue solo el comienzo, ya que en la actualidad se realizan proyectos a favor de los servicios ambientales suministrados por la conservación de cuencas hidrográficas locales o el manejo de áreas protegidas (DDS, 2005).

Según el Documento *CONPES 3886 de 2017*, Costa Rica, México y Ecuador son países con importantes experiencias en PSA, generando beneficios en términos de reducción de la deforestación, aumento de la cobertura boscosa y generación de alternativas económicas para la población rural. Por ejemplo, Costa Rica implementa desde 1997 el programa de PSA, el cual ha permitido recuperar el 31% de la cobertura boscosa del país, lo que representa que cerca de la mitad del territorio nacional se encuentra cubierto de bosques, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero y logrando consolidar una red de áreas protegidas privadas y públicas, al mismo tiempo estimulando actividades como el ecoturismo y la investigación. Por otro lado, México implementó el programa nacional de servicios ambientales hidrológicos en el año 2003, reconociendo la conservación de la biodiversidad a través de sistemas agroforestales con cultivos bajo sombra, proyectos de secuestro y conservación de carbono. Por su parte Ecuador en 2013 estableció el programa nacional de incentivos a la conservación y uso sostenible del patrimonio natural, este ha logrado 2.748 convenios de paramos nativos conservados, diferenciándose de otras experiencias porque además de su propósito de conservación, tiene un enfoque social que busca combatir la pobreza y favorecer la equidad en la distribución de los beneficios (Socio bosque, 2016; Conafor, 2014; FONAFIFO, 2016 ,citado en (DNP D. N., 2017)).

En Colombia desde 1974 se consagró la obligación del Estado de proteger y aprovechar de forma sostenible la diversidad biológica, uno de los primeros instrumentos fue el certificado del incentivo forestal (CIF), que busca compensar los beneficios asociados a la actividad forestal. Es así como

las experiencias de PSA inician en el MADS con 7 casos piloto, Corporaciones y PNN con 22 casos, Patrimonio Natural con 3 casos, Federación Nacional de Cafeteros con 3 casos piloto, Fedegan con 1 iniciativa, campaña RARE con 3 iniciativas y la Gobernación con 1 iniciativa (MinAmbiente, 2013).

Otros proyectos significativos en el PSA están expuestos en el siguiente cuadro donde se indica el proyecto, la autoridad ambiental responsable, la ubicación, municipios beneficiados y los servicios ambientales prestados:

Tabla 1. Antecedentes de la exposición del Decreto 0953 de 2013.

Proyecto y Autoridad Ambiental	Ubicación y municipios beneficiados	Servicio ambiental
Cuenca alta del río Cane-Iguaque (Parque Nacionales, Corpoboyaca)	Chíquiza – Boyacá (Villa de Leyva)	Regulación hídrica y calidad del agua
Subcuenca La Colorada (Parques Nacionales)	Arcabuco – Boyacá (Villa de Leyva y Arcabuco)	Regulación hídrica y control de sedimentos
Cuenca río Teatinos (Corpoboyaca)	Tunja – Boyacá (Tunja, Samacá y Cucaita)	Regulación hídrica y control de sedimentos
Cuenca Río Combeima (Cortolima)	Ibagué – Tolima (Ibague)	Control de sedimentos y regulación hídrica
Cerro La Judía (CDMB)	Floridablanca – Santander (Floridablanca)	Control de sedimentos y regulación hídrica
Cuenca río Otún (Carder)	Pereira – Dosquebradas y Santa Rosa de Cabal – Risaralda	Belleza escénica
Área Volcán Azufral (Corponariño)	Túquerres y Sapuyes - Nariño	Belleza escénica

Fuente: Taller de socialización del Decreto 953 de 2013, Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesysostenible/pdf/decreto/Adjunto_2.Presentaciones_Taller_Decreto_0953_de_2013.pdf (21 de marzo de 2017)

En la actualidad como respuesta a la presión que enfrentan los páramos como la expansión de la frontera agrícola, nacen proyectos como el de “Páramos: Biodiversidad y Recursos Hídricos en los Andes del Norte” el cual busca fortalecer la capacidad de las comunidades, gobiernos locales, y autoridades ambientales en torno al manejo sostenible de los páramos como ecosistemas estratégicos. Este proyecto se realiza en tres países: Perú, Ecuador y Colombia; en nuestro país se implementa en: Santurban en coordinación con la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB); en Rabanal en coordinación con la Corporación Autónoma Regional de Chivor (Corpochivor); en Los Nevados con la Corporación Autónoma

Regional de Risaralda (Carder) y WWF-Colombia; en Las Herosas en coordinación con la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC); y en Ángel-Chiles-Quitasol en coordinación con la Corporación Autónoma Regional de Nariño (Corponariño) (UICN, 2016).

En particular sobresalen proyectos como los de la federación nacional de cafeteros de Colombia y el fondo patrimonio natural, cada uno con cuatro iniciativas de PSA, y de igual forma CORNARE, con BanCO2, donde este esquema ha cobrado importancia en el país, ya que ha promovido la articulación entre entidades públicas y privadas. La realización de inversiones es a través de una página web, facilitando las compensaciones voluntarias de personas y de las compensaciones voluntarias u obligatorias de empresas, asimismo, visualizando las áreas y beneficiarios del pago, esto ha logrado que al año 2016 se reporten 58.000 hectáreas bajo este tipo de esquema (DNP D. N., 2017).

La parte para destacar es que los proyectos realizados son acuerdos voluntarios que se realizan entre comprador y vendedor del servicio, y en general se dice que las iniciativas de PSA han sido exitosas en que ha mejorado el bienestar de los proveedores de los servicios ambientales (SOPLA, 2013).

1.6.1.1. Pago por Servicios Ambientales en Cundinamarca

Hace aproximadamente 30 años se realizó un desplazamiento de la población de bajos recursos a las zonas altas de los municipios y la población de mejores ingresos se hospedaron en las partes planas de los municipios, generando que en la actualidad se presente pérdida de los recursos naturales en las zonas de recarga de acuíferos, es decir en las partes altas. Por esta razón, la forma en la cual se pretendió remediar esta problemática fue por medio de la adquisición de predios en AIE que abastecen acueductos regionales, municipales y veredales; esto hizo que surgiera una problemática mayor, ya que las personas después de recibir un pago mínimo por su predio, engrosaran el cinturón de pobreza en los cascos urbanos. Teniendo en cuenta que se obtuvieron los predios, pero no se obtuvo ningún beneficio ambiental, debido a que se descuidaban los territorios, generando un costo adicional en el cuidado y vigilancia de los mismos.

De acuerdo con lo anterior se creó la propuesta de responsabilidad y empoderamiento de la comunidad por los recursos naturales y las personas más apropiadas para cuidar, conservar y recuperar estos recursos naturales son los mismos campesinos que viven en el territorio.

Según el Foro Incentivos a la conservación en Cundinamarca (Enfoques y perspectivas PSA) realizado el día 28 de Septiembre de 2017, Cundinamarca es pionero en PSA con el programa “Yo protejo” ¡Agua para todos!, debido a la alianza entre la Gobernación de Cundinamarca, Patrimonio Natural, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y la Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO) mediante la suscripción del convenio de asociación, cuyo objeto es “Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y económicos para desarrollar el programa de pago por servicios ambientales en el departamento de Cundinamarca”.

“Yo protejo” ¡Agua para todos!, está enfocado en promover el cuidado del boque y los páramos por su conexión vital con el agua, de esa manera definiendo las AIE según el decreto 0953 de 2013 para la conservación de los páramos y bosques existentes, así como los que contribuyen a promover el uso sostenible del suelo y brindan conectividad, esto se establece por medio de una socialización del programa a miembros de las administraciones municipales así como a los propietarios de los predios en las áreas estratégicas para el recurso hídrico, luego de eso se realiza una visita a los predios para verificar con los propietarios, el estado de conservación de los bosques y los conflictos del uso del suelo que se puedan estar presentando, para trabajar con los propietarios en la elaboración concertada de planes para la conservación y protección de áreas de importancia estratégica para el recurso hídrico y por ultimo realizar acuerdos de conservación con los propietarios de los predios para la entrega de incentivos. Después de este proceso se realizar seguimiento y verificación del cumplimiento de los Acuerdos establecidos anteriormente.

Con respecto a la información de la página de la gobernación de Cundinamarca se han vinculado hasta la fecha directamente al programa de PSA 28 municipios con 2300 hectáreas en conservación, sobre las cuales se está reconociendo incentivo a 100 familias cundinamarquesas.

Por otra parte, en Junin ubicado en el departamento, se estableció el esquema de PSA a los propietarios de predios con usos agropecuarios para el cambio del uso de la tierra, debido a la alta carga de sedimentos y contaminación biológica del cuerpo de agua. En este caso el servicio ambiental fue la reducción de sedimentos mediante el cambio del uso del suelo. Los gestores de los servicios ambientales son los propietarios de los predios en la cuenca de las quebradas la Chinagocha y la Mistela y de igual manera los beneficiarios de los servicios ambientales son los 5.000 usuarios del acueducto municipal y de las veredas mencionadas. Se buscó reducir la contaminación del agua a través de la conservación y el restablecimiento de los corredores

ribereños, permitiendo la regeneración natural y conservando la vegetación natural existente. El valor del incentivo se determinó de acuerdo al costo de oportunidad, considerando el valor del arriendo y la baja productividad (MinAmbiente, 2013).

De acuerdo a la creciente problemática de disponibilidad y contaminación del recurso hídrico especialmente en la cuenca alta del Río Bogotá, se ha vuelto primordial buscar la manera de conservar este recurso y donde se ha originado el interés especial de las instituciones y organizaciones locales de Cundinamarca. De acuerdo a esto fue necesario identificar los impactos negativos que las prácticas inadecuadas han generado sobre el suelo de la zona. La CAR reveló los problemas que se enfrentan en la cuenca alta del Río Bogotá donde se determinó que los factores están relacionados con la presión de aguas subterráneas como consecuencia del cultivo de las flores, cultivos de papa que alteran los ecosistemas de páramo y bosques en el nacimiento del afluente, curtiembres de cuero, contaminación agroindustrial y la actividad minera, donde un total 166.000 habitantes depositan residuos sólidos en el río. Donde los malos olores y deterioro de la calidad de vida de la comunidad, tienen su influencia en la fuente hídrica además de vertimientos y almacenamiento de aguas negras, contaminación por la agroindustria, ganadería, escasez del recurso hídrico, así como el deterioro paisajístico por ausencia del caudal ecológico. Estas actividades generan impactos negativos como el aceleramiento de los procesos erosivos de los suelos y el transporte de sedimentos que afectan la calidad de los recursos hídricos aledaños a las zonas afectadas (Radio, 2016).

En cuanto al municipio escogido como caso de estudio, se tiene presente el desarrollo a mayor escala de Sopo por tener una de las mayores cifras de producción lechera a nivel Cundinamarca que oscila entre 66.960 y 100.320 litros por día, asimismo, es uno de los municipios con menor área cultivada en pastos esta área oscila entre 12.986 y 24.550 Ha, por otro lado ha aumentado entre el 2011 y 2013 en número de granjas y cultivos tanto transitorios como permanentes de durazno, fresa, arveja, papa, ajo, maíz y cebolla de bulbo. Esta producción a mayor escala ha aumentado la degradación de los suelos, disminuyendo su producción y saturando los suelos. Esta problemática nos señala que este municipio es óptimo por la recuperación de AIE (Cundinamarca S. d., 2013).

1.7. MARCO LEGAL

La normatividad ambiental vigente y aplicada en Colombia referente a los PSA hace énfasis a la conservación de AIE, pero existe la necesidad de implementación de incentivos que garanticen la recuperación de las mismas y la responsabilidad ambiental ante el mantenimiento y generación de los Servicios Ambientales (SA). En la *Tabla 2. Normatividad referente al Pago por Servicios Ambientales (PSA)* se presenta la normatividad relacionada con el PSA desde sus inicios, para cumplimiento de los requerimientos legales de los Esquemas.

Tabla 2. Normatividad referente al Pago por Servicios Ambientales (PSA).

Normas	Tema jurídico	Aplicabilidad
LEY		
Artículo 111 de la Ley 99 de 1993	Adquisición de Áreas de Interés para Acueductos Municipales, Declárense de interés público las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua los acueductos municipales y distritales.	Establece la adquisición de predios en áreas de importancia estratégica. Al igual que la inversión al menos 1% ingresos y plazo de 15 años para adquirir todas las áreas.
Ley 99 de 1993 Art.108	Adquisición por la nación de áreas o ecosistemas de interés estratégico para la conservación de los recursos naturales.	Establece instrumentos, comando y control para la conservación de los recursos naturales.
Ley 388 de 1997	El ordenamiento del territorio.	El PSA se desarrolla en el marco legal de la normatividad colombiana, por esto es necesario tener en cuenta instrumentos de planificación y ordenamiento del territorio.
Artículo 210 de la Ley 1450 de 2011	Modificación del artículo 111 Ley 99 de 1993: “Las autoridades ambientales definirán las áreas prioritarias a ser adquiridas con estos recursos o donde se deben implementar los esquemas por pagos de servicios ambientales	Las Autoridades ambientales definen las áreas estratégicas para el PSA con su respectiva priorización y las entidades territoriales garantizarán la

Normas	Tema jurídico	Aplicabilidad
	de acuerdo con la reglamentación que el MAVDT expida para el efecto. Su administración corresponderá al respectivo distrito o municipio. Los municipios, distritos y departamentos garantizarán la inclusión de los recursos dentro de sus planes de desarrollo y presupuestos anuales respectivos, individualizándose la partida destinada para tal fin”.	inclusión de recursos para los incentivos en el plan de desarrollo y presupuestos anuales respectivos.
Artículo 106 de la Ley 1151 de 2007	Modificación del artículo 111 de la Ley 99 de 1993: “Los departamentos y municipios dedicarán un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de dichas zonas o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales.	Establece la inversión de al menos 1% ingresos corrientes, junto con la priorización de la adquisición y mantenimiento.
DECRETO-LEY		
Decreto-Ley 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Establece la ordenación de cuencas y las áreas de reserva forestal. También los permisos, concesiones y autorizaciones.
Decreto-Ley 870 de 2017	Por el cual se establece el Pago por Servicios Ambientales y otros incentivos a la conservación.	Este Decreto-Ley del presente año, establece los principios orientadores del incentivo PSA, la focalización de áreas y ecosistemas de interés estratégico y la articulación de instrumentos de planificación, ordenamiento y de gestión ambiental.

Normas	Tema jurídico	Aplicabilidad
DECRETO		
Decreto 1791 de 1996	Por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.	Establece el régimen de aprovechamiento forestal.
Decreto 900 de 1997	Por el cual se reglamenta el Certificado de Incentivo Forestal para Conservación.	Reglamenta el Certificado de Incentivo Forestal con fines de conservación (CIFc) establecido en la Ley 139 de 1994 y el párrafo del artículo 250 de la Ley 223 de 1995, para aquellas áreas donde existan ecosistemas naturales boscosos, poco o nada intervenidos.
Decreto 2372 de 2010	Por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974 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.	Establece las disposiciones aplicadas al SINAP, con el fin de imponer medidas regulatorias por medio de las categorías de manejo que lo conforman.
Decreto 1640 de 2012	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos.	Reglamenta los POMCAS y la solidaridad de cuencas, lo cual es necesario para la articulación de estos instrumentos de planificación y ordenamiento con la gestión ambiental de los PSA.
Decreto 0953 de 2013	Por el cual se reglamenta el artículo 111 de la Ley 99 de 1993 modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011, con el fin de promover la conservación y recuperación de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten	Este decreto es la base para el desarrollo de la investigación ya que reglamenta la conservación y recuperación del recurso hídrico en las áreas de importancia estratégica, apropiadas para la

Normas	Tema jurídico	Aplicabilidad
	de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales, mediante la adquisición y mantenimiento de dichas áreas y la financiación de los esquemas de pago por servicios ambientales.	implementación de los esquemas de pago por servicios ambientales.
RESOLUCIÓN		
Resolución 1478 de 2003	Por la cual se establecen las metodologías de valoración de costos económicos del deterioro y de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.	Comprende las metodologías con el fin de calcular el valor económico de los bienes y servicios ambientales.
CONPES		
CONPES 3886 de 2017	Lineamientos de política y programa nacional de pago por servicios ambientales para la construcción de paz.	Lineamientos de política para la implementación de los PSA, orientados a las instituciones públicas, al sector privado y a la sociedad civil.

Fuente: Elaboración propia

La normatividad anteriormente descrita es fundamental para el desarrollo del trabajo de grado, ya que provee los lineamientos legales necesarios para la formulación de un esquema complementario de PSA acertado, sin embargo, es importante resaltar que según el DNP el marco normativo tiene vacíos técnicos y operativos que dificultan la estructuración de proyectos para desarrollar los PSA en Colombia (DNP D. N., 2017), siendo esta una de las razones por las que existe dificultad y a la vez necesidad de aplicación del incentivo para la recuperación de AIE, causando la pérdida de los servicios ecosistémicos en áreas donde se presentan procesos de degradación.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO METODOLÓGICO

El proyecto se desarrolló bajo la metodología explicativa enfocada en establecer un esquema complementario de pago por servicios ambientales orientado a la recuperación de áreas de importancia estratégica, al igual que la formulación de una metodología de cálculo del incentivo.

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados y orientar una alternativa para el PSA, se tuvieron en cuenta tres etapas, la primera corresponde a la identificación y priorización de las áreas de importancia estratégica asociadas a procesos de degradación en la cuenca alta del río Bogotá, la segunda el establecimiento y análisis de los criterios tanto ambientales como socioeconómicos requeridos para el diseño del esquema complementario, y la última la propuesta del esquema complementario del incentivo a reconocer para la recuperación de los ecosistemas naturales, aplicado al caso de estudio. Estas se describen de manera precisa en la Figura 1, la cual es representada en un diagrama de flujo mediante la simbología American National Standard Institute (ANSI):

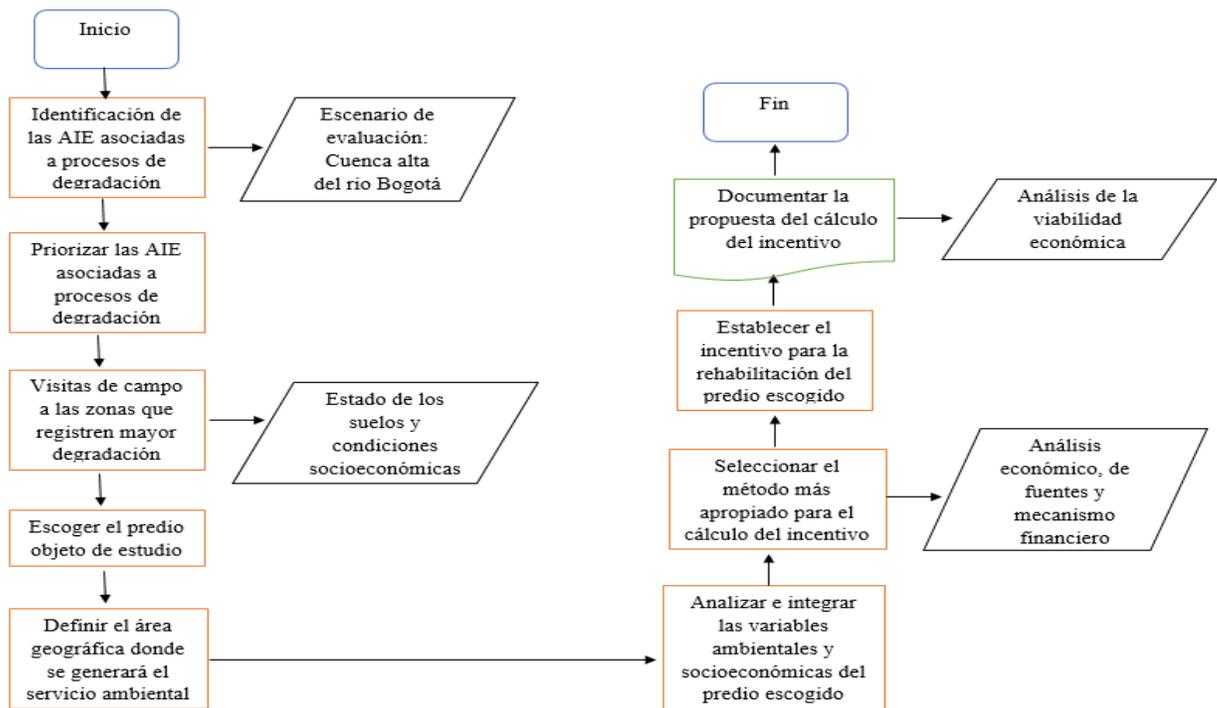


Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología seguida para el desarrollo de la investigación.

Fuente: Elaboración propia con base en (Gutiérrez, 2009) ¹

¹ Simbología de la norma ANSI implementada en la elaboración del diagrama de flujo de la metodología.

2.1. ETAPA I: Identificación y priorización las áreas de importancia estratégica asociadas a procesos de degradación en la cuenca alta del río Bogotá

Con objeto de identificar las áreas de importancia estratégica asociadas a procesos de degradación fue necesario la recopilación de información tanto cartográfica como documental en la Secretaría de Ambiente de la Gobernación de Cundinamarca, en la Corporación Autónoma Regional (CAR) y en el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, haciendo énfasis en la recarga de acuíferos, degradación de los suelos y áreas identificadas estratégicamente para generar incentivos de esquemas de PSA, específicamente capas relacionadas con el recurso agua como corrientes hídricas, manantiales, afloramientos, humedales y puntos abastecedores para suministro, asimismo las coberturas naturales presentes como páramos que contribuyen a la recarga de acuíferos; por otro lado el estado de las coberturas en términos de afectación por el uso y conflicto del suelo, y principalmente áreas que las autoridades ambientales han definido como áreas de importancia estratégica por los servicios ecosistémicos que prestan, donde también fue importante reconocer el acercamiento ya existente sobre la estrategia de PSA. Para mayor detalle de las capas explícitamente revisadas y ajustadas se presenta el *ANEXO A*.

Posteriormente se identificaron variables para la priorización las áreas de importancia estratégica asociadas a procesos de degradación, las cuales se definieron de acuerdo a lo establecido en la normatividad referente al tema, teniendo como base que estén directamente relacionadas con la conservación del recurso hídrico; como se explica en el siguiente apartado.

2.1.1. Identificación de las variables

Teniendo en cuenta lo establecido por el Decreto 0953 de 2013, para la implementación de esquemas de PSA se debe previamente identificar, delimitar y priorizar las AIE, con base en la información contenida en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, planes de manejo ambiental de microcuencas, planes de manejo ambiental de acuíferos, entre otros instrumentos de planificación ambiental relacionados con el recurso hídrico (Minambiente, 2013). Por tal razón la información de mayor importancia a trabajar son las que contienen la delimitación de las AIE, donde estas AIE son las que surten de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales, se relacionaran las áreas donde existen las microcuencas abastecedoras de agua, por otra parte las enfocadas a la conservación del recurso hídrico como los son los páramos por ser un ecosistema vital para mantener los ciclos del agua, por último, el enfoque de este trabajo es

destinado a la rehabilitación y recuperación de estos ecosistemas que tienen un grado de degradación y el cual es clave restaurar.

Por consiguiente, se especificaron tres variables principales, las cuales son AIE, componentes hídrico y suelo, teniendo en cuenta la importancia para desarrollar en su totalidad lo propuesto, y dentro de estas se encuentran subdivididos los siguientes aspectos, los cuales se especifican a continuación:

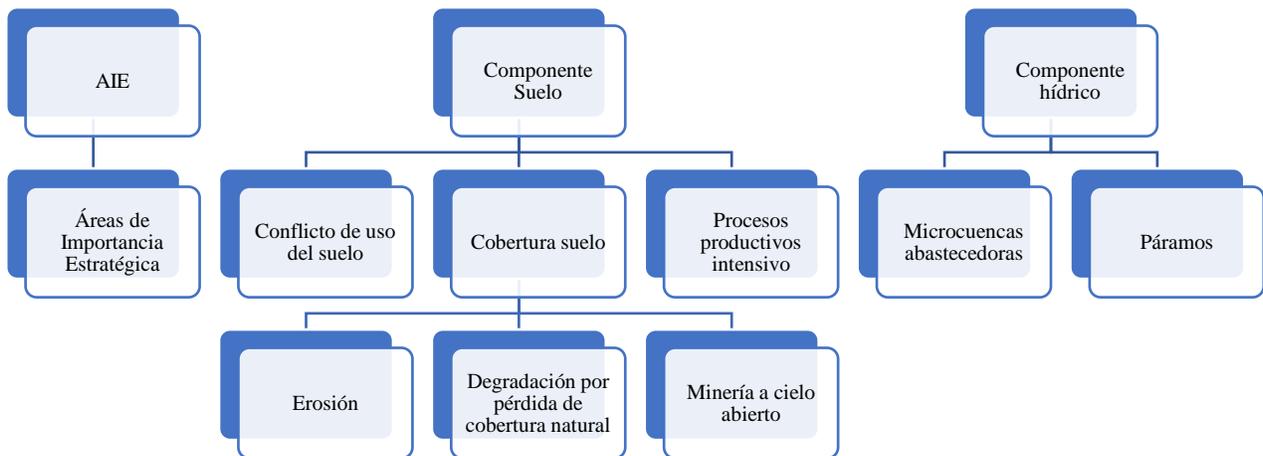


Figura 4. Identificación de las variables para ser agrupadas.

Fuente: Elaboración propia

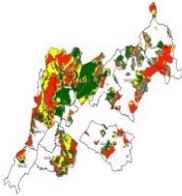
2.1.1.1. Áreas de importancia estratégica

Cabe resaltar que la capa de áreas de importancia estratégica fue generada en septiembre del año 2015 por la Gobernación de Cundinamarca según lo establecido en el Decreto 0953 de 2013, incorporando también si existe un proceso de socialización de un PSA en el sentido de pago para la conservación.

El carácter estratégico de las AIE lo constituyen los ecosistemas y servicios ambientales de los cuales depende la viabilidad del proceso de abastecimiento de agua en calidad y oferta de una población (MinAmbiente, 2013). Teniendo en cuenta el riesgo que se presenta en el país por la disminución de oferta natural de servicios ambientales por la degradación de ecosistemas

estratégicos es de vital importancia la delimitación de estas AIE que contribuye a reducir la transformación de ecosistemas y determina la comunidad optima a la participación de los Esquemas de PSA.

Tabla 3. Definición de la variable Áreas de Importancia Estratégica-AIE.

VARIABLE	CRITERIOS	VISTA PREVIA
Áreas de Importancia Estratégica	Es necesario tener en cuenta las AIE, ya que dentro de ellas se encuentra la comunidad optima a la participación de los Esquemas de PSA, estas áreas han sido categorizadas de acuerdo a lo establecido en el Decreto anteriormente mencionado y que para objeto del ejercicio se focalizo en aquellas declaradas con priorización muy alta por los servicios ecosistémicos que representan y asimismo donde se existía una socialización de PSA, para enfocar la identificación del predio objeto de estudio, permitiendo en el trabajo de campo el conocimiento previo por parte de los propietarios de lo que trata un PSA.	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la definición anterior de las áreas de importancia estratégica, es valioso continuar con la actividad que ha adelantado la Secretaría de Ambiente de la Gobernación de Cundinamarca en base a la priorización alta de las AIE y el acercamiento por medio de socializaciones de PSA, donde se determinó que de los 18 municipios de la cuenca alta del río Bogotá, son objeto de estudio para el trabajo de grado los siguientes municipios: Villapinzón, Chocontá, Suesca, Guatavita, Cogua, Zipaquirá, Sopo, Chía, Tabio y Tenjo (**Figura 5.** *Área de estudio de la cuenca del río Bogotá.*).

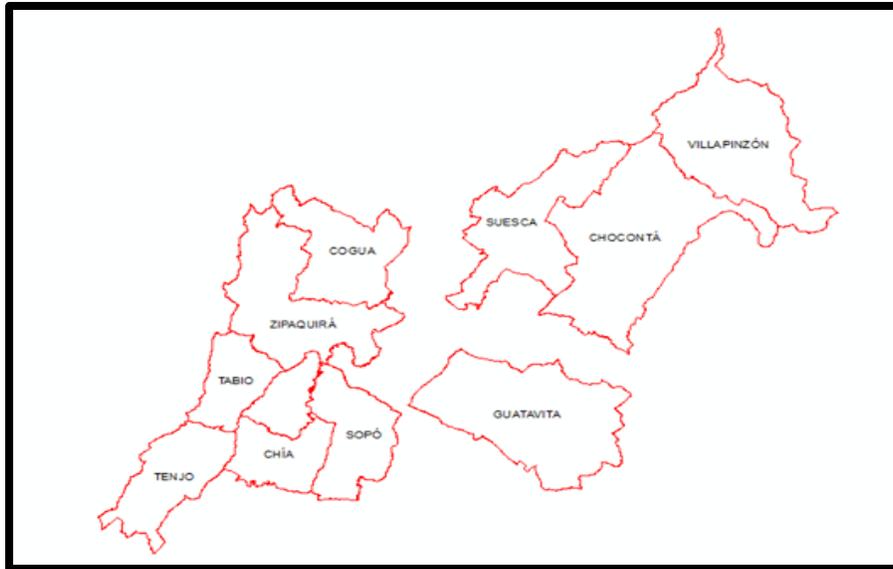


Figura 5. Área de estudio de la cuenca del río Bogotá.

Fuente: Elaboración propia

2.1.1.2. Componente hídrico

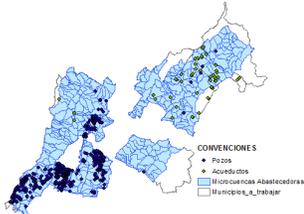
La elaboración de la capa de componente hídrico fue propia, a partir de la integración e interpretación de más capas referentes a páramos, microcuencas y abastecimiento de suministro hídrico (pozos, aljibes, captaciones de acueductos, entre otros), proporcionadas por el Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt y el convenio SA-004 entre Secretaría de Ambiente de la Gobernación de Cundinamarca y la Universidad de La Salle.

El componente hídrico lo conforman los efluentes pertenecientes a las distintas cuencas, estas fuentes hídricas son de gran importancia para mantener los ciclos del agua. Dentro del trabajo se tienen en cuenta dos de los más importantes para la recarga de acuíferos y el suministro de los acueductos los cuales son paramos y microcuencas abastecedoras respectivamente.

En consecuencia, los páramos son ecosistemas de alta montaña que prestan servicios ecosistémicos (SE) como la regulación del agua, según el Atlas de páramos 2013 del Humboldt, este no es un proceso exclusivo de un ecosistema, está asociado a la complementariedad y conectividad con otros ecosistemas. En la actualidad se ha identificado que se encuentran en peligro debido a actividades antrópicas, ya sean prácticas agrícolas, quemas, introducción de ganado e incluso por los efectos del cambio climático, hasta el punto de alterar la extensión de la franja de delimitación de estos ecosistemas o incluso marcar su desaparición (Humboldt, 2013).

Del mismo modo, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), define la cuenca u hoya hidrográfica como el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal (MADS M. d., 2012). En los últimos años la problemática ambiental con respecto a la degradación de cuencas genera no solo consecuencias de la pérdida de los servicios ecosistémicos, sino que también costos altos para la sociedad, como por ejemplo el costo para el país de la ola invernal de los años 2010 y 2011, que fue cercano a los 34 billones de pesos (MinAmbiente, 2013).

Tabla 4. Definición de las variables: paramos y cuencas abastecedoras.

VARIABLE	CRITERIOS	VISTA PREVIA
Paramos	Las zonas donde se localizan los páramos tienen una mayor relevancia de conservación por la importancia en la recarga hídrica y en casos de degradación de suelos o pérdida de la cobertura natural esenciales para recuperación, debido a la amenaza a los SE que prestan, considerando la población y actividades productivas que reciben beneficios directos e indirectos en el ámbito regional.	
Microcuencas abastecedoras	Es de gran importancia tener en cuenta estas áreas determinadas, ya que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y en general con los procesos de regulación y disponibilidad del recurso hídrico.	

Fuente: Elaboración propia

2.1.1.3. Componente Suelo

Sobre la cuenca alta del río Bogotá el 13,8% de las áreas presentan tendencia a la degradación en zonas de aptitud ambiental, gracias a un proceso rápido y sin precedentes de pérdida de diversidad, en gran medida debido a la extracción y consumo de recursos naturales sin criterios de sostenibilidad. Asimismo, la presión sobre estas zonas ambientales es grande debido a diferentes

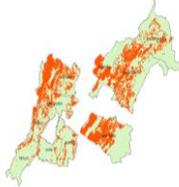
factores como el poco desarrollo tecnológico agropecuario, falta de manejo ambiental en zonas de cultivo de papa, explotación antitécnica de canteras, cambios de uso a zonas residenciales y un crecimiento en general de las actividades socioeconómicas, afectando los recursos, zonas y especies naturales (CAR C. A., 2006).

Según el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá se evidencia una deforestación antigua de más de 50 años en el nacimiento y una regeneración natural lenta, razón por la cual es primordial buscar la recuperación de áreas vulnerables o afectadas con valor ambiental como zonas de paramo, subpáramo, humedales, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos, bosques naturales, rondas de los ríos y quebradas; para mitigar la degradación de los ecosistemas, de los recursos hídricos y de las reservas forestales (CAR C. A., 2006).

Esta temática de suelo fue abordada a partir de tres variables diferentes las cuales son conflicto del uso del suelo, procesos productivos intensivos y cobertura suelo, donde en esta última se integra erosión, degradación por pérdida de cobertura natural y zonas de extracción minera a cielo abierto, como se justifica respectivamente en la siguiente **Tabla 5**. Variables: conflicto del uso del suelo, procesos productivos intensivos y cobertura suelo.

Tabla 5. Variables: conflicto del uso del suelo, procesos productivos intensivos y cobertura suelo.

VARIABLE	CRITERIOS	VISTA PREVIA
Conflicto del uso del suelo	<p>La capa fue generada por la secretaria de ambiente de la Gobernación de Cundinamarca en el año 2015, por esto se tuvieron en cuenta dos criterios, sobreuso extremo y moderado, este último a causa de que actualmente ya se encuentra en mayor amenaza los ecosistemas naturales, por el uso inadecuado o la falta de prácticas sostenibles que estimulen el aprovechamiento de este recurso, ya sea por la sobreutilización o la subutilización (Ambiente & Salle).</p>	
Procesos productivos intensivos	<p>Se reconocen áreas donde se presentan procesos productivos intensivos, como el cultivo de papa y fresa, además de zonas ganaderas, debido a la connotación importante en la degradación de los usos del suelo en zonas altas de recarga hídrica por los mismos. Según el <i>Informe técnico final del convenio SA-004</i>, en la cuenca alta del río Bogotá los papicultores desplazan sus parcelas a zonas de páramo por el cambio reciente de las condiciones climáticas, afectando estos ecosistemas ambientales. Asimismo, en el cultivo y cosecha de fresa se presenta uso indiscriminado del agua y no se calibran las máquinas de aplicación de agroquímicos. En definitiva, estos procesos productivos intensivos generan contaminación del agua por uso de productos químicos que son lavados por medio de lluvias y pueden desembocar en el río, daño en la cobertura vegetal en diferentes partes del río, además de puntos con gran cantidad de sólidos suspendidos que pueden generar daño en la calidad del agua y del ecosistema. Al igual que la falta de protección por escasez o ausencia de vegetación nativa en las zonas de ronda de los cuerpos hídricos, contribuyen a la falta de disponibilidad y abastecimiento del recurso hídrico en las épocas secas del año generando desbalance hídrico (Ambiente & Salle).</p>	

VARIABLE	CRITERIOS	VISTA PREVIA	
<p>Cobertura suelo</p> <p>Se identifican visualmente por interpretación de imágenes de satélite los procesos que afectan de manera directa el suelo, los cuales son factores altamente degradantes de la zona de estudio.</p>	<p>Erosión</p>	<p>Para seleccionar el predio óptimo objeto de estudio es necesario identificar la erosión actual y potencial muy severa con el fin de recuperar funciones y servicios originales de los suelos como la fertilidad, la regulación y almacenamiento de agua, la biodiversidad, entre otros (IDEAM, 2015).</p>	
	<p>Degradación por pérdida de cobertura natural</p>	<p>Es valioso identificar y delimitar en la actualidad áreas con degradación por pérdida de cobertura natural puntuales en AIE, por la disminución de la capacidad del ecosistema para prestar servicios como hidrológicos de oferta y calidad hídrica, estos son efectos producidos básicamente por el uso y manejo inadecuado del suelo principalmente por actividades antrópicas.</p>	
	<p>Minería a cielo abierto</p>	<p>En esta capa se identifican zonas de extracción minera a cielo abierto, a causa de que hoy en día la actividad en el país está generando daños a ecosistemas estratégicos, entre los impactos negativos se destaca la contaminación de aguas superficiales y subterráneas principalmente con mercurio y cianuro, erosión del suelo muy severa, la contaminación atmosférica y la pérdida de biodiversidad (Greenpeace, 2013).</p>	

Fuente: Elaboración propia

2.1.2. Escala de valoración del método multivariado en SIG

Para realizar el ejercicio multivariado en SIG, fue necesario pasar de condiciones cualitativas a cuantitativas, es decir, que de acuerdo al criterio de cada una de las variables que se señaló anteriormente, se determinó un valor cuantitativo, donde la escala valoración numérica adoptada fue de 1 a 3 (Tabla 6. Escala de valoración numérica.), 1 siendo el valor mínimo de importancia y 3 la valoración mayor. En definitiva, es importante pasar de una valoración cualitativa a una valoración cuantitativa en un proceso de análisis espacial en SIG, ya que es la forma en que se puede generar mapas que integren los criterios, donde se requiere que existan valores numéricos porque como condiciones cualitativas de la variable no es posible integrar las capas en un proceso de análisis espacial.

Tabla 6. Escala de valoración numérica.

IMPORTANCIA	CALIFICACIÓN
BAJA	1
MEDIA	2
ALTA	3

Fuente: Elaboración propia

2.1.3. Valoración cuantitativa de las variables

En este sentido se estableció una valoración según los criterios anteriormente mencionados para cada una de las variables como se explica detalladamente en cada caso a continuación:

2.1.3.1. Áreas de importancia estratégica

Tal y como se indicó anteriormente en la identificación de las variables, la importancia de las áreas de importancia estratégica radica en que son zonas que proveen servicios ambientales, como la regulación hídrica. Es así, que, para esta variable tuvo mayor valoración aquellos municipios con categorización muy alta y que cumplieran con taller de socialización con respecto al PSA, obteniendo una priorización de acuerdo al criterio ambiental y social de la variable, como se explica en la Tabla 7. Valoración cuantitativa de Áreas de Importancia Estratégica. continuación:

Tabla 7. Valoración cuantitativa de Áreas de Importancia Estratégica.

ÁREA DE IMPORTANCIA ESTRATÉGICA	PRIORIZACIÓN	TALLER	CALIFICACIÓN
	Muy alta	Si	3
		No	2

Fuente: Elaboración propia

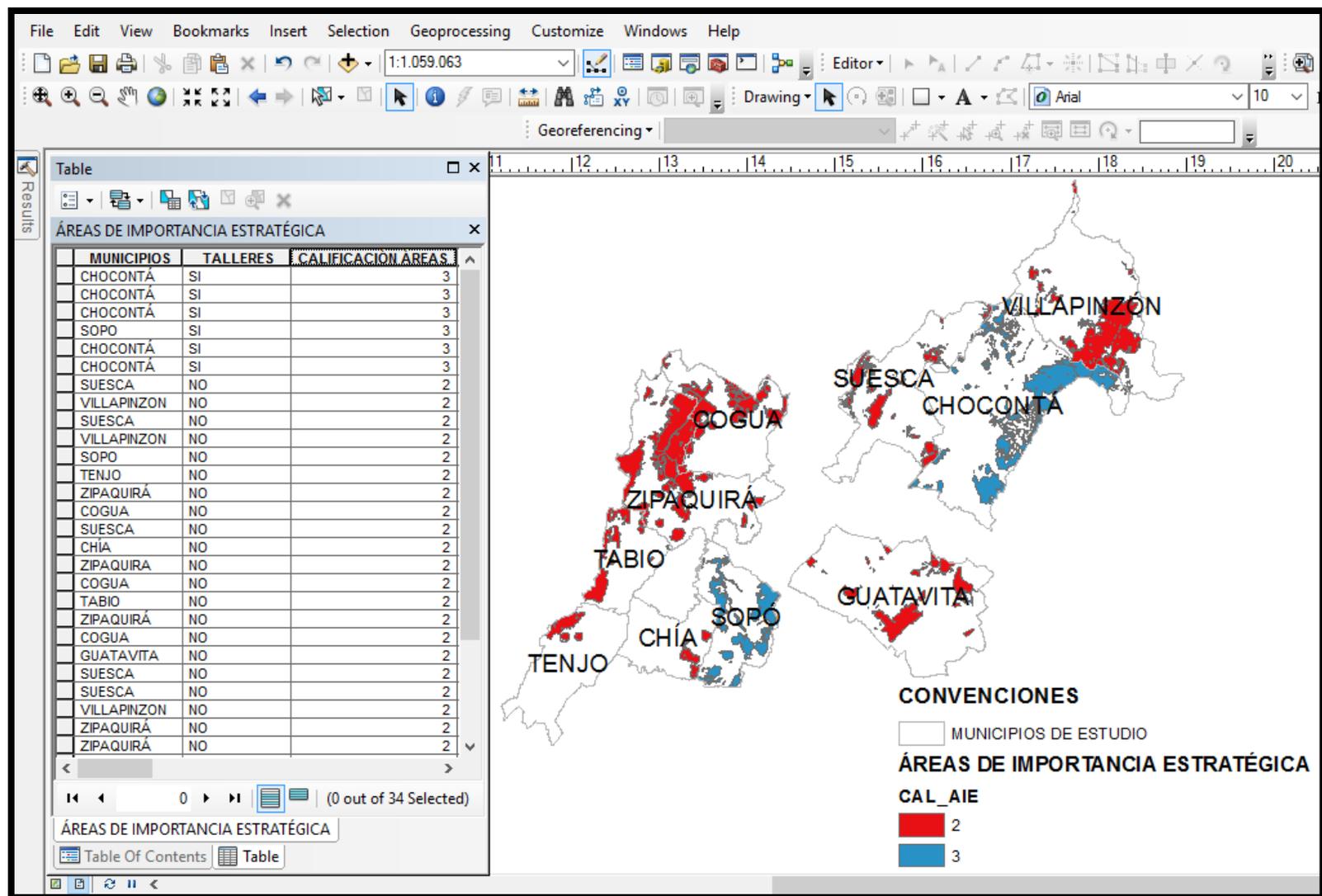


Figura 6. Capa vectorial de AIE de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia a partir del visor geográfico de ARCGIS.

2.1.3.2. Páramos

Para esta variable se tenían dos fuentes de información, una proporcionada por el Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt y otra por la selección de coberturas de la secretaria de ambiente de la Gobernación de Cundinamarca (Ambiente & Salle), donde esta última está determinada por imágenes orto que obedecen a lo actual.

En cuanto a la valoración cuantitativa se le otorgó la mayor (3) en todos los casos, debido a la importancia como se mencionó anteriormente porque son ecosistemas que regulan el clima y el agua de las áreas más pobladas del país; y por ello se ubicó esta capa dentro de la variable principal de agua, ya que en lo que respecta al trabajo de grado se relaciona con la conservación y recuperación del recurso.

Tabla 8. Valoración cuantitativa de páramos.

PÁRAMO	CALIFICACIÓN
	3

Fuente: Elaboración propia

La capa vectorial generada a partir de la unión y el procesamiento de la información, se muestra a continuación en la **Figura 7**. Capa vectorial de Páramos de la zona de estudio.

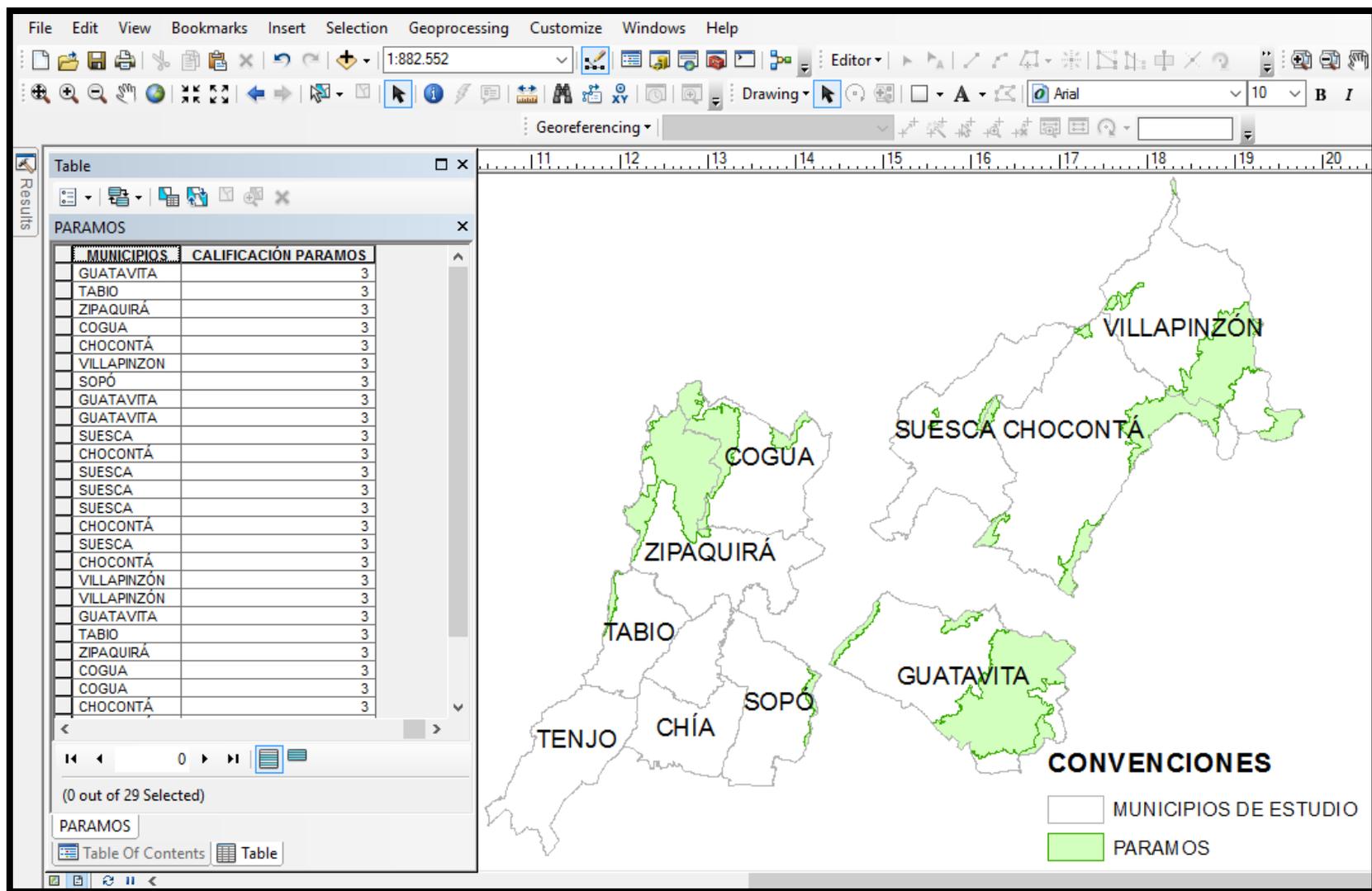


Figura 7. Capa vectorial de Páramos de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia a partir del visor geográfico de ARCGIS.

2.1.3.3. Microcuencas abastecedoras

Cabe resaltar que la información que se utilizó en esta variable fue: microcuencas, pozos y acueductos que se muestran en la **Figura 8**. Microcuencas y puntos abastecedores.; los dos últimos son puntos abastecedores, los cuales fueron proporcionados por el convenio de la secretaria de ambiente de la Gobernación de Cundinamarca y la universidad de La Salle (Ambiente & Salle).

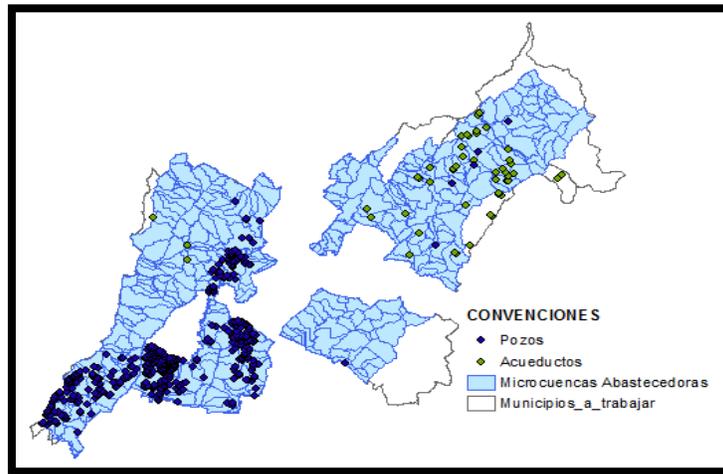


Figura 8. Microcuencas y puntos abastecedores.

Fuente: Elaboración propia

Con relación al decreto 0953 de 2013, el cual hace referencia que para selección de predios óptimos de PSA la importancia radica en la presencia de corrientes hídricas, manantiales y afloramientos, debido a los servicios ambientales hidrológicos. Por consiguiente, los criterios que se tuvieron en cuenta en la variable microcuencas, fue la presencia de pozos y acueductos para el suministro hídrico; de acuerdo al número puntos de abastecimiento de agua que se encontraron en cada una de las microcuencas se les otorgó una valoración cuantitativa, baja (1) cuando hay de 1 a 5 puntos y alta (3) cuando es mayor de 10 puntos, como se da a conocer en la siguiente tabla:

Tabla 9. Valoración cuantitativa de microcuencas abastecedoras.

	NÚMERO DE PUNTOS ABASTECEDORES	CALIFICACIÓN
CAPTACIÓN DE AGUA	1 a 5	1
	5 a 10	2
	Mayor de 10	3

Fuente: Elaboración propia

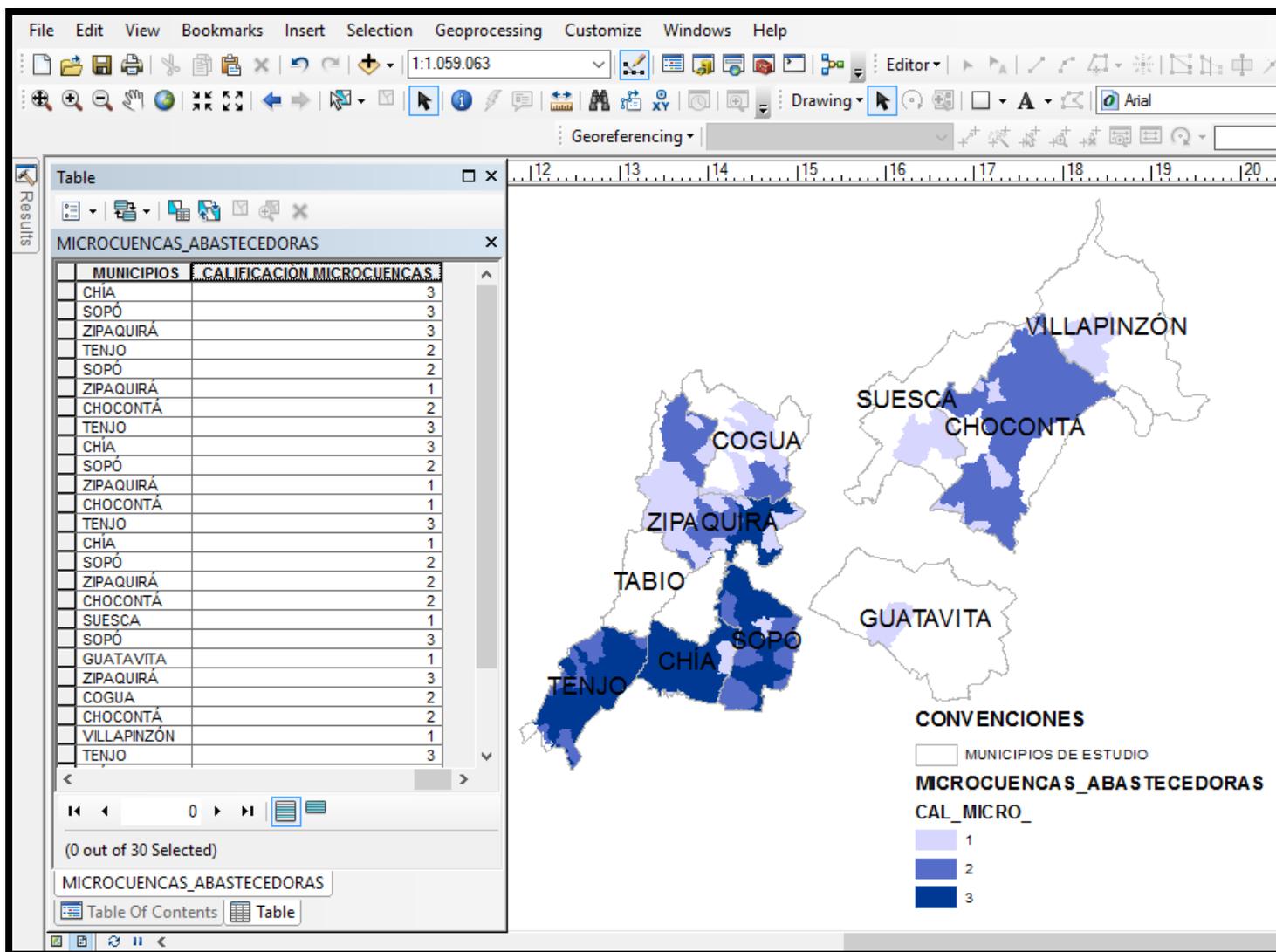


Figura 9. Capa vectorial de microcuencas abastecedoras de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia a partir del visor geográfico de ARCGIS.

2.1.3.4. Conflicto de uso del suelo

La mayor valoración cuantitativa (3) se le otorgo a las áreas de sobreuso extremo, ya que se deben tomar medidas sobre estas zonas afectadas, a causa de la deforestación, el uso indiscriminado de las tierras de montaña y la ganadería; por otro lado, importancia media (2) al sobreuso moderado, para evitar que fenómenos como la sobreutilización colonicen las áreas que se pueden recuperar.

Tabla 10. Valoración cuantitativa de conflicto de uso del suelo.

CONFLICTO DE USO DEL SUELO	SOBRE USO	CALIFICACIÓN
	Moderado	2
	Extremo	3

Fuente: Elaboración propia

Como resultado se obtuvo la capa vectorial de conflicto de uso del suelo como se observa en la **Figura 10.** Capa vectorial de **conflicto de uso del** suelo de la zona de estudio.

2.1.3.5. Procesos productivos intensivos

La zona de estudio ha sido sometida intensivamente a usos agropecuarios como se mencionó anteriormente, la integración de esta variable dentro del trabajo de grado es necesaria para combinar la conservación de zonas estratégicas con el desarrollo de actividades productivas, de tal forma que el acceso a recursos naturales y servicios ambientales no sea un factor detonante de nuevos escenarios de conflicto social o ambiental (DNP D. N., 2017).

Se estableció un criterio de valoración cuantitativa, el cual corresponde al número de actividades agropecuarias que se desarrollan o rotan en una misma zona. Se otorgó importancia alta (3) a las zonas que presentaban tres y dos actividades en una sola área, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11. Valoración cuantitativa de procesos productivos intensivos.

	PRODUCCIÓN	CALIFICACIÓN
PROCESOS	Fresa, papa y ganado	3
PRODUCTIVOS	Fresa y ganado	3
INTENSIVOS	Papa y fresa	3
	Papa y ganado	3

Fuente: Elaboración propia

Enseguida, en la **Figura 11**. Capa vectorial procesos productivos intensivos de la zona de estudio. se observa la capa con su respectiva tabla de atributos.

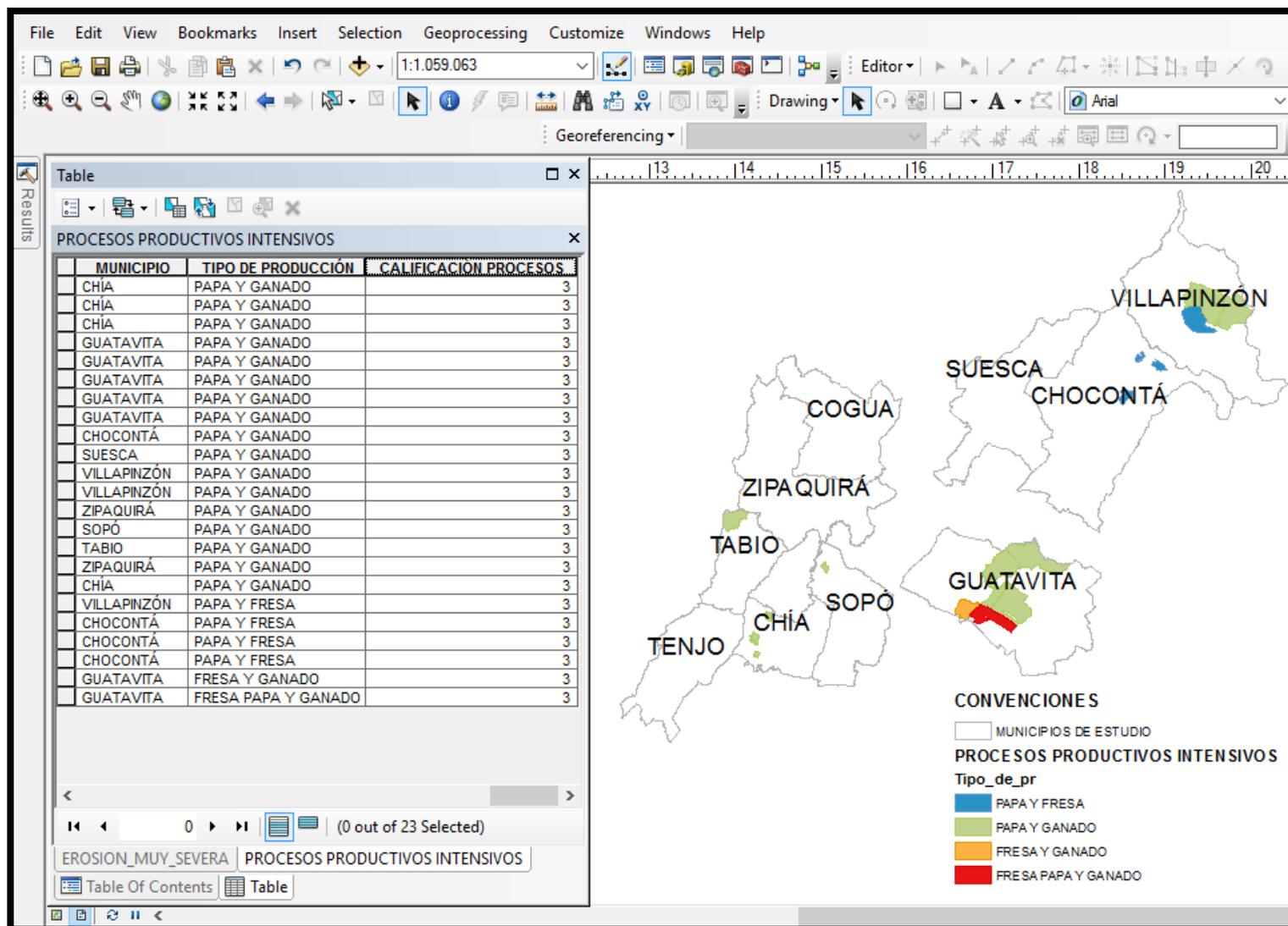


Figura 11. Capa vectorial procesos productivos intensivos de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia a partir del visor geográfico de ARCGIS.

2.1.3.6. Cobertura suelo

En el presente apartado se realizó la identificación visual por medio de interpretación de imágenes de satélite, delimitando áreas que presentaban procesos de degradación evidentes, mediante este proceso se determina efectivamente las coberturas del uso del suelo actual, que para efecto del trabajo de grado es de mayor importancia para priorizar zonas que puedan requerir acciones para lograr la restauración de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en AIE.

De acuerdo a lo anterior se evaluaron 3 condiciones de esta cobertura, identificando procesos erosión directa, extracción de minería a cielo abierto o si existía una pérdida de cobertura natural.

2.1.3.6.1. Erosión

En primer lugar, existían dos capas realizadas y clasificadas por la Gobernación de Cundinamarca, las cuales son Erosión Actual y Erosión potencial, la primera hace referencia a pérdidas absolutas de suelo de la capa superficial y la segunda es una estimación de la erosión bajo condiciones hipotéticas de manejo y uso de las tierras. Para términos del presente trabajo se unieron, con objeto de generar una sola capa donde se presentaban áreas degradadas para permitir recuperar servicios hidrológicos de oferta y calidad hídrica, como hace referencia la normatividad asociada al PSA.

Con respecto a la priorización solo se seleccionó la clasificación de erosión muy severa, debido a que es la que mayor amenaza presenta y por ende se valoró cuantitativamente con el máximo que es 3, como se da a conocer en la siguiente tabla:

Tabla 12. Valoración cuantitativa de erosión.

EROSIÓN	CLASIFICACIÓN	CALIFICACIÓN
	Muy severa	3

Fuente: Elaboración propia

2.1.3.6.2. Degradación por pérdida de cobertura natural

Tal y como se indicó en la identificación de la variable, es valioso delimitar en la actualidad áreas intervenidas o degradadas difusas o puntuales como se ilustra en *Figura 13. Ejemplo degradación puntual-difusa.*, que permitan recuperar servicios hidrológicos de oferta y calidad hídrica, al igual que disminuir el grado de amenaza de los ecosistemas naturales por presión antrópica.



Figura 13. Ejemplo degradación puntual-difusa.

Fuente: Google Earth

En cuanto a la valoración cuantitativa se atribuyó el mayor puntaje a la degradación puntual por la afectación evidente sobre una zona donde se deben realizar acciones prontas de restauración para mitigar el daño sobre el ecosistema natural, asimismo la clasificación difusa una importancia media, ya que se identificó que no tenían un soporte de la cobertura en partes de la zona.

Tabla 13. Valoración cuantitativa de pérdida de cobertura natural.

DEGRADACIÓN POR	CLASIFICACIÓN	CALIFICACIÓN
PÉRDIDA DE COBERTURA NATURAL	Difusa	2
	Puntual	3

Fuente: Elaboración propia

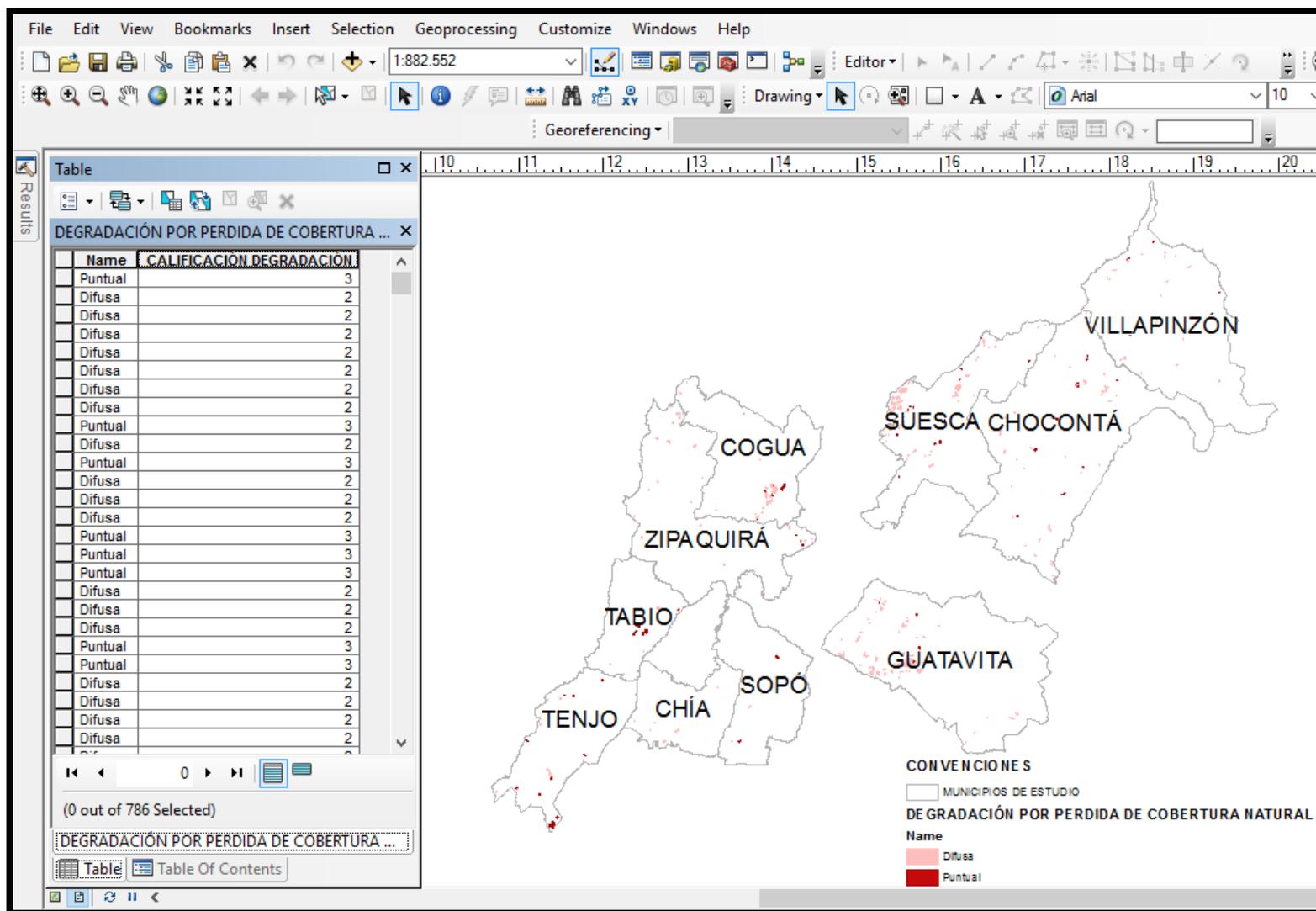


Figura 14. Capa vectorial degradación por pérdida de cobertura natural de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia a partir del visor geográfico de ARCGIS.

2.1.3.6.3. Minería a cielo abierto

Las zonas de extracción minera a cielo abierto, evidentemente generan degradación alta y puntual sobre el ecosistema como se ilustra en la **Figura 15**. Identificación de zonas de extracción minera.. Por lo tanto, se otorgó la valoración cuantitativa alta (3) en la delimitación de esta actividad, de acuerdo a la normativa de PSA, en ausencia del esquema presenta un mayor riesgo futuro de deterioro (MinAmbiente, 2013).



Figura 15. Identificación de zonas de extracción minera.

Fuente: Google Earth

Tabla 14. Valoración cuantitativa de minería a cielo abierto.

MINERA A CIELO	MINABIERTO	CALIFICACIÓN
ABIERTO	SI	3

Fuente: Elaboración propia

Después de la identificación individual de las tres condiciones de la cobertura suelo expuestas anteriormente, se unieron y valoraron cuantitativamente como se indica detalladamente en el **ANEXO B**.

2.1.4. Análisis espacial multicriterio de las variables en SIG

Teniendo como base las calificaciones otorgadas anteriormente para cada una de las variables se continuó con el procesamiento geo espacial, por medio de un proceso de superposición de capas realizado en el software ArcGIS como se resume en la **Figura 18**. Diagrama de geoprocursos en ArcGIS.

Las variables organizadas en tres grupos componente hídrico, componente suelo y AIE, fueron calificadas con 10%, 40% y 50% respectivamente, dando mayor priorización a las AIE por ser el aspecto principal a tener en cuenta en la apropiación de los esquemas de PSA, teniendo en cuenta este se escogió como el siguiente aspecto más importante el componente suelo dado que se pretendía encontrar suelos con afectación negativa y por ultimo y no menos importante el criterio hídrico que es significativo en la conservación del recurso, sin embargo, se debe resaltar que para cada una se efectuó una división, por su importancia justificada anteriormente dentro del cuerpo del trabajo.

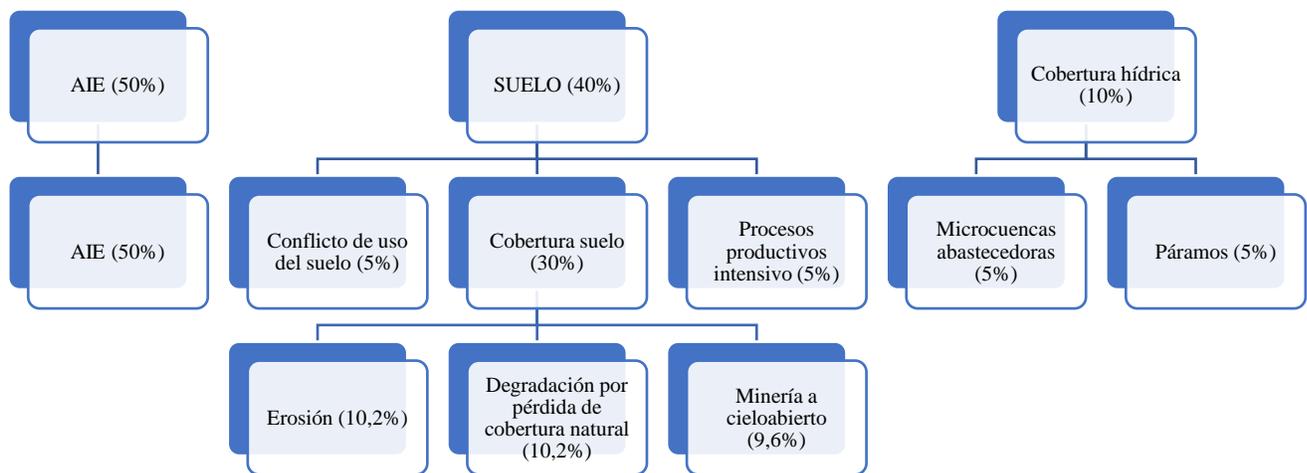


Figura 17. Diagrama de ponderación.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la importancia de cada variable se realizó el análisis espacial a través del software ArcGIS, el cual combina las entidades geográficas de una capa poligonal de entrada con polígonos de una capa superpuesta (MappingGIS, 2016). Por consiguiente, este proceso permitió obtener la calificación de las variables para cada polígono superpuesto y aplicando los porcentajes de cada una, se estableció la calificación total por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Determinación de la calificación final de las variables.

$$\text{CAL}_{\text{TOTAL}} = (\text{CAL}_{\text{AIE}} * 0,5) + (\text{CAL}_{\text{MICROCUCENAS_ABASTECEDORAS}} * 0,05) + (\text{CAL}_{\text{PÁRAMO}} * 0,05) \\ + (\text{CAL}_{\text{CONFLICTODELUSODELSUELO}} * 0,05) + (\text{CAL}_{\text{PROCESOSPRODUCTIVOSINTENSIVOS}} * 0,05) + \\ (\text{CAL}_{\text{COBERTURASUELO}} * 0,3)$$

Fuente: Elaboración propia.

El análisis se realizó mediante la implementación de la técnica estadística llamada *Método de Optimización de Jenks* implementado en diferentes aplicaciones informáticas donde se definen intervalos según los puntos de ruptura naturales de la distribución o también llamado *natural breaks*. Este método persigue el doble propósito de obtener clases de gran homogeneidad interna, con máximas diferencias entre las clases para el numero de intervalos que se haya especificado previamente. (Asociación RedLatinGEO, 2017)

Una vez integradas todas las variables en una sola y realizada la ponderación, se identificaron que los mayores valores generados son zonas de mayor preocupación con respecto a la degradación de los suelos en áreas de importancia estratégica dentro de los municipios de estudio. Donde se esperó tener un valor máximo de 3 y uno mínimo de 1,5, sin embargo, no se encontró un predio con el valor máximo, pero se obtuvo un valor de 2,65 siendo este el valor más alto dentro de la priorización.

Según la calificación total se identificó que las áreas priorizadas con mayor puntaje se encuentran en el municipio de Sopo como se da a conocer en la **Figura 19**. Áreas priorizadas., por consiguiente, este es el municipio de estudio óptimo para el desarrollo del trabajo de grado.

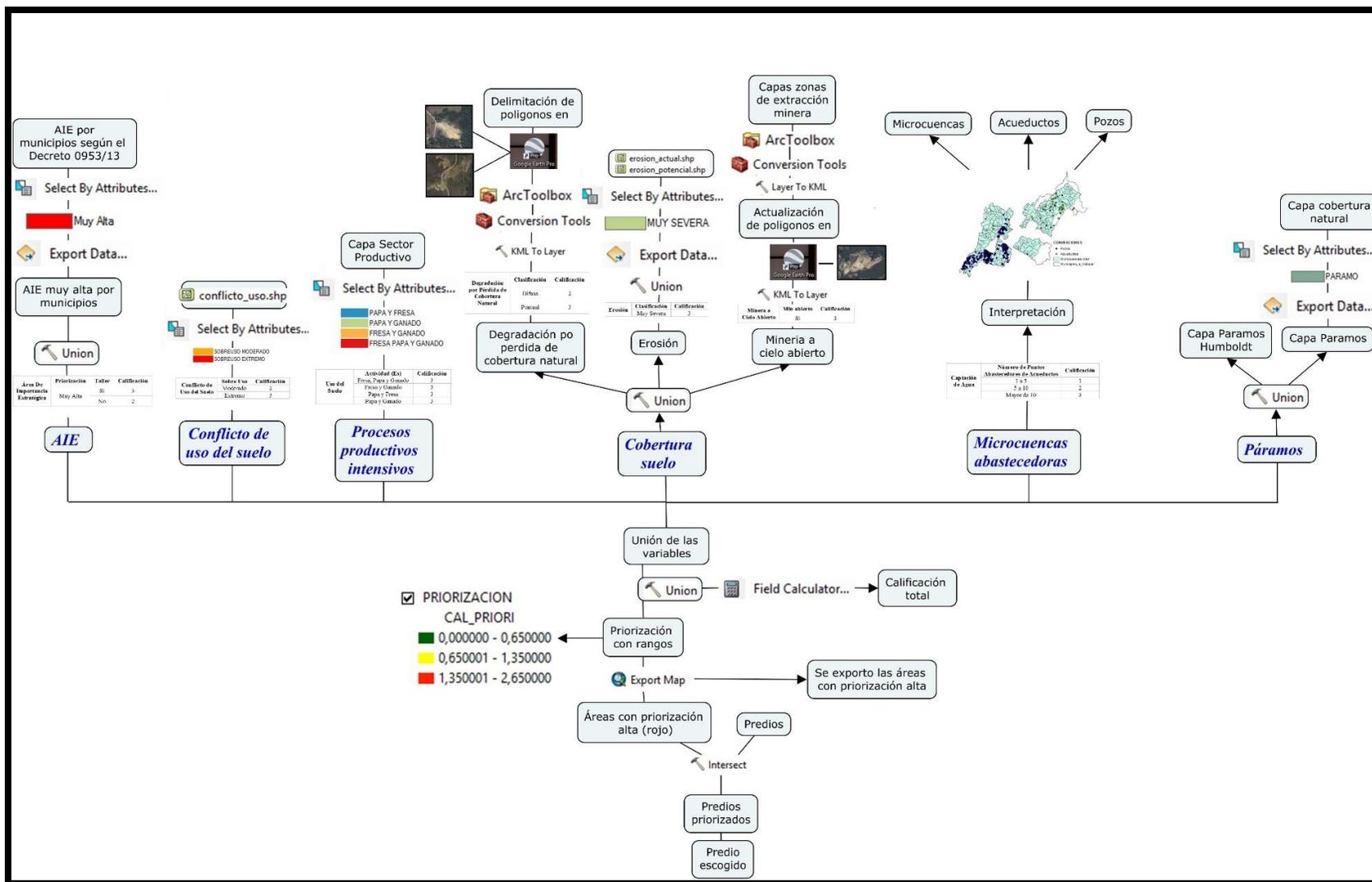


Figura 18. Diagrama de geoprocetos en ArcGIS.

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 20**. Sopo, predios priorizados. se ilustran los predios con la priorización más alta en el municipio de Sopo, es decir la demarcada de color rojo en la anterior figura, donde posteriormente se interceptó con la capa de predios, con la finalidad de identificar visualmente los que tienen una calificación total mayor.

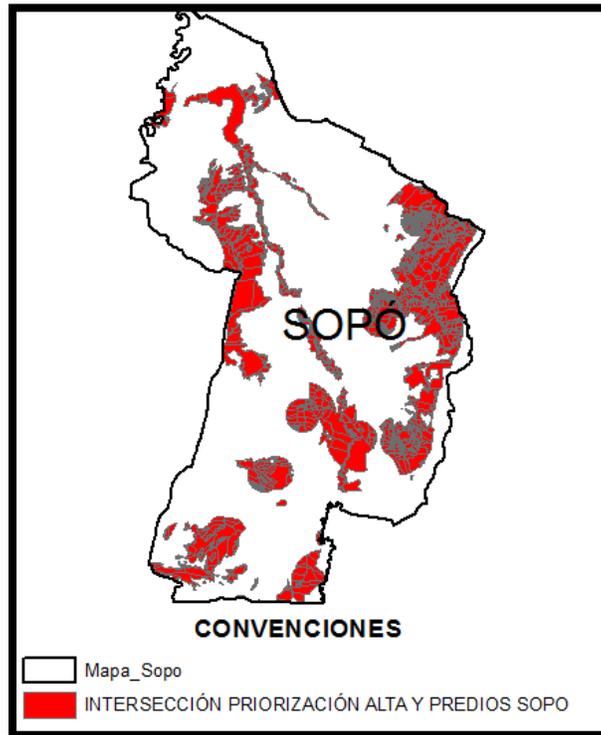


Figura 20. Sopo, predios priorizados.

Fuente: Elaboración propia a partir del visor geográfico de ARCGIS.

Gracias a la priorización e intersección con los predios se procedió a realizar las visitas de campo a las zonas donde se obtuvo la calificación mayor, las cuales corresponden a predios con mayor degradación ubicados en AIE, se registró las condiciones ambientales y socioeconómicas, por medio de una encuesta *ANEXO C* como se muestra en el siguiente apartado específicamente.

2.2. ETAPA II: Establecimiento y análisis de los criterios tanto ambientales como socioeconómicos requeridos para el diseño del esquema complementario

La descripción de los aspectos socioeconómicos se encuentra dividida en dos partes: la primera hace referencia a los predios priorizados en el municipio de Sopo, de acuerdo a que los resultados encontrados en la anterior etapa y la segunda al predio en específico, ambas determinadas por encuestas e información recopilada por parte de la alcaldía. Para la obtención de esta información fue necesario solicitar un permiso ante la alcaldía de Sopo *ANEXO D*.

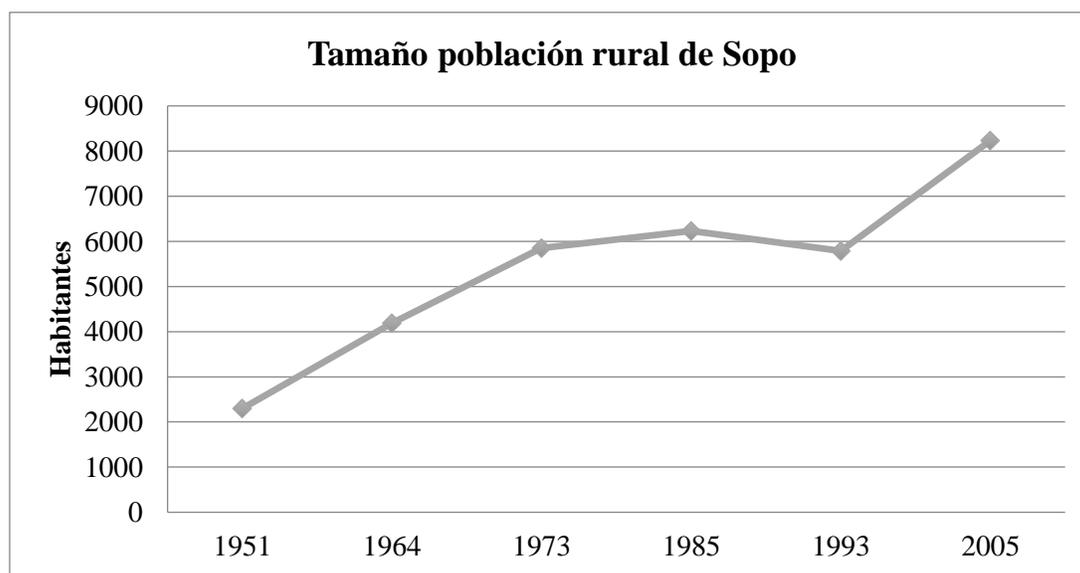
2.2.1. Aspectos socioeconómicos de los predios priorizados

2.2.1.1. Caracterización del medio socioeconómico y cultural.

Se presenta a continuación la situación socioeconómica de los predios priorizados a partir del análisis histórico y actual de la población, la densidad poblacional, la calidad de vida y la actividad productiva.

De acuerdo a la información del DANE, se realizó el siguiente grafico con censos en los periodos de 1973 a 2005 de población rural del municipio de Sopo. Se observa una tendencia creciente, en todos los años menos en 1993, esto se puede atribuir al desplazamiento de la población al casco urbano. Respecto a la densidad poblacional, Sopo es uno de los municipios más densos de la sabana centro con 237 habitantes por km² (Sabana, 2014).

Grafico 1. Población rural de Sopo



Fuente: Elaboración propia a partir del DANE

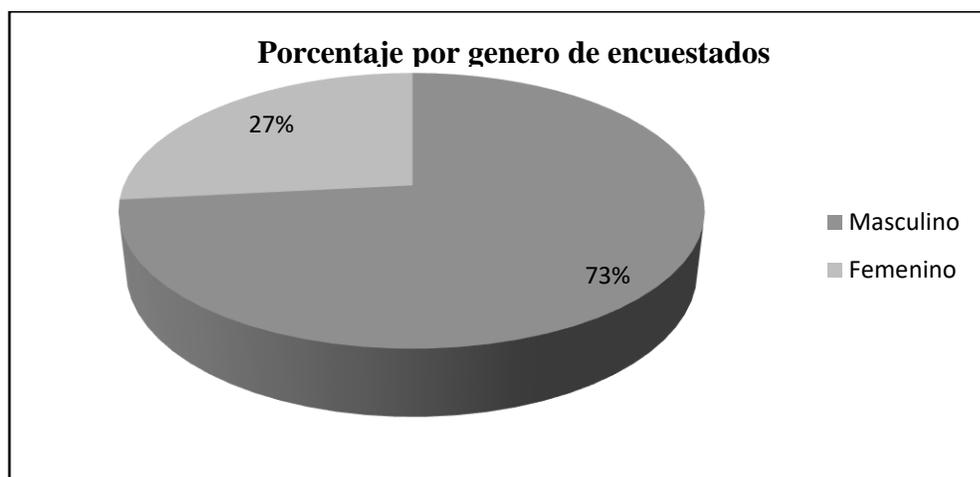
El municipio de Sopo se caracteriza por aportar 1,99% al PIB departamental y se encuentra en categoría 3, es decir tiene una población superior a treinta mil (30.000) habitantes y sus Ingresos Corrientes de Libre Destinación anuales son superiores a treinta mil (30.000) Salarios Mínimos Legales Mensuales Vigentes (SMLMV). En cuanto a la pobreza monetaria extrema, el municipio se encuentra entre los tres primeros con 4,9% según la encuesta multipropósito 2014. Sumado a esto, el porcentaje de población asegurada al Sistema General de Seguridad Social en Salud es 72,1%, donde 61,9% es contributivo, 10% subsidiado y 0,2% especial (Sabana, 2014).

Por otro lado, respecto al tema de vivienda, el DANE clasifica y agrupa teniendo en cuenta el rango de precio en Viviendas de Interés Social (VIS), Viviendas de interés prioritario (VIP) y vivienda comercial o no VIS, donde el municipio cuenta con 5,6% VIS y 94,4% no VIS. Estos hogares cuentan con una cobertura de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y gas natural en 99,5%, 96,5% y 73,5% respectivamente (Sabana, 2014).

2.2.1.2. Aspectos socioeconómicos según encuesta.

Para las áreas denominadas como priorizadas se determinaron los aspectos socioeconómicos mediante una encuesta representativa, la cual esta descrita en el *ANEXO C*, a continuación, se presentan los resultados de mayor importancia.

Grafico 2. Muestra por género de encuestados.

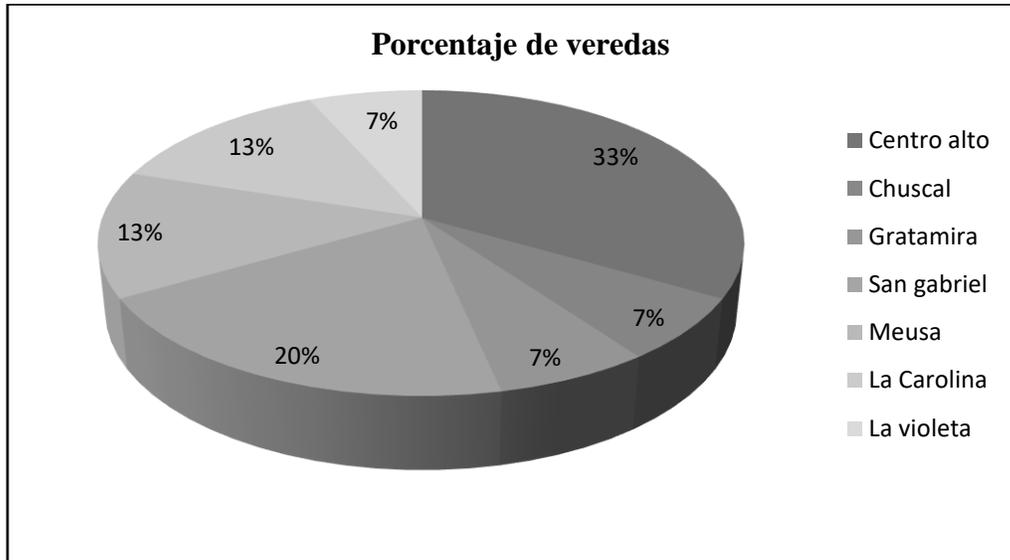


Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** el género predominante en los encuestados son los hombres con un valor

de 73%, por otro lado, la mujer tiene un valor dentro de los encuestados de un 27% siendo este el valor de menor participación.

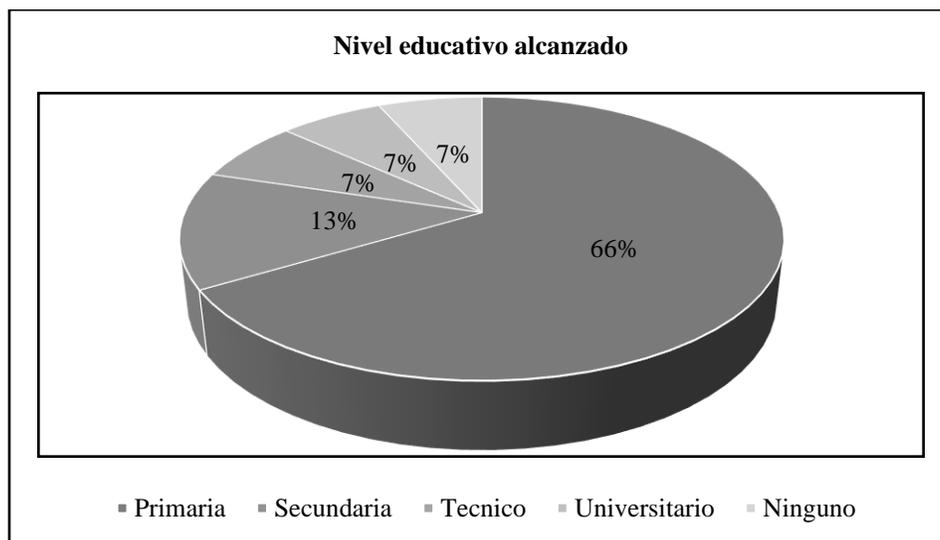
Grafico 3. Porcentaje de veredas donde habitan los encuestados.



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico anterior se encontró que la mayoría de población se encuentra distribuida geográficamente en las veredas San Gabriel y Centro Alto con un porcentaje de 33% y 20% respectivamente, con un menor porcentaje las veredas Meusa y La Carolina con 13% y por último en las veredas Chuscal, Gratamira y La Violeta con 7%.

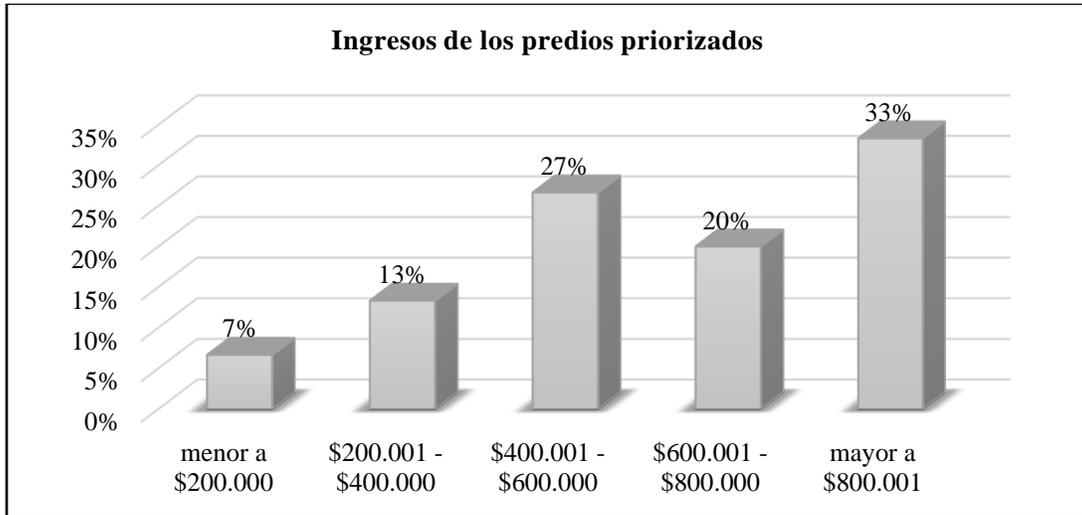
Grafico 4. Nivel educativo de los encuestados.



Fuente: Elaboración propia

El mayor porcentaje de nivel educativo alcanzado por los encuestados es de primaria con un 66%, le sigue secundaria con un 13% y con un 7% los niveles educativos técnicos, universitarios, y ningún nivel educativo.

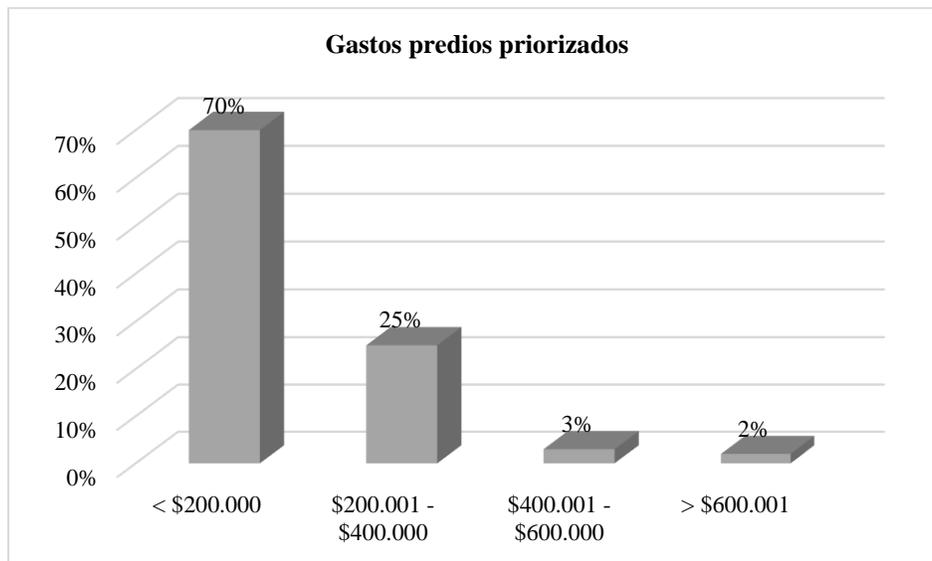
Grafico 5. Ingresos de los encuestados.



Fuente: Elaboración propia

El **Grafico 6** demostró que el ingreso de los encuestados es mayor a \$800.000 con un porcentaje de 33%, sin embargo, más del 47% vive con menos de un salario mínimo mensual.

Grafico 7. Gastos mensuales de los encuestados.



Fuente: Elaboración propia

Los gastos de los encuestados para la actividad productiva que ejercen en los predios priorizados son menores de \$200.000 mensuales con un 70%, debido a que la mayoría de los gastos en la ganadería son imprevistos por falta de comida en tiempo de sequía y por medicamentos en caso de alguna enfermedad, aunque es importante destacar que para cultivos el nivel de gastos incrementa de acuerdo con el cultivo que se realice.

2.2.2. Aspectos ambientales de los predios priorizados

Según la información recopilada de la Alcaldía de Sopo, en general:

Encontramos un bosque montano bajo seco, con su flora característica, zona de subpáramos con manchones densos de vegetación, bosque alto andino, bosques de encenillos de gran envergadura en húmedo y exuberante paisaje, en asocio de típica flora como: gaque ocucharo, chite o escobo, raque, chaque o roso, chusque, mora silvestre, ciro, manzano, uva camarona, uva de anís, retamo, romero, hayuelo, cordoncillo, helechos y briofitas tales como musgos y hepáticas que constituyen zonas importantes de la superficie del suelo en su función de esponja (Sopo, 2017).

Los ecosistemas se consideran de importancia para la recarga de acuíferos por sus características geomorfológicas, su fauna está representada por mamíferos como liebres, zorrillo, armadillos, curíes, aves como golondrinas, mirlas, copetones, reinitas, trogloditas, reptiles y anfibios (Sopo, 2017).

A continuación, se presenta la **Tabla 15**. Identificación de los SE por número de personas, donde se muestra los servicios ecosistémicos identificados por las personas de los predios priorizados. Los servicios más reconocidos fueron los de provisión específicamente agua y alimento, lo cual atribuye a los productos que se obtienen directamente de los ecosistemas. Asimismo, los que no tuvieron reconocimiento fueron los de soporte, debido a la poca percepción de los beneficios de manera directa.

Tabla 15. Identificación de los SE por número de personas.

Clasificación de servicios ecosistémicos de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio		
Servicio	Subcategoría	Cantidad de personas que identifican el servicio
Servicios de provisión		
Alimento	Cultivos	1
	Ganado	3
	Alimentos silvestres	0

Clasificación de servicios ecosistémicos de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio		
Servicio	Subcategoría	Cantidad de personas que identifican el servicio
Fibra	Madera	0
	Leña	0
Agua		4
Servicios de regulación		
	Regulación de la calidad del aire	1
	Regulación del clima	0
	Regulación del agua	3
	Regulación de la erosión	1
	Purificación del agua	0
	Mitigación de riesgos naturales	0
Servicios culturales		
	Recreación y ecoturismo	1
	Valores espirituales y religiosos	0
Servicios de soporte		
	Formación del suelo	0
	Ciclaje de nutrientes	0

Fuente: Elaboración propia con base en (MEA, 2005)

2.2.3. Aspectos socioeconómicos del predio objeto de estudio

El predio objeto de estudio se encuentra ubicado en la vereda Centro Alto, con dirección La Denia, donde la propietaria es una señora de 75 años ya considerada como adulto mayor, por esta razón se encuentra una familia de 4 integrantes (dos adultos y dos niños) administrando la propiedad, donde la manera de recibir ingresos es la venta de pastizales por temporadas, lo cual es una actividad que genera ingresos de manera esporádica y no permanente. Los costos de esta actividad dependen del acuerdo que se concrete entre el propietario y el comprador, en la mayoría de ocasiones son solo la mano de obra, abono y el riego de agua, para el mantenimiento de los pastizales.

2.2.3.1. Calidad de vida

El predio cuenta con paredes en mampostería tradicional, pañetada y pintada tanto interior como exteriormente y adicionalmente cuenta con tejas en láminas de zinc dos aguas, igualmente el piso se encuentra pañetado con una capa de epoxico.

De la misma manera, cuenta con todos los servicios públicos los cuales son el acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas y telefonía local, de acuerdo a las

características es perteneciente a un estrato socioeconómico medio, pero de importancia ecosistémica por el nacimiento presente, esto favorece a la otorgación de los Esquemas de PSA.



Figura 21. Casa dentro del predio.

Fuente: Elaboración propia

2.2.4. Aspectos ambientales del predio objeto de estudio

En el predio se presenta un ecosistema boscoso de pino y especies nativas, dentro de este una fuente hídrica un nacimiento de agua de tamaño pequeño pero importante para la regulación hídrica, ya que se une con otros nacederos para formar cuerpos de agua más grandes, por otro lado, se encuentra una gran variedad de plantas y especies animales como, búhos, armadillos, comadrejas, faras, entre otros.



Figura 22. Ecosistema del predio

Fuente: Elaboración propia

Los servicios ecosistémicos identificados son principalmente de aprovisionamiento específicamente agua y madera y de regulación hídrica, como la recarga de acuíferos. En el caso del servicio de provisión de fibras, se reconoce la madera y leña, actualmente esta última se usa como combustible y para la construcción de cercas vivas. Durante el recorrido del predio se comentó y se observó varias cercas y broches elaborados de manera artesanal con madera extraída del mismo. Además, se notó la existencia de especies maderables como se mencionó anteriormente de Pino y especies nativas para uso doméstico, como fuente alterna para cocinar y generar calor.

En la encuesta el servicio de provisión de agua fue reconocido, mientras que la regulación hídrica no, esto se debe a que perciben la provisión como un beneficio tangible que hace parte de la cotidianeidad de los habitantes del predio, ya que hacen uso del recurso para labores domésticas, mientras que la regulación es de carácter intangible. Los anteriores servicios se deben al nacimiento de agua identificado, el cual es un lugar donde brota el agua naturalmente, es una zona de recarga hídrica. Se le apropia este término, pero allí no nace o se genera el agua, es el resultado de la regulación hídrica propia del ecosistema de alta montaña. Aunque es un nacimiento pequeño es importante de manera subterránea, siendo ese esencial para la formación de ríos, cascadas, lagos entre otros. De acuerdo a la identificación y al recorrido, se determinó que el área aproximada de los SE regulación hídrica y provisión de fibra es de 1 y 5 hectáreas respectivamente.



Figura 23. Nacimiento de agua dentro del predio

Fuente: Elaboración propia

Debido a la venta de pastizales se presentan algunas afectaciones en cada una de las actividades como se dan a conocer en la **Tabla 16**. Afectaciones por actividades del pastoreo.. Estas afectaciones ponen en riesgo el mantenimiento y generación de los SE anteriormente mencionados que presta el ecosistema del predio, por los cambios en las coberturas de las tierras incluyendo las alteraciones que modifican la capacidad de almacenamiento de los sistemas naturales. Por lo cual se deben efectuar intervenciones de recuperación del ecosistema, como base de la conservación de las microcuencas y la seguridad hídrica.

Tabla 16. Afectaciones por actividades del pastoreo.

ACTIVIDAD	AFECTACIÓN
Cambio de uso de la tierra	Cambios en el balance hídrico de las cuencas afectando el caudal, la frecuencia y nivel del caudal máximo y el nivel de recarga de las aguas subterráneas, por otro lado, los cambios en la escorrentía del área de captación después de la conversión de bosques en pastos.
Selección de lotes para pastoreo	Lotes con suelos susceptibles a la erosión, de condiciones físicas desfavorables, de marcada pendiente, poco fértiles o en zonas de conservación, causando graves daños en la estructura y función del ecosistema y en sus recursos naturales; suelo, agua, fauna y flora. Por ampliación del terreno se genera pérdida de cobertura vegetal, desecación de cuerpos de agua, tala de bosques, entre otras actividades.
Uso de riego	Las aguas que son utilizadas para riego, en especial aquellas de mala calidad, incrementando procesos de salinización.
Agua destinada al consumo y mantenimiento de los animales	El ganado tiene influencia sobre el ciclo del agua a través de los mecanismos de infiltración y retención.
Pastoreo	La degradación de la tierra por la acción del ganado repercute en la recarga de los recursos hídricos, ya que afectan a la infiltración y la retención de agua, así como a la morfología de la corriente.

ACTIVIDAD	AFECTACIÓN
<p>Duración del pastoreo</p>	<p>El impacto directo del ganado en el proceso de infiltración es variable y depende de la intensidad, la frecuencia y la duración del pastoreo. Cuando la cubierta vegetal se reduce tanto el contenido de materia orgánica del suelo, como la estabilidad de los agregados del suelo, disminuyen, con lo que se reduce también la capacidad de infiltración. Asimismo, cuando las capas del suelo se compactan por la acción del pisoteo, se reduce la porosidad, lo que provoca una drástica reducción de los niveles de infiltración. Por esta razón, cuando las prácticas de pastoreo no son adecuadas, se producen alteraciones en las propiedades físicas e hidráulicas de los suelos y de los ecosistemas, dando como resultado aumentos de la escorrentía, la erosión, la frecuencia de los eventos de caudal máximo, la velocidad del agua y una reducción del flujo y disminución de los niveles freáticos.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en (Fedepapa y Ministerio de Ambiente, 2004) y (FAO L. Y., 2006)

2.3. ETAPA III: Propuesta de cálculo del esquema complementario del incentivo a reconocer para la recuperación de los ecosistemas naturales, aplicado al caso de estudio

En la siguiente figura se resume el procedimiento que se tuvo en cuenta para la valoración económica.

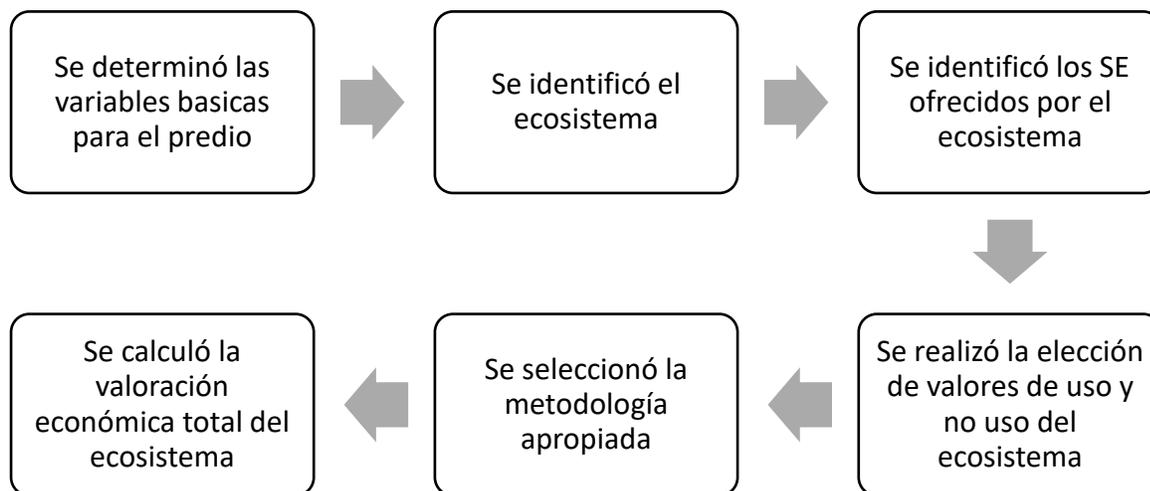


Figura 24. Flujograma para la valoración económica.

Fuente: Elaboración propia con base en (Cundinamarca G. d., 2015)

2.3.1. Metodologías de valoración económica

Los métodos de valoración económica ambiental posibilitan el establecimiento y la cuantificación de los beneficios, así como los costos que debe asumir la sociedad por su provisión a través de la recuperación de los ecosistemas (DNP D. N., 2017). Con objeto de seleccionar la metodología apropiada según el SE, se recopiló información de algunas de las metodologías de valoración de costos económicos, como se da a conocer en la siguiente tabla:

Tabla 17. Metodologías de valoración de costos económicos.

MÉTODOS	DESCRIPCIÓN
Método de transferencia de beneficios	Es una manera indirecta, que permite valorar un bien o función ambiental a partir de otro bien o valor conocido, aunque se encuentre en otro contexto. Se considera una metodología secundaria de valoración, pues no requiere recolección primaria de datos.

Método de valoración contingente

Es la técnica directa más usada de valoración ambiental, ya que es la única que puede llegar a calcular el valor aproximado de un recurso ambiental que no tiene mercado, es decir, no tiene precio y ni se saben las cantidades transadas. La utilidad del método es muy variada, va desde la administración que necesita evaluar las iniciativas que propone, hasta las organizaciones preocupadas por el medio ambiente que desean saber el valor social del patrimonio natural o los tribunales que deben imponer sanciones económicas a quienes causen daños a bienes colectivos. De hecho, la variedad de bienes que pueden valorarse por este método es casi ilimitada, ello constituye lógicamente una de las principales ventajas de la valoración contingente, pero se enfrenta también con una notable complejidad en la elaboración del ejercicio.

Método de costo de viaje

Es un método indirecto de valoración, se aplica principalmente para la valoración económica de bienes de uso recreativo (parques, playas, lagos y otras áreas públicas) y mide el valor de uso de la recreación. Supone que el tiempo y el dinero que gasta una persona por visita a un sitio es una aproximación a su Disposición a pagar (DAP) por acceder a los beneficios de recreación del lugar. Al relacionar los costos de viaje con los niveles de consumo, número de visitas de un sitio recreativo, se puede obtener una curva de demanda por la recreación en el área.

Función del daño

Se basa en la variación de la producción que tenga un bien o un servicio, por causa de un cambio ambiental. Por ejemplo, se puede valorar el daño causado por un contaminante en un río, al determinar la variación que tiene la producción de una piscícola que se alimenta del agua del mismo. Mediante los valores que arroja la variación de la producción se pueden obtener aproximaciones del daño causado, también se pueden valorar beneficios ambientales si estos se exhiben en incrementos en la producción de un bien o servicio. Según (Sarmiento, 2003), este método puede ser utilizado para estimar el valor de uso indirecto de los SE, a través de su contribución a las actividades.

Método de precios hedónicos	<p>Trata en sí de establecer un vínculo entre un bien físico y las cualidades que lo caracterizan, esto logra establecer un precio aceptable correspondiente a los diferentes elementos que hacen parte del bien o del inmueble, ya sean estos positivos o negativos. por ejemplo, cuando una persona decide comprar una casa esta se fija en las diferentes variables que se pueden presentar en el lugar que piensa tomar, estas pueden ser los materiales, el estrato socioeconómico, el paisaje, entre otros detalles que pueden permitir asignar un valor y descubrir la disponibilidad a pagar por parte de la persona.</p>
Metodología basada en precios del mercado	<p>Establece un valor económico de los bienes naturales a través de los SE que pueden ser comercializados en los diferentes mercados existentes. Principalmente su uso se basa para estimar las diferentes variables de los bienes y los SA que estos proporcionan en cuanto a calidad y cantidad, para ello son empleados métodos económicas con el objetivo de determinar los beneficios económicos de bienes comerciales, fundamentales en la cantidad de adquisición de las personas y la cantidad de oferta a diferentes precios o costos. La gran parte de bienes y servicios procedentes de la naturaleza son mercantilizados en los diferentes comercios (madera, leña, carne, pescado, minerales, productos agrícolas) ya sean locales e internacionales. El método de los precios de mercado puede ser usado para formular cuentas financieras y de esta manera relacionar los costos y los beneficios del uso de la tierra. Estos precios se adquieren en el mercado por medio de la relación e interacción entre productores y compradores y sobre la demanda y oferta de los diferentes bienes y servicios sin olvidar la importancia de definir si el mercado que se está analizando es el más adecuado.</p>
Método basado en costos	<p>Realiza una estimación de valor de bienes y SA basados principalmente en los costos por evitar daños, los costos a los que se incurre por la pérdida de servicios ambientales o los costos de a sustitución de los mismos. Dentro de estos costos se pueden encontrar dos tipos, el costo de daño evitado y el valor de sustitución. A diferencia de modelos como valoración contingente o costo de viaje, los métodos basados en costos no proporcionan medidas estrictas de valor económico que son determinadas mediante la DAP de los individuos por</p>

un bien o SA. Dentro del método de costo de daño evitado se tiene en cuenta el valor de la protección a la propiedad o el coste que tienen las acciones tomadas para evitar daños, estos dos valores son tomados como una medida de los beneficios que provee un ecosistema. Por otro lado, el método de valor de sustitución para estimar el valor de un ecosistema emplea el costo que se puede incurrir al proporcionar sustitutos de un servicio o bien ambiental.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Cundinamarca G. d., 2015)

2.3.2. Método de calculo

De acuerdo a lo anterior, la metodología seleccionada fue la Técnica de Transferencia de Beneficios (TB), la cual valora externalidades asociadas a los proyectos de política ambiental, involucra los datos, modelos y valores encontrados en estudios primarios (Ministerio de Ambiente, 2003).

Es importante reconocer que la TB es según el grupo de análisis económico de investigación del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en (Ministerio de Ambiente, 2003) una:

Técnica de valoración basada en la aplicación de valores estimados, funciones, datos o modelos desarrollados en un contexto para establecer una valoración e un contexto alternativo. En esta metodología se utiliza información existente para realizar una adaptación y utilizar la información económica que se obtiene de un lugar específico bajo ciertas condiciones de un recurso o una política a un lugar que presente similares condiciones o políticas. El lugar original del que se tiene información generalmente se le denomina “lugar de estudio”, mientras que el lugar donde se transfieren los datos se llama “lugar de política”. (pág. 42)

Dentro de la TB se encuentra el método de transferencia de funciones, el cual permite:

Controlar una serie de factores que pueden explicar la variación en los valores económicos tales como las características socio-económicas de la población afectada, las características del bien, el cambio en la provisión o la disponibilidad de sustitutos (GreenLabUC, 2016).

2.3.2.1. Aplicación

La aplicación de valoración se divide en dos partes, la primera hace referencia al enfoque de Transferencia de Beneficios para aproximar el incentivo para conservación y recuperación del

predio y la segunda al modelo Logit en Eviews para la propuesta de metodología por medio de encuestas realizadas a los predios priorizados.

2.3.2.1.1. Calculo alternativo

Para realizar la transferencia de beneficios en primer lugar, se identificaron estudios referentes a la valoración de la conservación del recurso hídrico teniendo en cuenta el bien o servicio ambiental que presta y la medida económica respectiva, los estudios considerados fueron los siguientes:

Tabla 18. Estudios analizados para la valoración.

Autor	Título	Año	País	Bien o servicio ambiental	Medida económica
GreenLabUC	Guía Metodológica de transferencia de beneficios – Aplicada a un caso de estudio Región Araucanía	2016	Chile	Lago Villarrica	Transferencia de beneficios
Basil E. Stumborg, Kenneth A. Baerenklau y Richard C. Bishop	Contaminación de fuentes no puntuales y valores actuales: un estudio de valoración contingente del lago Mendota	2001	Estados Unidos	Lago Mendota	Valoración contingente
Oscar E. Perez Cardenas Alvaro A. Chaves Mejia	Análisis y diseño de un sistema de pagos por servicios ambientales por la protección del agua en la microcuenca La Colorada, municipio de Arcabuco, departamento de Boyacá	2009	Colombia	Microcuenca la Colorada	Disposición a pagar
Corporación Ambiental Empresarial - CAEM	Manual de incentivos para pagos por servicios ambientales - PSA considerando el costo de oportunidad	2016	Colombia	Mejorar el servicio de agua y/o para proteger las fuentes hídricas	Costo de oportunidad
John Loomis, Paula Kent, Liz Strange, Kurt Fausch y Alan Covich	Medición del valor económico total de la restauración de los servicios ecosistémicos en una cuenca hidrográfica deteriorada: resultados de una encuesta de valoración contingente	2000	Estados Unidos	Río Platte Sur	Valoración contingente

Autor	Título	Año	País	Bien o servicio ambiental	Medida económica
David R. Oglethorpe y Despina Miliadou	Valoración económica de los atributos de no uso de un humedal: un caso de estudio para el lago Kerkini	2010	Grecia	Lago Kerkini	Valoración contingente
Ekin Birol, Katia Karousakis y Phoebe Koundouri	Usar técnicas de valoración económica para informar la gestión de los recursos hídricos: una encuesta y una evaluación crítica de las técnicas disponibles y una aplicación	2006	Grecia	Humedal de Cheimaditida	Valoración contingente
Julián Ramajo Hernández y Salvador del Saz-Salazar	Estimación de los beneficios no de mercado de la mejora de la calidad del agua para un estudio de caso en España: un enfoque de valoración contingente	2012	España	La cuenca del río Guadiana	Valoración contingente

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la revisión documental, se descartaron estudios donde sus características del bien o servicio ambiental no coincidían con las del predio, al igual que aquellas aplicaciones de valoración de costo de oportunidad e información anterior al año 2005. De acuerdo a esto, el estudio seleccionado para llevar a cabo la Transferencia de Beneficios fue “*Estudio de elaboración de Guías Metodológicas de valoración contingente y Transferencia de Beneficios y su aplicación a un caso práctico*” (GreenLabUC, 2016), ya que especifica la función de pago y criterios que se analizan más adelante. Asimismo, en este trabajo se presenta un escenario similar en la Región Araucanía de Chile cuyo enfoque es la conservación y uso sostenible de los bienes y servicios ambientales asociados al recurso hídrico. En resumen, este estudio fue una buena aproximación de pago al predio elegido.

El cálculo alternativo de PSA se realizó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Ecuación 2. Cálculo alternativo de PSA aplicado al predio de estudio.}$$

$$\text{PSA}_{\text{PREDIO}} = (\text{PSA}_{\text{REFERENCIA}}) \times \frac{\text{PIBppPPA}(\text{COLOMBIA})}{\text{PIBppPPA}(\text{REFERENCIA})}$$

$$PSA_{\text{PREDIO}} = (289 \text{ USD}) \times \frac{14157,6}{23960,3} = 170,76 \text{ USD} = \$506.143,2 \text{ COP}$$

Fuente: Elaboración propia a partir de (GreenLabUC, 2016)

Donde:

PSA_{PREDIO} : Pago por servicios ambientales en el predio para la recuperación.

$PSA_{\text{REFERENCIA}}$: Pago por servicios ambientales de referencia en dólares, para el ejercicio el caso de Chile.

PIB_{PPPPA} : Producto Interno Bruto per cápita por parida del poder adquisitivo (a precios internacionales actuales).

De acuerdo a que la valoración de referencia fue del año 2016 y que la inflación en Colombia para el mismo fue de 5,75%, se realizó el ajuste del PSA del predio:

Ecuación 3. Valoración ajustada.

$$\$506.143,2 \text{ COP} (1 + 0,0575) = \$535.246,4611 \text{ COP}$$

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.1.2. Modelo Logit predios priorizados

El primer paso para realizar la aplicación del modelo Logit en el paquete estadístico y econométrico Eviews es determinar la ecuación determinando las variables dependientes e independientes que se acomoden de la mejor manera para el desarrollo de modelo que se quiere obtener. En este caso se escogieron las variables de ingresos y gastos por ser las que permiten desarrollar el modelo. La ecuación fue redactada de acuerdo a los comandos utilizados para el modelo iniciando con la variable dependiente seguido se pone la consonante “c” adicionando las variables independientes y por último eligiendo dentro de esta opción el tipo de modelo a utilizar > Modelo Binario y en el método de estimación puntual > Logic > Aceptar.

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	2.210799	2.323603	0.951453	0.3414
INGRESOS2	-7.85E-07	6.01E-07	-1.306879	0.1913
GASTOS2	1.39E-06	8.73E-07	1.591576	0.1115

McFadden R-squared	0.223611	Mean dependent var	0.733333
S.D. dependent var	0.457738	S.E. of regression	0.430423
Akaike info criterion	1.300480	Sum squared resid	2.223171
Schwarz criterion	1.442090	Log likelihood	-6.753597
Hannan-Quinn criter.	1.298971	Deviance	13.50719
Restr. deviance	17.39746	Restr. log likelihood	-8.698728
LR statistic	3.890262	Avg. log likelihood	-0.450240
Prob(LR statistic)	0.142969		

Obs with Dep=0	4	Total obs	15
Obs with Dep=1	11		

Figura 25. Resultados de la ecuación propuesta

Fuente: Elaboración propia

El resultado arrojado por el modelo con respecto al coeficiente es utilizado posteriormente para la determinación de la probabilidad de aceptar un pago según las variables independientes utilizadas. A continuación, se presenta la determinación de esta probabilidad en la siguiente tabla:

Tabla 19. Determinación de la probabilidad de aceptar un pago.

	Promedio	Coefficiente	Parámetro	Probabilidad	Porcentaje de calculo
Ingresos	8.569.000	-0,000000785	-6,726665	5,28043E-06	0,0005280%
Gastos	4.283.333	0,000001390	5,95383287	8,27583E-06	0,0008276%

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla anterior se puede concluir que aumenta la probabilidad de aceptar un pago según las variables ingresos y gastos.

Para obtener las estadísticas entorno al nivel de confianza de los datos se seleccionaron las variables ingresos y gastos.

Equation: UNTITLED Workfile: TORTAS::Tortas\

View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Expectation-Prediction Evaluation for Binary Specification
 Equation: UNTITLED
 Date: 10/31/17 Time: 15:51
 Success cutoff: C = 0.5

	Estimated Equation			Constant Probability		
	Dep=0	Dep=1	Total	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)≤C	2	0	2	0	0	0
P(Dep=1)>C	2	11	13	4	11	15
Total	4	11	15	4	11	15
Correct	2	11	13	0	11	11
% Correct	50.00	100.00	86.67	0.00	100.00	73.33
% Incorrect	50.00	0.00	13.33	100.00	0.00	26.67
Total Gain*	50.00	0.00	13.33			
Percent Gain**	50.00	NA	50.00			

	Estimated Equation			Constant Probability		
	Dep=0	Dep=1	Total	Dep=0	Dep=1	Total
E(# of Dep=0)	1.79	2.21	4.00	1.07	2.93	4.00
E(# of Dep=1)	2.21	8.79	11.00	2.93	8.07	11.00
Total	4.00	11.00	15.00	4.00	11.00	15.00
Correct	1.79	8.79	10.58	1.07	8.07	9.13
% Correct	44.77	79.92	70.54	26.67	73.33	60.89
% Incorrect	55.23	20.08	29.46	73.33	26.67	39.11
Total Gain*	18.10	6.58	9.65			

Figura 26. Estadísticas del nivel de confianza

Fuente: Elaboración propia

Todo esto parece confirmar que el poder productivo del modelo tiene un nivel de confianza de 86.67% dando la certeza y validez de los datos recolectados.

Adicionalmente, para obtener los límites superiores e inferiores de la disposición a pagar es necesario hallar alfa y la disposición a aceptar para la recuperación, en definitiva, el ingreso nos permitió calcular la disposición a pagar, y analizando los resultados obtenidos a lo largo del cálculo de la disposición a pagar se identificó que, entre más ingresos y gastos por parte de los propietarios de los predios priorizados, así mismo aumenta la probabilidad que el propietario acepte el pago por la recuperación.

El desarrollo del análisis estadístico y econométrico de los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los predios priorizados esta descrito detalladamente en el *ANEXO G*.

Posteriormente se realizó un cuadro comparativo de valoración del incentivo PSA (**Tabla 22**. Cuadro comparativo valoración del incentivo PSA) teniendo en cuenta lo siguiente:

El municipio de Sopo actualmente otorga un valor aproximado de \$500.000 COP por hectárea al año para la conservación de AIE y según el DNP y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se establecen valores diferenciados del incentivo para la preservación y recuperación, para:

Reconocer un mayor valor por mantener áreas con ecosistemas naturales dentro los predios. Donde para la restauración se otorgará un valor con rangos entre 159.000 y 317.999 pesos por hectárea al año. Cabe indicar que estos valores son de referencia y buscan brindar sostenibilidad financiera al instrumento. Las metodologías para el cálculo del incentivo harán parte del marco técnico para PSA y será un referente para el cálculo del valor del incentivo de cada proyecto (DNP D. N., 2017).

Tabla 20. Rangos de valor del incentivo PSA.

Acciones a incentivar	Rango inferior	Rango superior
Costo de oportunidad preservación	318.000	477.000
Costo de oportunidad restauración	159.000	317.999

Fuente: DNP y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en (DNP D. N., 2017).

Se realizó también el cálculo de costo de oportunidad para el predio escogido, a partir de que el costo de oportunidad (CO) en términos conceptuales:

Mide el sacrificio que cualquier individuo debe asumir cuando realiza una elección para conseguir un objetivo concreto, y lo cual le implica al mismo tiempo descartar otra u otras elecciones posibles que también le son deseables. Para este caso particular de conservación es considerar la rentabilidad neta perdida por conservar un área en lugar de ponerla a “producir”. A manera de ejemplo, que, si los bosques naturales en una cuenca son talados para establecer después sistemas agrícolas, entonces la decisión de mantener esos bosques (sacrificio) para conservar el agua (objetivo) implica descartar la posibilidad de cultivar, lo cual significa dejar de percibir los beneficios económicos que se pueden generar con la producción agrícola (ingresos). En este contexto, los beneficios que podrían haberse originado mediante el uso alternativo del suelo (cultivo), claramente corresponden al costo de oportunidad asumido para conservar el bosque (CAEM, 2016).

La estimación del costo de oportunidad se realizó a partir de información primaria recopilada con base en los flujos de ingresos y costos de la actividad productiva del predio a partir de la encuesta. En primer lugar, se obtuvo el beneficio económico neto (BEN), es decir el valor derivado del

ingreso bruto total (IBT) menos sus respectivos costos totales de producción (CTP) de venta de pastizales.

Tabla 21. Costo de oportunidad predio

CICLO 1 AÑO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
INGRESOS				
Alquiler de pastizales	Ha	4	\$1.000.000	\$4.000.000
IBT				\$4.000.000
COSTOS				
Abono	Ha	4	\$500.000	\$2.000.000
Riego (Aspersores)	Ha	4	\$30.000	\$120.000
Mantenimiento de la cerca	Ha	4	\$10.000	\$40.000
CTP				\$2.160.000
BEN = IBT - CTP				\$1.840.000
Valor CO (Anual/hectárea)				\$460.000

Fuente: Elaboración propia

Estos costos son un estimado y sirven como referencia y punto de negociación dentro del esquema.

Tabla 22. Cuadro comparativo valoración del incentivo PSA

	Valor	Límite inferior	Límite superior
Transferencia de beneficios	\$535.246	N/A	N/A
Modelo Logit (Eviews)	\$693.011	\$537.107	\$848.916
Costo de oportunidad	\$460.000	\$460.000	\$1.840.000
Rangos de valor del incentivo PSA según DNP	N/A	\$159.000	\$317.999
Pago incentivo en Sopo para la conservación de AIE	\$500.000	\$500.000	\$4.000.000

Fuente: Elaboración propia

Como se da a conocer en el anterior cuadro comparativo las valoraciones son aproximadas, esto indica que tanto el modelo como el método de transferencia de beneficios son idóneos para el ejercicio.

También se plantea una propuesta de reforestación en el predio con especies nativas y cercado, debido a la necesidad de recuperación del ecosistema por las afectaciones de los servicios ecosistémicos, como la disminución en la cantidad y calidad del nacimiento.

Tabla 23. Propuesta descriptiva de los costos de actividades de reforestación y cercado.

Actividad	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Plantación de árboles forestales nativos (Aliso y tíbares)	Ha	2	\$190.252	\$380.505
Aislamiento en cerca con postes de madera no inmunizados	Ha	2	\$274.949	\$549.898
Jornalero	Mes	1	\$737.717	\$737.717
Valor total propuesta				\$1.668.120

Fuente: Elaboración propia con base en (Cardenas & Mejia, 2009)

Los costos de la propuesta podrían reducirse si se solicitan las especies de árboles forestales nativos a la Alcaldía del municipio de Sopo, la cual realiza programas de reforestación.

CAPÍTULO 3: CONCLUSIONES

A través de un sistema de información geográfico (SIG) es posible la focalización de zonas de mayor preocupación con respecto a la degradación de los suelos en áreas de importancia estratégica, permitiendo abordar un enfoque diferente para la implementación de esquemas de PSA en áreas que se encuentran en mayor amenaza a los servicios ecosistémicos.

Por medio de la identificación y priorización de las áreas de importancia estratégica asociadas a procesos de degradación en la cuenca alta del río Bogotá realizadas con el programa ArcGIS, se pudo concluir que la mayor parte del territorio son suelos susceptibles a la erosión debido a la pérdida de cobertura vegetal estos procesos de degradación presentes en la zona son principalmente por procesos agropecuarios intensivos y minería.

Por otro lado, se pudo evidenciar mediante las visitas de campo la necesidad de implementación de Esquemas de PSA que garanticen el mantenimiento y la provisión de los servicios ecosistémicos presentes en áreas de importancia estratégica, de la mano de educación ambiental y capacitaciones que orienten la recuperación, conservación y mejoramiento de los recursos hídricos.

Adicionalmente gracias al análisis de criterios tanto ambientales como socioeconómicos se pudo determinar la elección entre los diferentes métodos para el diseño del esquema complementario, donde la metodología seleccionada fue la técnica de transferencia de beneficios, permitiendo la valoración económica más que técnica, estratégica y aproximada, involucrando datos, modelos y valores encontrados en estudios primarios.

De acuerdo a la comparación de las valoraciones determinadas son aproximadas, y aunque no se encuentren dentro del rango según el Departamento Nacional de Planeación cabe resaltar que cada proyecto es diferente y que para el caso de recuperación de estas áreas de importancia estratégica el valor debe ser mayor que para la conservación en estado natural, ya que se debe reconocer el esfuerzo de intervención en el territorio para la rehabilitación y mejoramiento de los servicios ecosistémicos que presta el predio en específico.

Mediante el trabajo de grado se pudo concluir que la implementación de esquemas de PSA asociados a la recuperación, priorizando zonas de mayor afectación en AIE, contribuirá a reducir la transformación de ecosistemas estratégicos, la deforestación y la vulnerabilidad del territorio al

cambio climático. Asimismo, complementará la gestión ambiental y el desarrollo rural, teniendo en cuenta las diferentes problemáticas de degradación ambiental que afronta el país.

En definitiva, el proyecto de grado permitió identificar la importancia de abordar nuevas iniciativas en asuntos ambientales que aporten a un PSA más incluyente para efectuar acciones de preservación y recuperación, buscando mitigar áreas sometidas a procesos de degradación contribuyendo así, al equilibrio entre los recursos naturales y las necesidades humanas.

CAPÍTULO 4: RECOMENDACIONES

El gobierno nacional junto con las autoridades ambientales debe velar por la armonización, por medio de la articulación de instrumentos de planificación, ordenamiento y gestión ambiental con el pago por servicios ambientales.

Es necesario seguir aunando esfuerzos para proteger la cuenca alta del río Bogotá, debido a procesos fuertes de degradación y conflictos del uso del suelo, principalmente recuperando las zonas de galerías.

Es importante la documentación de los procesos realizados dentro del sistema de información geográfico (SIG) para identificar zonas de mayor preocupación con respecto a la degradación de los suelos en áreas de importancia estratégica, ya que facilita su interpretación y análisis, en este sentido la recomendación conlleva a la implementación de esquemas de pago por servicios ambientales para la restauración productiva, generando menos impacto ambiental.

Se recomienda promover espacios de encuentros con las comunidades ubicadas en áreas de importancia estratégica asociadas a procesos de degradación, realizando capacitaciones sobre buenas prácticas agrícolas, manejo sostenible con sistemas silvopastoriles y demás herramientas para la rehabilitación de tierras degradadas, ya que el campesino es la persona más apropiada para proteger el ecosistema por medio de acciones de restauración.

Es necesario realizar estudios donde se evidencien indicadores de los efectos de los esquemas de pago por servicios ambientales en el país, de igual forma avanzar aún más hacia investigaciones por la falta de conocimiento existente sobre servicios ambientales.

El estudio, análisis y diseño del esquema complementario de pago por servicios ambientales servirá de instrumento o base para la réplica del mismo en otras regiones del país o estudios futuros orientados a la recuperación de áreas de importancia estratégica.

REFERENCIAS

- Ambiente, G. d., & Salle, U. d. (s.f.). *Convenio de Asociación SA-004 Departamento de Cundinamarca – Universidad de La Salle*. Obtenido de Informe Técnico Final : file:///C:/Users/Tatiana/Downloads/estrategias-de-produccion-mas-limpia-en-la-cuenca-alta-del-rio-bogota.pdf
- Asociación RedLatinGEO, C. d. (25 de septiembre de 2017). *CARTOGRAFÍA TEMÁTICA*. Obtenido de CAPITULO II PROCESAMIENTO DE DATOS, Pag. 27: <http://redgeomatematica.rediris.es/cartog2/pdf/pdfCurso.html>
- AZQUETA Diego. *Valoración Económica de la Calidad Ambiental*. MC Graw Hill. Madrid, 1999.
- BARRY C. Field. *Economía Ambiental*. Mc Graw Hill. Colombia, 2001.
- CAEM, C. A. (2016). *Manual de incentivos para pagos por servicios ambientales - PSA considerando el costo de oportunidad*. Bogotá - Colombia : Convenio 019 de 2014.
- CAR. (16 de Abril de 2015). *Propuesta Plan de Manejo Reserva Forestal Protectora Productora Cuenca Alta del Río Bogotá*. Obtenido de Convenio No. 1288 de 2014: <https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=58973&download=Y>
- CAR, C. A. (2006). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá*. Obtenido de Elaboración del Diagnostico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=305&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME
- CAR, C. A. (2014). *TERCER INFORME DE AVANCE CONVENIO No 1288 DE COMPONENTE DE DIAGNÓSTICO DEL PLAN DE MANEJO*. Obtenido de CAPÍTULO 5: VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS: <https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=71786&download=Y>
- Cardenas, O. E., & Mejia, A. A. (Agosto de 2009). “*ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE PAGOS POR SERVICIOS AMBIENTALES POR LA PROTECCIÓN DEL AGUA EN LA MICROCUENCA LA COLORADA, MUNICIPIO DE ARCABUCO, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ*”. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10185/12409>
- Codazzi, I. G. (26 de Junio de 2014). *Estudio de los Conflictos de Uso del Territorio Colombiano*. Obtenido de <http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/c8eb398044ab6ec2bbd1ff9d03208435/IGAC+revela.pdf?MOD=AJPERES>

- Conafor. (2014). Programa de Pago por Servicios Ambientales. Página web f. http://www.inecc.gob.mx/descargas/con_eco/2009_sem_ser_amb_pres_04_emartinez.pdf
- Cundinamarca, G. d. (2015). *Guía para la valoración de bienes y servicios ambientales*. Obtenido de <http://www4.cundinamarca.gov.co/patrimonioambiental/archivos/Guia%20para%20la%20Valoracion%20de%20Bienes%20y%20Servicios%20Ambientales.pdf>
- Cundinamarca, S. d. (04 de Octubre de 2013). *Estadísticas de Cundinamarca versión 2011-2013 Cap 11. AGROPECUARIO*. Obtenido de Anuarios estadísticos Cundinamarca : <http://www.cundinamarca.gov.co/wps/wcm/connect/b7ea1496-2fb2-403c87ec->
- Daily, G. C. (ed.). 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC.
- DDS, D. d. (02 de Noviembre de 2005). *Pago por Servicios Ambientales*. Obtenido de <https://www.oas.org/dsd/Documents/Lospagosperserviciosambientales.pdf>
- DNP, D. N. (07 de Julio de 2017). *Gobierno lanza política de Pago por Servicios Ambientales para la construcción de paz*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Gobierno-lanza-pol%C3%ADtica-de-Pago-por-Servicios-Ambientales-para-la-construcci%C3%B3n-de-paz.aspx>
- DNP, D. N. (08 de Mayo de 2017). *LINEAMIENTOS DE POLÍTICA Y PROGRAMA NACIONAL DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAZ*. Obtenido de CONPES, CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL REPÚBLICA DE COLOMBIA: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3886.pdf>
- Eixarch. (2004). *Guía sobre suelos contaminados*. Zaragoza.
- FAO. (2017). *Portal de suelos de la FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradationrestoration/es/>
- FAO, L. Y. (2006). *La larga sombra del ganado problemas ambientales y opciones*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-a0701s.pdf>
- FAO, O. d. (2011). *MEDIR LA DEGRADACION DEL BOSQUE*. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*, Unasyva 238, Vol. 62, 2011/2.
- Fedepapa y Ministerio de Ambiente, V. y. (mayo de 2004). *GUÍA AMBIENTAL PARA EL CULTIVO DE LA PAPA*. Obtenido de [http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/AGRICOLA%](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/AGRICOLA%20)

20Y%20PECUARIO/Guia%20Ambiental%20para%20el%20cultivo%20de%20la%20pa
pa.pdf

FFA, O. N. (2009). *Ciencias ambientales y manejo de recursos naturales*. Obtenido de <http://slideplayer.es/slide/159723/>

FONAFIFO. (2016). Programa de Pago por Servicios Ambientales. página web <http://www.fonafifo.go.cr/psa/index.html>.

Gobernación de Cundinamarca Secretaría de Ambiente, U. d. (2016). *Informe Técnico Final. Convenio de Asociación SA-004 Departamento de Cundinamarca – Universidad de La Salle*. Bogotá D.C. .

Gonzalo. (2014). *Econometría II*. Obtenido de Práctica 0. Introducción a Eviews: <http://www.eco.uc3m.es/~jgonzalo/teaching/EconometriaII/Practica0.pdf>

GreenLabUC. (16 de Diciembre de 2016). *GUÍA METODOLÓGICA DE TRANSFERENCIA DE BENEFICIOS*. Obtenido de En el marco del estudio de elaboración de Guías Metodológicas de Valoración Contingente y Transferencia de Beneficios y su aplicación a un Caso práctico : http://www.greenlabuc.cl/wp-content/uploads/2017/02/2016-VALCON-Guia-Metodologica_Transferencia-de-Beneficios-Final.pdf

Greenpeace. (Diciembre de 2013). *Páramos en peligro*. Obtenido de <http://www.greenpeace.org/colombia/Global/colombia/images/2013/paramos/12/Informe%20P%C3%A1ramos%20en%20peligro.pdf>

Gutiérrez, M. S. (Julio de 2009). *Guía para la Elaboración de Diagramas de Flujo*. Obtenido de <https://documentos.mideplan.gov.co/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/6a88ebe4-da9f-4b6a-b366-425dd6371a97/guia-elaboracion-diagramas-flujo-2009.pdf>

Hanley, Nick; Shogren, Jason; y White, Ben. *Environmental Economics in Theory and Practice*. Segunda edición. Palgrave Macmillan, 2007.

Humboldt. (2013). *Atlas de páramos*. Obtenido de <http://www.humboldt.org.co/es/component/k2/item/109-nueva-cartografia-de-los-paramos-de-colombia-diversidad-territorio-e-historia>

IDEAM, I. d. (2015). *ESTUDIO NACIONAL DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR EROSIÓN EN COLOMBIA 2015*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023646/Estudio-erosion.pdf>

IDEAM-MADS. (2014). *SIAC, Sistema de Información Ambiental de Colombia*. Obtenido de Porcentaje de erosión a nivel nacional: <http://181.225.72.78/Portal-SIAC-web/faces/Dashboard/Suelo/suelo.xhtml>

- IGAC. (09 de Junio de 2017). *Servicio de noticias del Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. Obtenido de Cundinamarca, entre los 10 departamentos del país con mayor sobrecarga agropecuaria: <http://noticias.igac.gov.co/cundinamarca-los-10-departamentos-del-pais-mayor-sobrecarga-agropecuaria/>
- IGAC, I. G. (2015). *Suelos y Tierras de Colombia*.
- MADS, M. D. (2010). *POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA BIODIVERSIDAD Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (PNGIBSE)*. Obtenido de http://www.humboldt.org.co/images/pdf/PNGIBSE_espa%C3%B1ol_web.pdf
- MADS, M. d. (02 de Agosto de 2012). *Decreto 1640 de 2012*. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2012/dec_1640_2012.pdf
- MappingGIS. (2016). *Las 10 herramientas de geoprocésamiento que todo Analista GIS debería conocer*. Obtenido de <http://mappinggis.com/2014/10/herramientas-degeoprocésamiento-en-gis/>
- Millenium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. *Ecosystems and Human Well-being*. 4 volumes. Island Press, EE.UU.
- Minambiente. (17 de Mayo de 2013). *Decreto 0953 de 2013*. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2013/dec_0953_2013.pdf
- MinAmbiente, M. d. (2013). *Taller de socialización del Decreto 953 de 2013*. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesysostenible/pdf/decreto/Adjunto_2.Presentaciones_Taller_Decreto_0953_de_2013.pdf
- Ministerio de Ambiente, V. y. (Diciembre de 2003). *Metodologías para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales*. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesysostenible/pdf/569_guiavaloracion.pdf
- Labandeira, Xavier; León, Carmelo; Vázquez, Ma. Xosé. *Economía Ambiental*. Perason Prentice Hall. Madrid, 2008.
- Oyarzun, D. A. (1994). *Valoración económica de la calidad ambiental*. España: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U.
- Radio, C. (09 de Junio de 2016). *CAR reveló estudio que evidencia factores más comunes de contaminación del río Bogotá*. Obtenido de http://caracol.com.co/emisora/2016/06/09/bogota/1465506869_743244.html
- Rojas, J. (11 de Abril de 2011). *EL PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES COMO ALTERNATIVA PARA EL USO SOSTENIBLE DE LOS SERVICIOS*

- ECOSISTÉMICOS DE LOS PÁRAMOS. *Revista del Doctorado Interinstitucional en Ciencias Ambientales*, 57-65. Obtenido de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/8252/1/e1%20pago%20por%20servicios.pdf>
- Sabalza, M. (2006). Evaluación económica de proyectos de cooperación. Bilbao: Hegoa. Obtenido de Capítulo Diez.
- Sabana, U. d. (2014). *Informe de calidad de vida Sabana Centro Cómo Vamos Línea base 2014-2015*. Obtenido de https://www.unisabana.edu.co/fileadmin/Archivos_de_usuario/Documentos/Documentos_Empresa_y_Sociedad/La_Sabana_como_vamos/sabana-centro-informe.pdf
- Socio bosque. (2016). Programa de Socio Bosque. Ministerio del Ambiente. Pagina web <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/Resumen%20programa%20socio%20bosque%20enero%202016.pdf>.
- SOPLA, P. R. (2013). *El Desafío del Desarrollo Sustentable en América Latina*. Obtenido de http://www.kas.de/wf/doc/kas_36621-1522-4-30.pdf?140120190142
- Sopo, A. d. (2017). *Mi municipio*. Obtenido de <http://www.sopocundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Ecologia.aspx>
- UICN, U. I. (2016). *Páramos: Biodiversidad y Recursos Hídricos en los Andes del Norte*. Obtenido de <https://www.iucn.org/es/regiones/am%C3%A9rica-del-sur/nuestros-proyectos/proyectos-en-ejecuci%C3%B3n/p%C3%A1ramos-biodiversidad-y-recursos-h%C3%ADricos-en-los-andes-del-norte>
- Uribe, Eduardo; Mendieta, Juan C.; Rueda, Haider; Carriazo, Fernando. Introducción a la Valoración Ambiental y Estudios de Caso. UniAndes. Bogotá, 2003.

ANEXOS

ANEXO A

A continuación, se presenta la información que ha adelantado la Secretaría de Ambiente de la Gobernación en diferentes proyectos ejecutados respecto a la identificación genérica de las AIE en su jurisdicción. Así mismo, la información de sensores remotos de la cuenca alta del río Bogotá, que presentan los estados evidentes de degradación y adicionalmente los conflictos de usos del suelo, amenazas o impactos y lugares importantes de almacenamiento de agua, por consiguiente, se presenta la selección de las capas que se utilizaron en el presente trabajo:

CARPETAS			NOMBRE SHAPE	SI	NO
			BASE		X
					X
					X
					X
					X
					X
					X
				X	
					X
					X
					X
					X
					X
					X
					X
					X
					X
			CRITERIOS		X
					X
					X

SHAPE	GOBER_FINCA_NA	GOBER_FINCA_P	CRITERIOS	PARAMOS	X
	THU	1.gdb		PRICC	X
				RFPR_CUENCA_ALTA_RB	X
AIE_Gobernación_Sep2015	AIE_IDP_Dec935.m db	OP_ALMEIDAS	AIE_Choconta	X	
			AIE_Guatavita	X	
			AIE_Suesca	X	
			AIE_Villapinzon	X	
			AIE_Chia	X	
	AIE_IDP_Dec935.m db	OP_SABANA_CENTRO	AIE_Cogua	X	
			AIE_Sopo	X	
			AIE_Tabio	X	
			AIE_Tenjo	X	
			AIE_Zipaguira	X	
Proyecto	0402027000000360	228_ORTOFOTOMOSAICO	Plancha 228	X	
Gobernación		IMAGEN ORTO	2014-01-02	X	
Proyecto		209_ORTOFOTOMOSAICO	Plancha 209	X	
Gobernación		227_ORTOFOTOMOSAICO	Plancha 227	X	
		Acueductos	Acueducto.shp	X	
		AGUA	AREAS PROTEGIDAS	X	
		ZONAS PRIORIZADAS	MICROCUENCAS	X	
INFORMACIÓN BASE	INFORMACIÓN PREDIAL RURAL	Inf_entregada_SMA_Marzo2015	PredialRural_Guatavita.shp	X	
			PredialRural_Sopo.shp	X	
			PredialRural_Suesca.shp	X	
			PredialRural_Tabio.shp	X	
			PredialRural_Tenjo.shp	X	
			Información_entregada_a_SMA	PredialRural_Choconta.shp	X

Proyecto	INFORMACIÓN	POMCA	CARTOGRAFIA	SHAPEFILES	
Gobernación	INFORMACIÓN BASE	BOGOTA_CAR		PredialRural_Cogua.shp	X
				PredialRural_Villapinzon.shp	X
				PredialRural_Zipaquira.shp	X
				Amenaza_incendio.shp	X
				Amenaza_inundacion.shp	X
				Amenaza_remocion.shp	X
				Amenaza_sismo.shp	X
				Áreas_a_recuperar.shp	X
				Capacidad_de_uso.shp	X
				Clima mapa Río Bogotá.shp	X
				Cobertura_uso_1985.shp	X
				Cobertura_uso_actual.shp	X
				Comercio.shp	X
				Conflicto_uso.shp	X
				Construcción.shp	X
				Corredor_biologico.shp	X
				Cortes.shp	X
				Cuenca mapa Río Bogotá.shp	X
				Curvas de nivel mapa Río Bogotá.shp	X
				Disposición_final.shp	X
				Drenaje.shp	X
				Ecosistemas_a_declarar.shp	X
				Ecosistemas_a_proteger.shp	X
Educacion.shp	X				
Embalses mapa Río Bogotá.shp	X				
Erosion_actual.shp	X				

					Erosion_potencial.shp	X
					Estación_evaporacion.shp	X
					Estación_hidrometereologica.shp	X
					Estación_precipitacion.shp	X
					Evaporacion.shp	X
					Falla.shp	X
					Formación_vegetal.shp	X
					Hidrogeologia.shp	X
					Industria.shp	X
Proyecto	INFORMACIÓN	POMCA	CARTOGRAFIA	SHAPEFILES	Infraestructura.shp	X
Gobernación	BASE	BOGOTA_CAR			Isobatas.shp	X
					Isoterma.shp	X
					Isoyetas.shp	X
					Laguna mapa Río Bogotá.shp	X
					Línea_morfogenica.shp	X
					Municipios.shp	X
					Municipios Cundinamarca.shp	X
					Parque.shp	X
					Pendiente.shp	X
					Plaza_mercado.shp	X
					Población.shp	X
					Pozos.shp	X
					Predio_cuenca.shp	X
					Presencia_institucional.shp	X
					Quebradas mapa Río Bogotá.shp	X
					Recreación_cultura.shp	X

Proyecto	INFORMACIÓN	POMCA	CARTOGRAFIA	SHAPEFILES						
Gobernación	BASE	BOGOTA_CAR			Religión.shp	X				
					Ríos mapa Río Bogotá.shp	X				
					Salud.shp	X				
					Saneamiento_ambiental_1.shp	X				
					Sev.shp	X				
					Tectónica.shp	X				
					Toponimia mapa Rio Bogotá.shp	X				
					Unidad_geologica.shp	X				
					Unidad_morfologica.shp	X				
					Unidad_protegida.shp	X				
					Unidad_suelo.shp	X				
					Vía férrea mapa Río Bogotá.shp	X				
					Vía mapa Río Bogotá.shp	X				
					Zona urbana EOT mapa Río Bogotá.shp	X				
					Zona urbana mapa Río Bogotá.shp	X				
					Zona_climatica.shp	X				
					MICROCUENCAS		PRIORIZACION	AREAS PROTEGIDAS	X	
								SECTOR PRODUCTIVO	X	
								COBERTURA NATURAL		X
								MICROCUENCA	X	
			PRIORIZACION		X					

ANEXO B

GEOPROCESOS PARA EL DESARROLLO DEL ANALISIS MULTICRITERIO EN SIG

En síntesis, el desarrollo del análisis multicriterio realizado en el programa ArcGIS para dar cumplimiento al primer objetivo del trabajo de grado, esta explicado específicamente por cada variable describiendo los procedimientos realizados para la adaptación.

Para dar inicio a los geoprocenos, fue necesario interceptar los municipios de estudio en todas las capas con la herramienta intersect, ya que existía información fuera de la cuenca alta del río Bogotá. Para realizar este procedimiento se selecciona en la barra de herramientas Geoprocening, luego intersect y se despliega un cuadro donde se escoge la capa y el área de estudio, para delimitar esta zona con las variables que se encuentren dentro de ella.

ÁREAS DE IMPORTANCIA ESTRATÉGICA

En primer lugar, se organizó esta capa, ya que se encontraban en grupos por provincias, para ello se escogieron los municipios de estudio. Posteriormente se seleccionaron solo aquellas con priorización muy alta en cada uno, por medio de la herramienta selección por atributos, y después se juntó en una sola capa los 10 municipios, gracias a la herramienta unión, como se ilustra en los dos siguientes cuadros respectivamente:

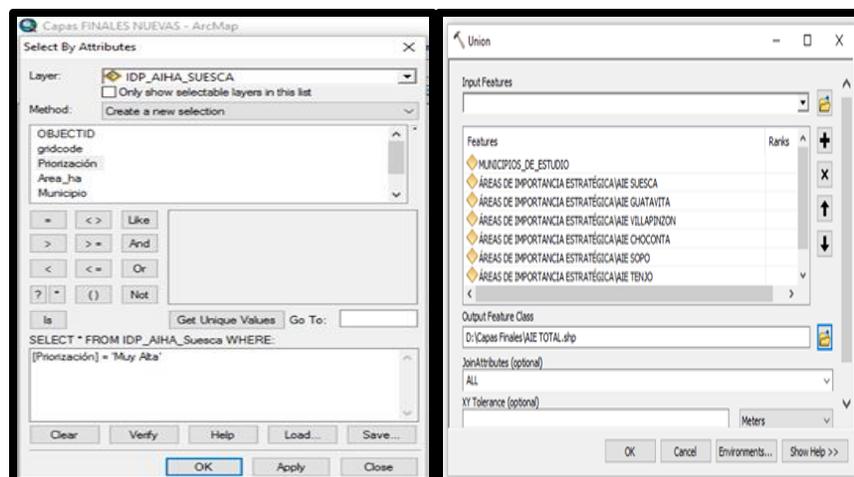


Figura 1. Selección por atributos-Unión

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se agregó una columna en la tabla de atributos, a la cual se le asignó el nombre CAL_AIE, para determinar una priorización de acuerdo al criterio social, teniendo en cuenta que para un buen desarrollo de la investigación es necesario de antemano conocer si ha existido un acercamiento con la comunidad, es decir si se han realizado talleres de socialización con respecto al PSA. Por lo anterior se les otorgó la calificación mayor a los predios que cumplieran con talleres como se explica en la **Tabla 1**. Calificación AIE a continuación:

Tabla 1. Calificación AIE

Área De	Priorización	Taller	Calificación
Importancia Estratégica	Muy Alta	Si	3
		No	2

Fuente: Elaboración propia.

COMPONENTE HÍDRICO

Páramos

Con el propósito de tener en cuenta todos los Ecosistemas de Páramo se unió el shape proporcionado por el Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt y la capa Cobertura Natural, donde en esta última están determinados por imágenes orto que obedecen a lo actual y que en lo referente a la investigación solo se seleccionaron aquellas coberturas que corresponden a páramo.

Al igual a la variable anterior, se agregó una columna en la tabla de atributos con nombre CAL_PARAMOS, y en cuanto a la calificación se le otorgó la mayor (3) en todos los casos, debido a la importancia como se mencionó anteriormente por la regulación hídrica y por ello se ubicó esta capa dentro de la variable principal de agua, ya que en lo que respecta a la investigación se relaciona con la conservación y recuperación del recurso.

Tabla 2. Calificación Páramos.

Páramo	Calificación
	3

Fuente: Elaboración propia.

Microcuencas abastecedoras

Con relación al decreto 0953 de 2013, el cual hace referencia que para selección de predios óptimos de PSA la importancia radica en la presencia de corrientes hídricas, manantiales y afloramientos, debido a los servicios ambientales hidrológicos. Por consiguiente los criterios que se tuvieron en cuenta en la calificación de la variable microcuencas, fue la presencia de pozos y acueductos para el suministro hídrico; para ello se habilitaron los tres shapes anteriormente mencionados, y de acuerdo a los puntos de abastecimiento de agua que se encontraron en cada una de las microcuencas se les otorgó una calificación adicionando una columna en la tabla de atributos nombrada CAL_MICRO_ACU_PO, 1 cuando hay de 1 a 5 puntos abastecedores, 2 cuando de 5 a 10 puntos abastecedores y 3 cuando es mayor de 10 puntos abastecedores, como se da a conocer en la **Tabla 3. Calificación microcuencas abastecedoras.:**

Tabla 3. Calificación microcuencas abastecedoras.

Microcuencas abastecedoras	Número de Puntos	
	Abastecedores de Acueductos	Calificación
	1 a 5	1
	5 a 10	2
	Mayor de 10	3

Fuente: Elaboración propia.

COMPONENTE SUELO

Conflicto de uso del suelo

La capa fue realizada por la Gobernación de Cundinamarca en el año 2015, por esto se tuvieron en cuenta dos criterios, sobreuso extremo y moderado, debido a que actualmente el sobreuso moderado ya debe estar en mayor amenaza, como se da a conocer en la **Figura 2. Selección por atributos del shape conflicto de uso del suelo.:**

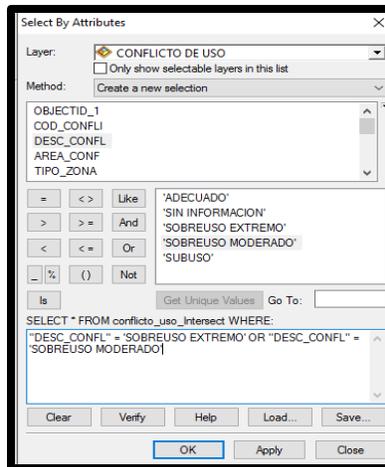


Figura 2. Selección por atributos del shape conflicto de uso del suelo.

Fuente: Elaboración propia.

La calificación se nombró como CAL_CONFLI, y al sobreuso extremo se le otorgó 3, porque son áreas con presencia de flora y fauna con categoría de amenaza muy alta.

Tabla 4. Calificación de conflicto de uso del suelo.

	Sobre Uso	Calificación
Conflicto de Uso del Suelo	Moderado	2
	Extremo	3

Fuente: Elaboración propia.

Procesos productivos intensivos

Se estableció un criterio de evaluación, el cual corresponde al número de actividades agropecuarias que se desarrollan o rotan en una misma zona. Se otorgó la valoración más alta (3) a las zonas que presentaban tres y dos actividades en una sola área, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Calificación de procesos productivos intensivos.

	Actividades	Calificación
Procesos productivos intensivos	Fresa, Papa y Ganado	3
	Fresa y Ganado	3
	Papa y Fresa	3
	Papa y Ganado	3

Fuente: Elaboración propia.

En esta parte se identificaron visualmente por interpretación de imágenes de satélite los procesos que afectan de manera directa el suelo, los cuales son factores altamente degradantes de la zona de estudio. Para ello se agruparon tres variables como erosión, zonas de extracción minera y degradación por pérdida de cobertura natural, como se explica detalladamente a continuación en cada caso.

Erosión

En primer lugar, existían dos capas realizadas y clasificadas por la Gobernación de Cundinamarca, una de Erosión Actual y otra de Erosión potencial, por lo cual se realizó una unión como se muestra en la ilustración 4, y se nombró Erosión.

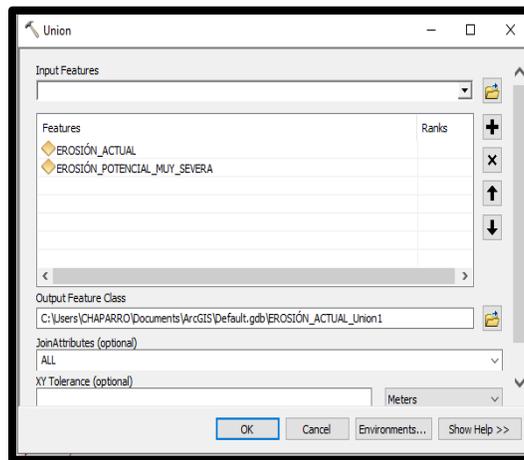


Figura 3. Unión Erosión actual-Erosión potencial.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la finalidad de la investigación solo se seleccionó la clasificación de erosión muy severa para depurar la información y ya que nuestro interés son aquellas áreas que estén degradadas para realizar la recuperación dentro de un esquema de PSA y se calificó con el máximo que es 3.

Tabla 6. Calificación Erosión.

Erosión	Clasificación	Calificación
	Muy Severa	3

Fuente: Elaboración propia.

Degradación por pérdida de cobertura natural

Es valioso identificar y delimitar en la actualidad áreas intervenidas o degradadas que permitan recuperar servicios hidrológicos de oferta y calidad hídrica, al igual que disminuir el grado de amenaza de los ecosistemas naturales por presión antrópica.

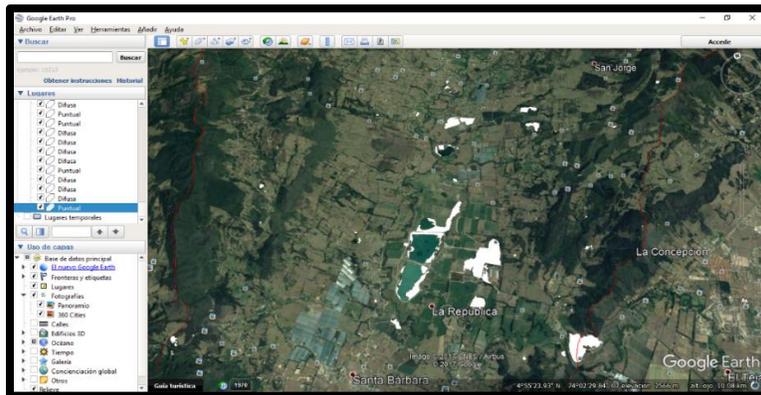


Figura 4. Identificación y delimitación de áreas con degradación por pérdida de cobertura natural.

Fuente: Google Earth

En relación a lo anterior se generó un shape teniendo en cuenta lo siguiente: tres ortofotomosaicos en formato ráster correspondientes a las planchas 209, 227 y 228 del IGAC, una imagen satelital RAPIDEYE, shape de zonas desnudas y degradadas elaborado por la Gobernación de Cundinamarca y las últimas imágenes de Google Earth, a partir de estos se realizaron polígonos identificando la susceptibilidad con un deterioro evidente, se utilizó como referencia el método directo de un estudio sobre interpretación de las imágenes de telepercepción y los cambios en la cubierta, donde la detección directa de la degradación y de los cambios relacionados que afectan a la zona consiste en el reconocimiento de los indicios de daños que han afectado al dosel extraídos de las imágenes satelitales: vacíos en el dosel arbóreo, pequeñas superficies desbrozadas y cambios estructurales del bosque debidos a perturbaciones (FAO O. d., 2011).

Una vez que se delimitó cada polígono se le otorgó una clasificación la cual corresponde a degradación difusa o puntual, la primera hace referencia a un área con deterioro disperso y la otra compacta. A continuación, en la ilustración 6 se muestra un ejemplo de degradación difusa y otro puntual:



Figura 5. Ejemplo degradación puntual-difusa.

Fuente: Google Earth

Posteriormente se guardó el archivo como KML en Google Earth para convertirlo en Layer o un archivo de capa, con la simbología original. Para ello se utilizó la herramienta ArcToolbox, se seleccionó From KML y se desplegó el cuadro que aparece en la **Figura 6**. Transformación de Kml a Capa.:

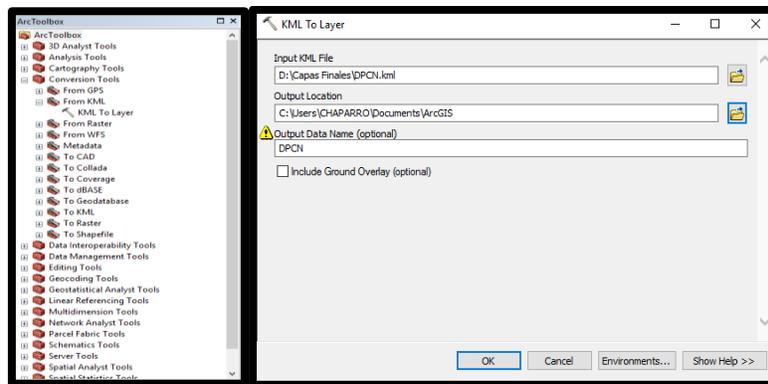


Figura 6. Transformación de Kml a Capa.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se le asignó una calificación, agregando una columna en la tabla de atributos como se realizó con cada variable, donde el mayor puntaje corresponde a la degradación puntual ya que se identificó que no tenían un soporte de la cobertura.

Tabla 7. Calificación Degradación por pérdida de cobertura natural.

	Clasificación	Calificación
Degradación por Pérdida de Cobertura Natural	Difusa	2
	Puntual	3

Fuente: Elaboración propia.

Minería a cielo abierto

Se actualizó el shape zonas de extracción minera suministrado por la Gobernación de Cundinamarca con los ortofotomosaicos en formato ráster correspondientes a las planchas 209, 227 y 228 del IGAC, la imagen satelital RAPIDEYE, y las últimas imágenes de Google Earth, debido a que en la realización de la variable degradación por pérdida de cobertura se identificó la minería de manera significativa presente en el área de estudio y el shape no contenía la suficiente información para la investigación. En la **Figura 7**. Zonas de extracción minera sin – con la actualización. se muestra la actualización.

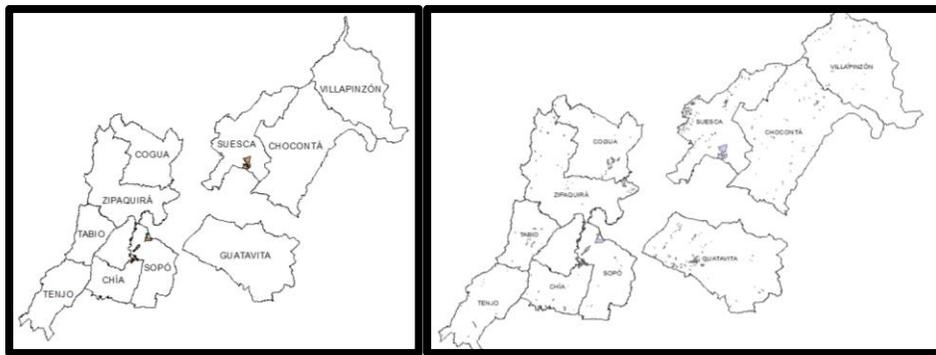


Figura 7. Zonas de extracción minera sin – con la actualización.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Identificación de zonas de extracción minera.

Fuente: Google Earth

En la tabla de atributos se agregaron dos columnas una minería a cielo abierto con nombre MINABIERTO donde se colocó SI en cada uno de los polígonos identificados visualmente por interpretación de imágenes de satélite y otra CAL_MINERIA, para calificar la variable a partir de su uso actual y que en ausencia del esquema de PSA, presenta un mayor riesgo futuro de deterioro,

como es el caso de la minería de acuerdo a la normativa de PSA (MinAmbiente, 2013). La **Tabla 8**. Calificación de minera a cielo abierto. resume la calificación de acuerdo al criterio mencionado anteriormente:

Tabla 8. Calificación de minera a cielo abierto.

Minera a Cielo Abierto	Presencia	Calificación
		Si

Fuente: Elaboración propia.

Después de la identificación individual de las tres variables expuestas anteriormente, se realizó una calificación de suelo, uniendo los shapes de las mismas, donde se presenta degradación por pérdida de cobertura natural y erosión se le asignó un porcentaje de 34% respectivamente, y minería a cielo abierto 32%, como se da a conocer en la **Ecuación 1**. Calificación cobertura suelo.:

Ecuación 1. Calificación cobertura suelo.

$$CAL_SUELO = (CAL_MINERIA * 0,32) + (CAL_EROSION * 0,34) + (CAL_DPCN * 0,34)$$

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente la calificación se organizó en tres rangos, donde al mayor se le otorgó 3, el del medio 2 y el más bajo 1, como se muestra en la siguiente **Figura 9**. Capa vectorial cobertura suelo.

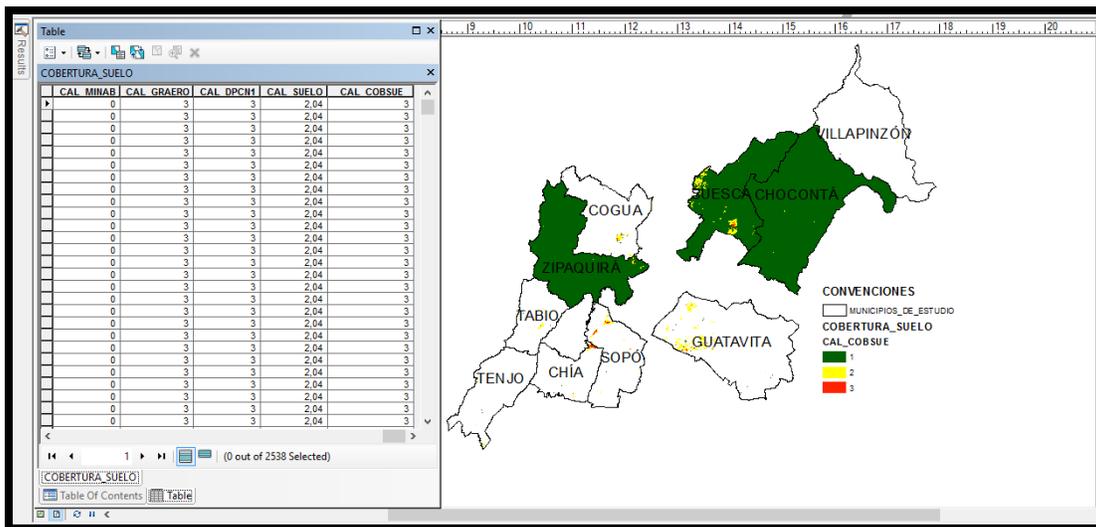


Figura 9. Capa vectorial cobertura suelo.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo como base las calificaciones otorgadas anteriormente para cada una de las variables se continuó con el procesamiento geo espacial, por medio de un proceso de superposición de capas realizado en el software ArcGIS (ejemplo ilustración 21), se logró identificar espacialmente aquellas áreas de importancia estratégica asociadas a procesos de degradación dentro de los municipios de estudio. Para realizar dicha actividad fue necesario determinar porcentajes a cada variable según su importancia, como se ilustra en la **Tabla 9**. Porcentajes para la calificación total.:

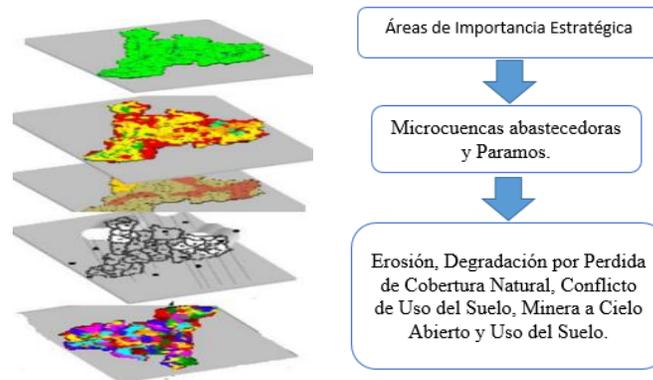


Figura 10. Superposición de capas.

Fuente: Elaboración propia con base en el taller de socialización Decreto 0953 de 2013.

Tabla 9. Porcentajes para la calificación total.

VARIABLES				
COBERTURA HÍDRICA (10%)		SUELO (40%)		AIE (50%)
MICRO- CUENCAS	CAL_MICR	COBERTURA SUELO	CAL_SUELO	CAL_A
	O_ACU_PO (5%)		(30%)	IE (50%)
PÁRAMO	CAL_PÁRA	CONFLICTO USO	CAL_CONFL	E
	MO (5%)	SUELO	I (5%)	
		USO DEL SUELO	CAL_SP (5%)	

Fuente: Elaboración propia.

Las variables organizadas en tres grupos cobertura hídrica, suelo y AIE, fueron calificadas con 10%, 40% y 50% respectivamente, sin embargo, cabe resaltar que para cada una se dividió, por su importancia justificada anteriormente dentro de la investigación.

De acuerdo a la importancia de cada variable se realizó el análisis espacial a través del software y la herramienta unión, la cual combina las entidades geográficas de una capa poligonal de entrada con polígonos de una capa superpuesta (MappingGIS, 2016). Por consiguiente, este proceso permitió obtener la calificación de las variables para cada polígono superpuesto y aplicando los porcentajes de cada una, se estableció la calificación total por medio de la **Ecuación 1**. Calificación cobertura suelo.

Ecuación 2. Calificación total.

$$\text{CAL_TOTAL} = (\text{CAL_AIE} * 0,5) + (\text{CAL_MICRO_ACU_PO} * 0,05) + (\text{CAL_PARAMO} * 0,05) + (\text{CAL_CONFLI} * 0,05) + (\text{CAL_SP} * 0,05) + (\text{CAL_COBSUE} * 0,3)$$

Fuente: Elaboración propia.

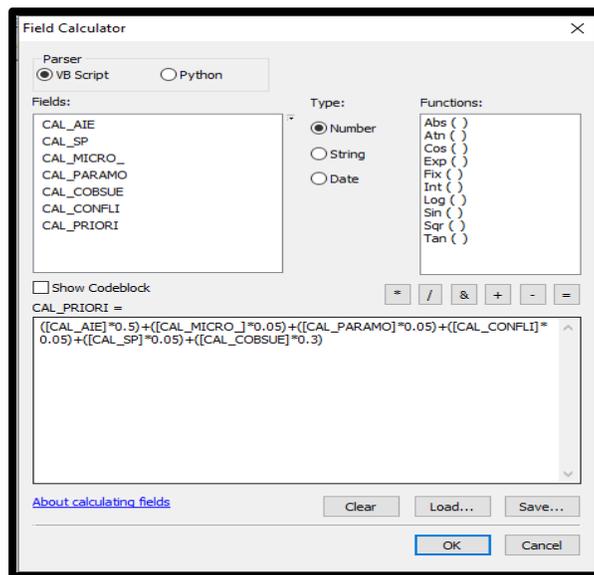


Figura 11. Calculadora de campo con la calificación total.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó una capa con la priorización más alta de color rojo y posteriormente se interceptó con la capa de predios, con la finalidad de identificar visualmente los que tienen una calificación total mayor.

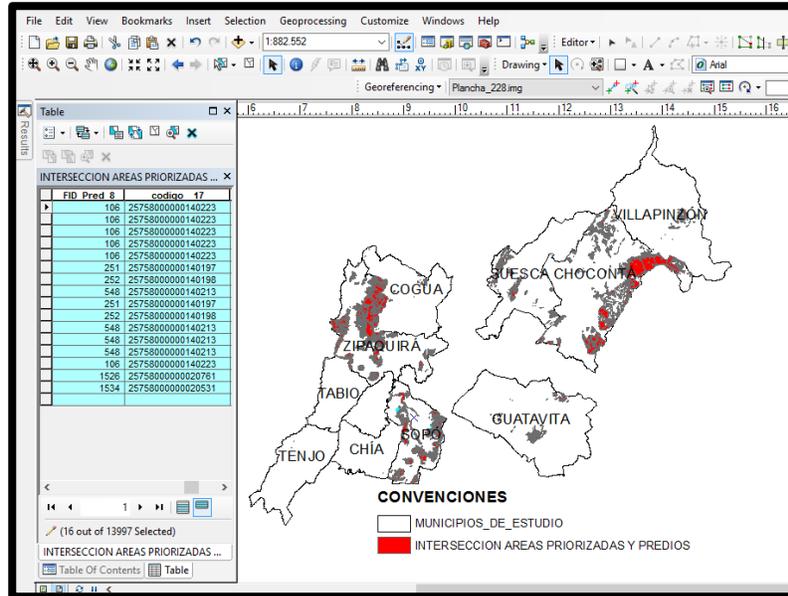


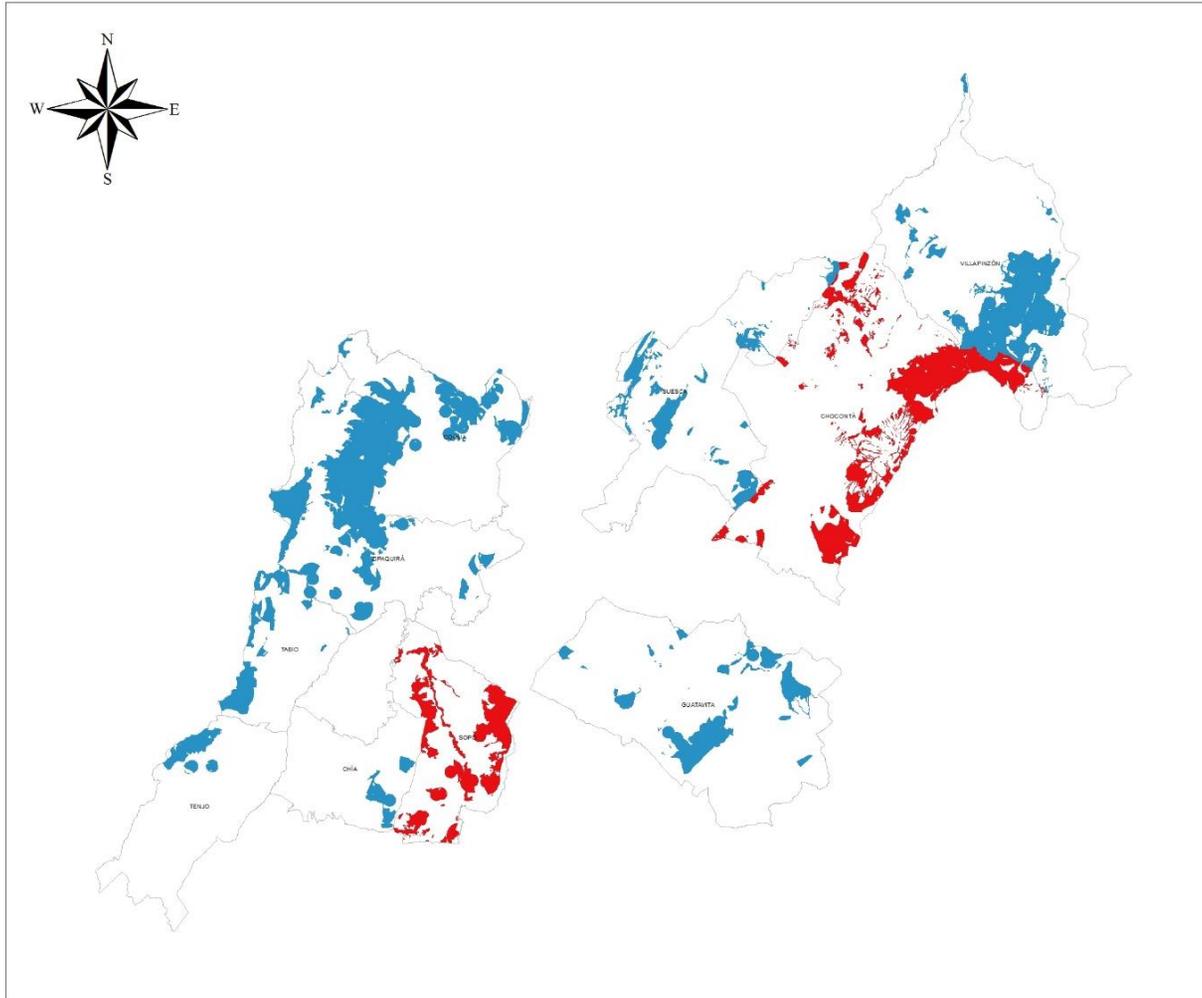
Figura 14. Intersección áreas priorizadas y predios.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, gracias a la priorización e intersección con los predios se encontró que el municipio con los valores más altos fue Sopo y por medio de ArcCatalog se identificó el nombre de los propietarios y más información necesaria para las visitas de campo.

Las salidas gráficas generadas en el trabajo de grado se muestran a continuación:

ÁREAS DE IMPORTANCIA ESTRATEGICA



UNIVERSIDAD DE
LASALLE

MAPA ÁREAS DE
IMPORTANCIA ESTRATEGICA

CONVENCIONES

ÁREAS DE IMPORTANCIA ESTRATEGICA

CAL_AIE

■ 2

■ 3

□ MUNICIPIOS DE ESTUDIO

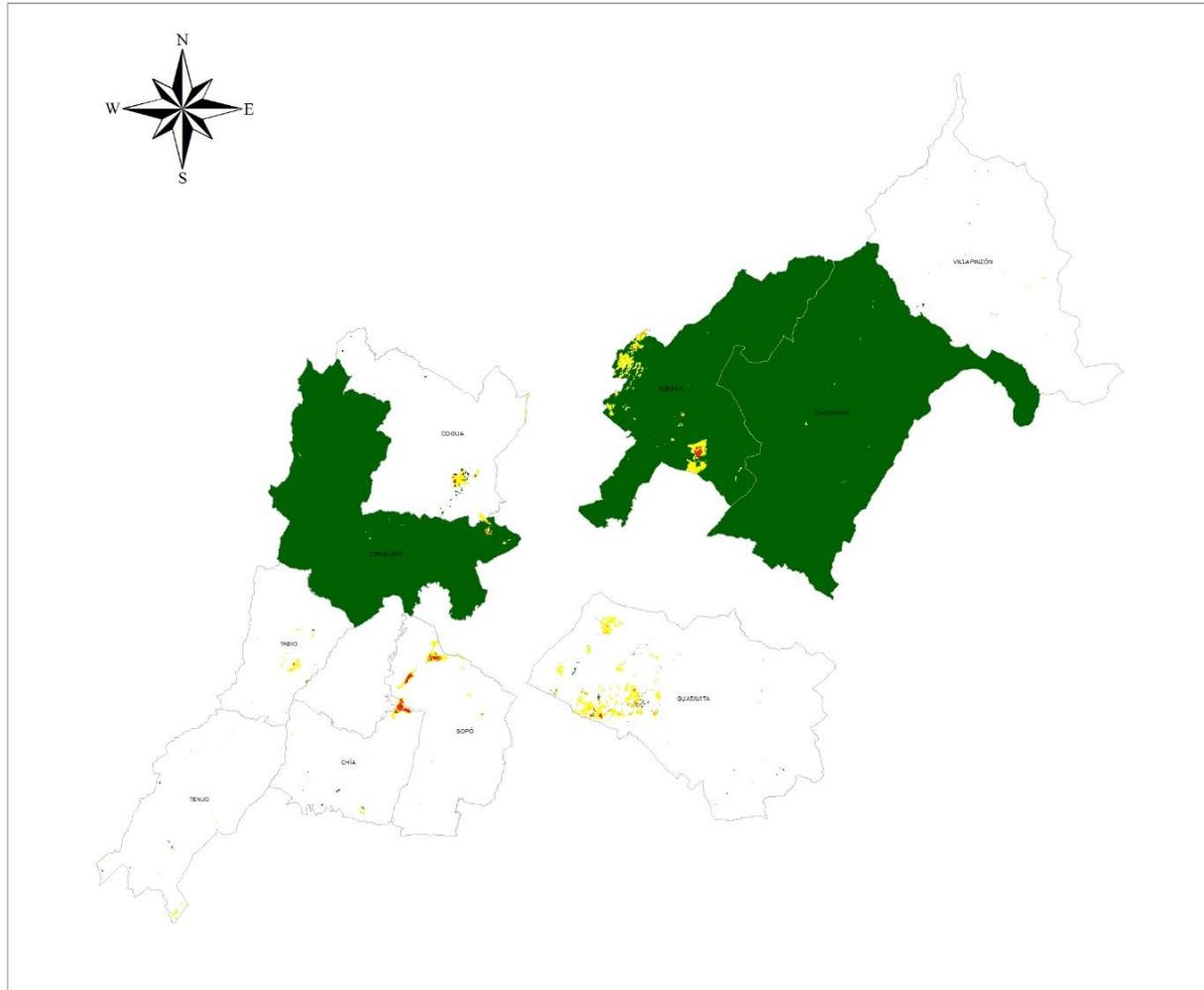
ESCALA: 1:175.000

0 2,755,5 11 16,5 22
Kilometers

ELABORADO POR:
Yuly Tatiana
Roldán Lozano
Adriana Liseth
Chaparro Montañez

Sistema de Proyección
de Coordenadas:
MAGNA Colombia Bogotá

COBERTURA DE SUELO



UNIVERSIDAD DE
LASALLE

MAPA COBERTURA
DE SUELO

CONVENCIONES

 MUNICIPIOS DE ESTUDIO

COBERTURA_SUELO

CAL_COBSUE

 1

 2

 3

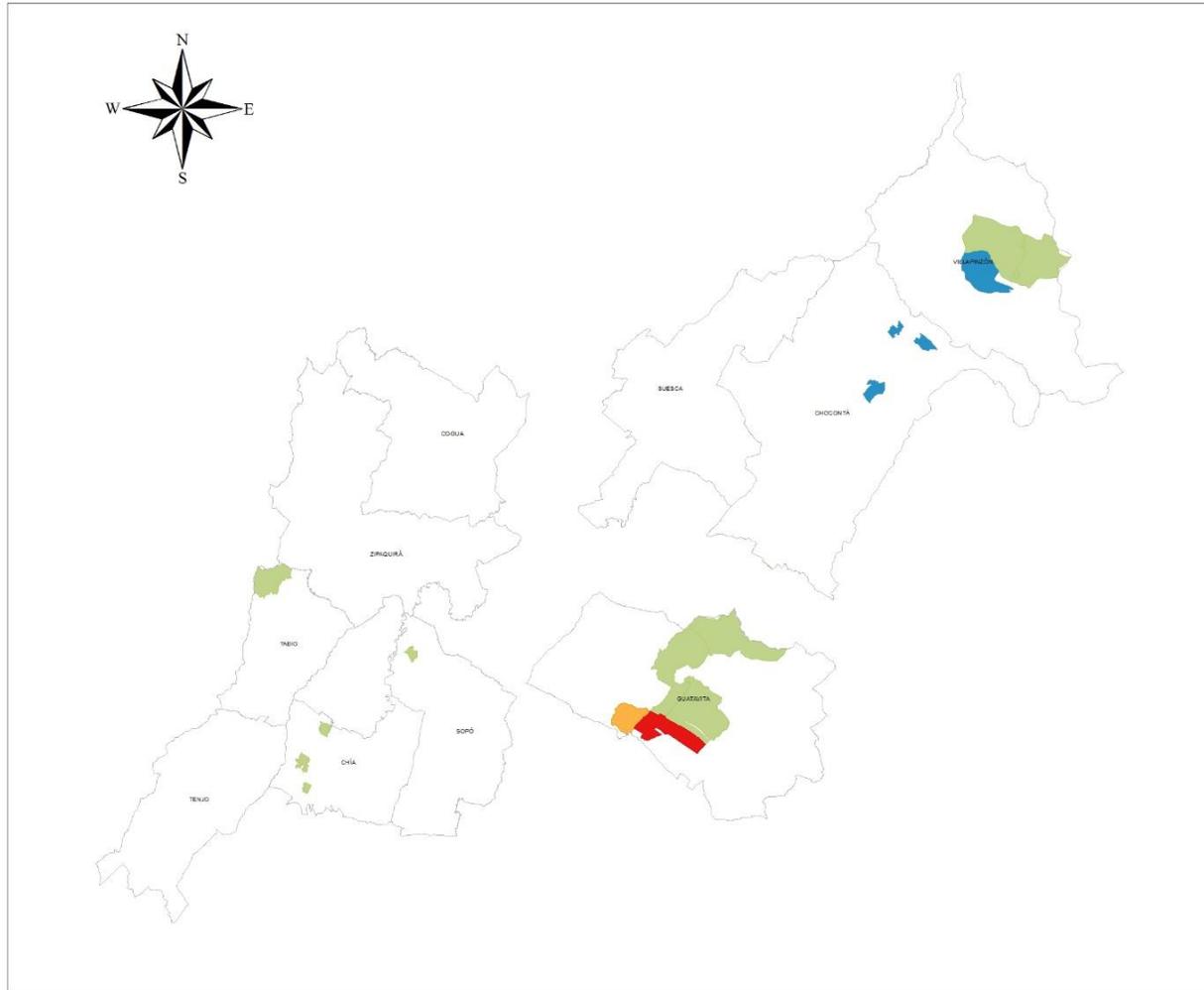
ESCALA: 1:175.000

0 2,5 5 10 15 20
Kilometers

ELABORADO POR:
Yuly Tatiana
Roldán Lozano
Adriana Liseth
Chaparro Montañez

Sistema de Proyección
de Coordenadas:
MAGNA Colombia Bogotá

PROCESOS PRODUCTIVOS INTENSIVOS



UNIVERSIDAD DE
LASALLE

MAPA PROCESOS PRODUCTIVOS INTENSIVOS

CONVENCIONES

□ MUNICIPIOS DE ESTUDIO

PROCESOS PRODUCTIVOS INTENSIVOS

Tipo_de_pr

■ PAPA Y FRESA

■ PAPA Y GANADO

■ FRESA Y GANADO

■ FRESA PAPA Y GANADO

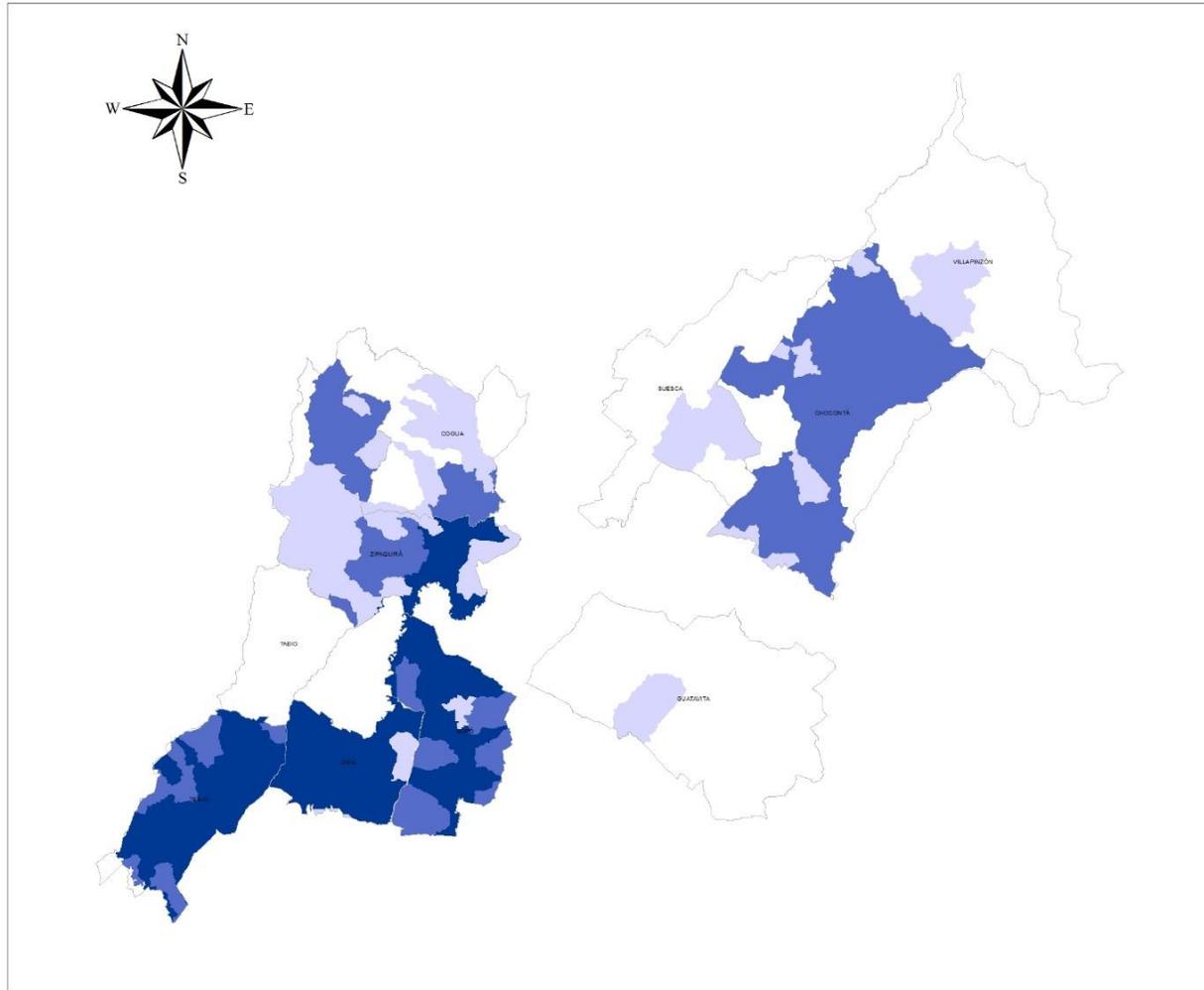
ESCALA: 1:175.000

0 2,5 5 10 15 20
Kilometers

ELABORADO POR:
Yuly Tatiana
Roldán Lozano
Adriana Liseth
Chaparro Montañez

Sistema de Proyección
de Coordenadas:
MAGNA Colombia Bogotá

MICROCUENCAS ABASTECEDORAS



UNIVERSIDAD DE
LASALLE

MAPA MICROCUENCAS
ABASTECEDORAS

CONVENCIONES

□ MUNICIPIOS DE ESTUDIO

MICROCUENCAS_ABASTECEDORAS

CAL_MICRO_

□ 1

■ 2

■ 3

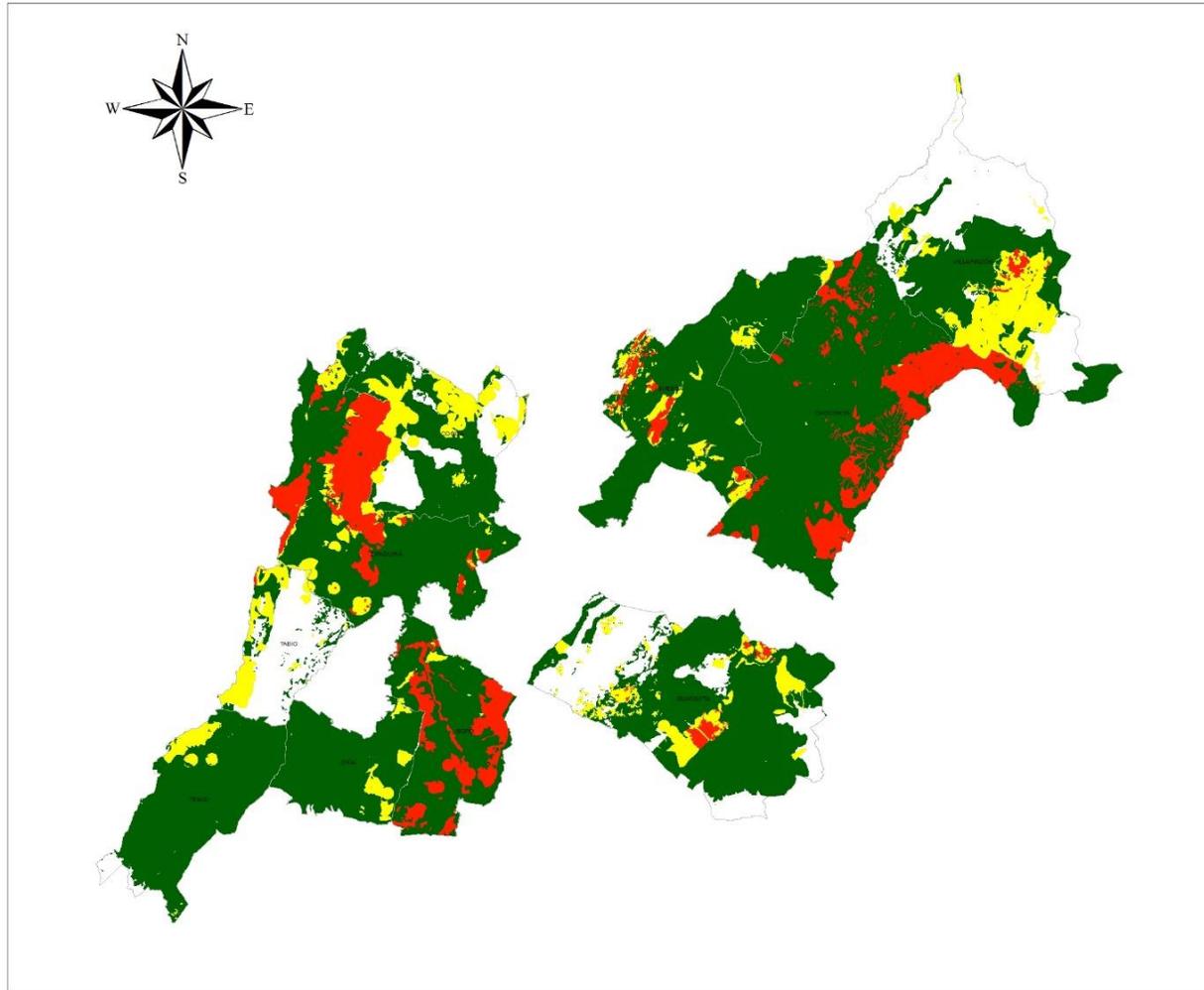
ESCALA: 1:175.000

0 2,5 5 10 15 20
Kilometers

ELABORADO POR:
Yuly Tatiana
Roldán Lozano
Adriana Liseth
Chaparro Montañez

Sistema de Proyección
de Coordenadas:
MAGNA Colombia Bogotá

PRIORIZACIÓN



UNIVERSIDAD DE
LASALLE

MAPA PRIORIZACIÓN

CONVENCIONES

 MUNICIPIOS DE ESTUDIO

PRIORIZACION

CAL_PRIORI

 0,000000 - 0,650000

 0,650001 - 1,350000

 1,350001 - 2,650000

ESCALA: 1:175.000

0 2,5 5 10 15 20
 Kilometers

ELABORADO POR:
Yuly Tatiana
Roldán Lozano
Adriana Liseth
Chaparro Montañez

Sistema de Proyección
de Coordenadas:
MAGNA Colombia Bogotá



ENCUESTA PREDIOS PRIORIZADOS

Nombre: _____

Edad: _____ años. Genero: F__ M__

Identificación: CC__ Numero: _____

Marque con una X el nivel educativo alcanzado:

- a. Ninguno
- b. Primaria
- c. Secundaria
- d. Tecnico
- e. Universitario

Dirección: _____

¿Es propietario del predio? SI__ NO__.

¿Vive en el predio? SI__ NO__.

Tiempo que ha vivido en el predio: _____

¿Actividad económica del predio?

Fuente principal de ingresos?

Fuente secundaria? SI__ NO__.

Si la respuesta anterior fue si, puede especificar ¿cuál?

¿Ingresos totales anuales?

¿Cuántos integrantes son en su familia? _____

¿Número de hijos? _____

¿Qué personas dependen económicamente de usted?

Acceso a servicios de salud: _____

¿Qué tipo de actividad productiva se presenta en el predio? (Ej:Papa, fresa, ganaderia)

¿Cuál es el area de la actividad productiva? _____ hectáreas.

¿Cuánto fue la inversion de la actividad productiva?

¿Cuál es el tamaño de la producción anualmente?

¿Cuánto es el costo de operación anualmente?

¿Cuál es el precio del producto? (Ej: \$/Kg o \$/Ton)

¿Cuánto es la cantidad producida anualmente?

Carga impositiva: ¿Cuáles impuestos tiene que pagar?

¿Cuánto es el total de los impuestos anualmente?

¿Qué tipo de servicio ecosistémico reconoce?

¿Aceptaría el incentivo en especie o en dinero? Dinero__ Especie__

¿Si es en especie cómo?

¿Aceptaría una cifra de pago anual por dejar de producir? Para rehabilitar el ecosistema natural
SI__ NO __. ¿Por qué?

Si la respuesta anterior fue si, ¿Cuánto? Marque alguno de los siguientes rangos:

- a. Menor de \$200.000
- b. De \$200.001 a \$400.000
- c. De \$400.001 a \$600.000
- d. De \$600.001 a \$800.000
- e. Mayor a \$800.001

ANEXO D

Cartas de permiso para el acompañamiento y apoyo para realizar las encuestas en el municipio de Sopo.

SOPO, CUNDINAMARCA.
14 DE SEPTIEMBRE DE 2017

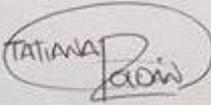
Alcaldía Especial
Hora: 11:52 am
Fecha: 14/09/2017
Recibido Edua R
SOPO 7161

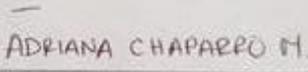
Dirigida a:
SECRETARIA DE AMBIENTE NATURAL

Cordial Saludo Paulo Prieto Carranza

Nosotras Yuly Tatiana Roldán Lozano y Adriana Liseth Chaparro Montañez, identificadas con cedula de ciudadanía 1.118.562.398 y 1.015.454.188, testistas de pregrado de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad de la Salle; solicitamos por medio de la presente el acompañamiento de un profesional de la UMATA con el fin de realizar unas encuestas a predios identificados como Áreas de Importancia Estratégica para la conservación del recurso hídrico, cabe aclarar que el fin es estrictamente académico.

Gracias por la atención prestada y pronta respuesta.


Yuly Tatiana Roldán Lozano
CC: 1.118.562.398
Tel: 3107728510
Correo: yroldan44@unisalle.edu.co


Adriana Liseth Chaparro Montañez
CC: 1.015.454.188
Tel: 3213650795
Correo: achaparro13@unisalle.edu.co



TECNICAS AMBIENTALES SOBRE NECESIDADES DE LA COMUNIDAD



Fecha de Servicio: 14/01/17 Vereda: Centro alto
 Nombre Propietario: _____ Identificación: _____
 Nombre Quien Atendió: Jose Romero Identificación: _____
 Arrendatario: Administrador: _____ Empleado: _____ Otro: _____
 Nombre del Predio: La Penya Email: _____
 Coordenadas X _____ Y _____

Asistencia Reprogramada: SI NO Fecha: _____

MOTIVO DE ASISTENCIA		
<input type="checkbox"/> P.Q.R.	<input type="checkbox"/> Seguimiento y control	<input type="checkbox"/> Contravención Ambiental
<input checked="" type="checkbox"/> Acompañamiento Técnico	<input type="checkbox"/> Asistencia Técnica	<input type="checkbox"/> Otro: Cual?

Actividad Encontrada o Hallazgo:
Visita a predio: la denia. Ubicado en el Sector Rincon Santo vereda Centro alto acompañamiento a estudiantes de la universidad de la Salle para programa de Pagos por Servicios ambientales y de estudio.
Adriana Chaparro
Tatiana Boldan

Actividad Realizada:
Acompañamiento a predio la denia con las estudiantes antes descritas.

Requiere Medida Preventiva:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Requiere Seguimiento por parte de la Subsecretaria	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>

Firma: TATIANA BOLDAN
YULY TATIANA COLOAN LOIANO
 Nombre Quien Atendió
 C.C. 1118562398
 Tel. 310728510

Firma: Sandra Cortes Lopez
 Nombre quien Realizo el Servicio
Profe de Apoyo Secretaria Ambiente Natural



Alcaldía Municipal, Carrera 3 No. 2-45, Parque Principal, Sopo, Cundinamarca
 Teléfonos 587 6644 / 857 2143 / 857 2656 Fax. Extensión 624
 www.sopo-cundinamarca.gov.co

ANEXO E

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía número: 1



Fecha: 06/06/17

Descripción: Foro público sobre PSA, retos y oportunidades.

Fotografía número: 2



Fecha: 06/06/17

Descripción: Evidencia de foro público sobre PSA, retos y oportunidades.

Fotografía número: 3



Fecha: 28/09/17

Descripción: Foro incentivos a la conservación, enfoques y perspectivas PSA.

Fotografía número: 4



Fecha: 28/09/17

Descripción: Evidencia de foro incentivos a la conservación, enfoques y perspectivas PSA.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía número: 5



Fecha: 28/09/17

Descripción: Gobernador de Cundinamarca en el foro incentivos a la conservación.

Fotografía número: 6



Fecha: 28/09/17

Descripción: Panelistas en el foro incentivos a la conservación.

Fotografía número: 7



Fecha: 29/09/17

Descripción: Identificación de cultivos en Sopo.

Fotografía número: 8



Fecha: 29/09/17

Descripción: Identificación de ganadería en Sopo.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía número: 9



Fecha: 29/09/17

Descripción: Realización de la encuesta

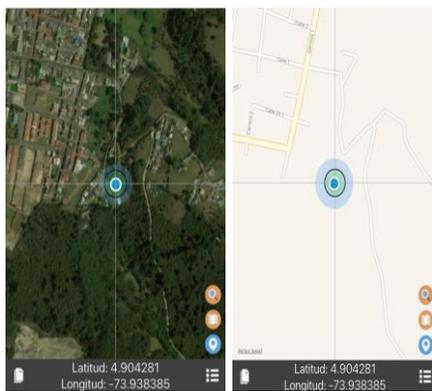
Fotografía número: 10



Fecha: 29/09/17

Descripción: Realización de la encuesta

Fotografía número: 11



Fecha: 05/10/17

Descripción: Ubicación geográfica del predio utilizando la aplicación CORDINATES.

Fotografía número: 12

LATITUD: DD.DDD LONGITUD: DD.DDD

Latitud: 4.904281
Longitud: -73.938385

DD.DDD,DD.DDD

4.904281,-73.938385

N DD° MM' SS.SSS" E DD° MM' SS.SSS"

N 4° 54' 15.412252"
W 73° 56' 18.185558"

DD° MM' SS" N DD° MM' SS" E

4° 54' 15" N
73° 56' 18" W

Fecha: 05/10/17

Descripción: Coordenadas del predio utilizando la aplicación CORDINATES.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía número: 13



Fecha: 05/10/17

Descripción: Primer acercamiento al predio.

Fotografía número: 14



Fecha: 11/10/17

Descripción: Identificación de cuerpo de agua junto al predio.

Fotografía número: 15



Fecha: 11/10/17

Descripción: Identificación de nacedero de agua presente en el predio.

Fotografía número: 16



Fecha: 11/10/17

Descripción: Acompañamiento del administrador del predio y la encargada de la alcaldía de Sopo en el recorrido por el predio.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía número: 17



Fecha: 11/10/17

Descripción: Casa dentro del predio.

Fotografía número: 18



Fecha: 11/10/17

Descripción: Cobertura boscosa, dentro del predio.

Fotografía número: 19



Fecha: 11/10/17

Descripción: Cobertura boscosa, dentro del predio.

Fotografía número: 20



Fecha: 28/09/17

Descripción: Cobertura boscosa, dentro del predio.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía número: 21



Fecha: 11/10/17

Descripción: Cobertura boscosa, dentro del predio.

Fotografía número: 22



Fecha: 11/10/17

Descripción: Fauna nativa de la región dentro del predio.

Fotografía número: 23



Fecha: 28/09/17

Descripción: Perdida de cobertura boscosa para la actividad productiva.

Fotografía número: 24



Fecha: 25/10/17

Descripción: Participación al primer GISDay elaborado por la Universidad de la Salle.

ANEXO F

Identificación, delimitación y priorización de las áreas de importancia estratégica asociadas a procesos de degradación. Para efectos de la implementación de esquemas de pago por servicios ambientales por parte de las entidades territoriales, las autoridades ambientales deberán previamente identificar, delimitar y priorizar las áreas de importancia estratégica, con base en la información contenida en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, planes de manejo ambiental de microcuencas, planes de manejo ambiental de acuíferos o en otros instrumentos de planificación ambiental relacionados con el recurso hídrico y la degradación de los mismos.

Para la identificación, delimitación y priorización de las áreas de importancia estratégica asociadas a procesos de degradación se deberán evaluar, los siguientes criterios:

1. Proporción de las áreas de importancia estratégica identificadas, delimitadas y priorizadas por las entidades territoriales.
2. Proporción de conflicto de uso del suelo, específicamente sobreuso extremo y sobreuso moderado.
3. Presencia de procesos productivos intensivos que se presentan en el territorio.
4. Proporción del concepto suelo el cual identifica zonas específicas de degradación significativa de los suelos; degradación por pérdida de cobertura natural, erosión muy severa, minería a cielo abierto y las que sean convenientes adicionar.
5. Proporción de microcuencas abastecedoras que se refiere a aquellas microcuencas que presentan puntos de suministro de agua.
6. Presencia de páramos en el territorio.

La intersección de estos criterios con su respectiva ponderación de importancia define la priorización de las áreas de importancia estratégica asociadas a procesos de degradación.

*En ausencia de los instrumentos de que trata el presente apartado o cuando en éstos no se hayan proporcionado información de los criterios para la priorización de las áreas de importancia estratégica asociadas a procesos de degradación, la entidad territorial deberá solicitar a la autoridad ambiental competente que priorice dichas áreas.

Selección de predios. Las entidades territoriales con el apoyo técnico de la autoridad ambiental de su jurisdicción, deberán seleccionar al interior de las áreas de importancia estratégica identificadas, delimitadas y priorizadas por la autoridad ambiental competente, los predios a recuperar con el pago por servicios ambientales.

Para la selección de los predios se deberán evaluar, los siguientes criterios, sin perjuicio de otros adicionales que podrá definir mediante acto administrativo el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:

1. Población beneficiados con la recuperación del área estratégica dentro de la cual está ubicado el predio.
2. Presencia en el predio de corrientes hídricas, manantiales, afloramientos y humedales.
3. Importancia del predio en la recarga de acuíferos o suministro hídrico.
4. Grado de amenaza de los ecosistemas naturales por presión antrópica.
5. Ecosistemas naturales con pérdida de cobertura natural o conflicto de uso del suelo.
6. Fragmentación de la conectividad ecosistémica.
7. Incidencia del predio en la calidad del agua que reciben los acueductos beneficiados.

Esquemas de pago por servicios ambientales para la recuperación de áreas de importancia estratégica asociadas al recurso hídrico. Para la implementación de los esquemas de pago por servicios ambientales se deben considerar como mínimo los siguientes elementos:

1. Selección de los predios objeto del incentivo. Una vez seleccionados los predios con base en los criterios establecidos anteriormente, las entidades territoriales deberán tener en cuenta las siguientes directrices:
 - a. Se priorizará la aplicación del incentivo a la recuperación de las coberturas vegetales naturales.
 - b. Se privilegiarán los predios de propietarios y poseedores regulares de menos ingresos.
 - c. Se priorizarán los predios que a partir de su uso actual y en ausencia del esquema de pago por servicios ambientales, presenten un mayor riesgo futuro de deterioro.
 - d. Para el reconocimiento del incentivo en el caso de recuperación y restauración de predios, se debe priorizar los predios seleccionados que no estuvieron cubiertos de ecosistemas naturales en mayor proporción.

Para la determinación del valor único del incentivo a reconocer en cada área de importancia estratégica, en dinero o en especie, la entidad territorial tendrá en cuenta los siguientes elementos:

- a. El costo de oportunidad, que servirá como punto de referencia, se calculará para las actividades productivas más representativas en las áreas de importancia estratégica, para lo cual se utilizará alguna de las siguientes opciones:
 - i. El equivalente a los beneficios económicos netos que se generan por el uso del suelo en las actividades productivas antes señaladas.
 - ii. El valor de la renta de la tierra, para las actividades productivas antes señaladas.
- b. Transferencia de beneficios utilizando el paquete estadístico y econométrico Eviews.
- c. Para la determinación del máximo valor anual del incentivo a reconocer por hectárea, se seleccionará el menor costo de oportunidad promedio del área de importancia estratégica y el costo de transferencia de beneficios. Este valor no podrá superar el 15% del avalúo comercial promedio por hectárea en recuperación de los predios ubicados en el área de importancia estratégica. Será más costo eficiente la aplicación del incentivo en la medida que cubra una mayor cantidad del área a un menor valor.

ANEXO G

ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y ECONOMETRICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS A LOS PREDIOS PRIORIZADOS

El siguiente apartado describe el desarrollo para realizar un análisis estadístico y econométrico de los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los predios priorizados, donde se utilizó Eviews para su ejecución, conviene subrayar que Eviews es un paquete estadístico y econométrico que ofrece una fácil conexión entre el usuario y el análisis de datos económicos, adicional a esto Eviews incorpora un amplio abanico de instrumentos de gran utilidad en el análisis estadístico y econométrico recogidos en un sistema de menús de rápido acceso (Gonzalo, 2014).

El programa se puede dividir en cuatro grandes áreas:

- a. La barra de menús contiene las opciones que permiten gestionar los ficheros, ejecutar tareas de edición, calcular estadísticos descriptivos de las variables o llevar a cabo estimaciones de relaciones entre variables.
- b. En la línea de comandos el usuario puede escribir instrucciones en el lenguaje de Eviews.
- c. La pantalla de visualización de los resultados donde se recogen mediante pequeñas ventanas el contenido de los diferentes ficheros de datos que se estén utilizando y los resultados de calculo que se vayan ejecutando.
- d. La barra de estado aparece información sobre el subdirectorio (Path) que por defecto tiene especificado el programa, la base de datos (DB) que se esté utilizando y el fichero de datos (WF) que tiene abierto.

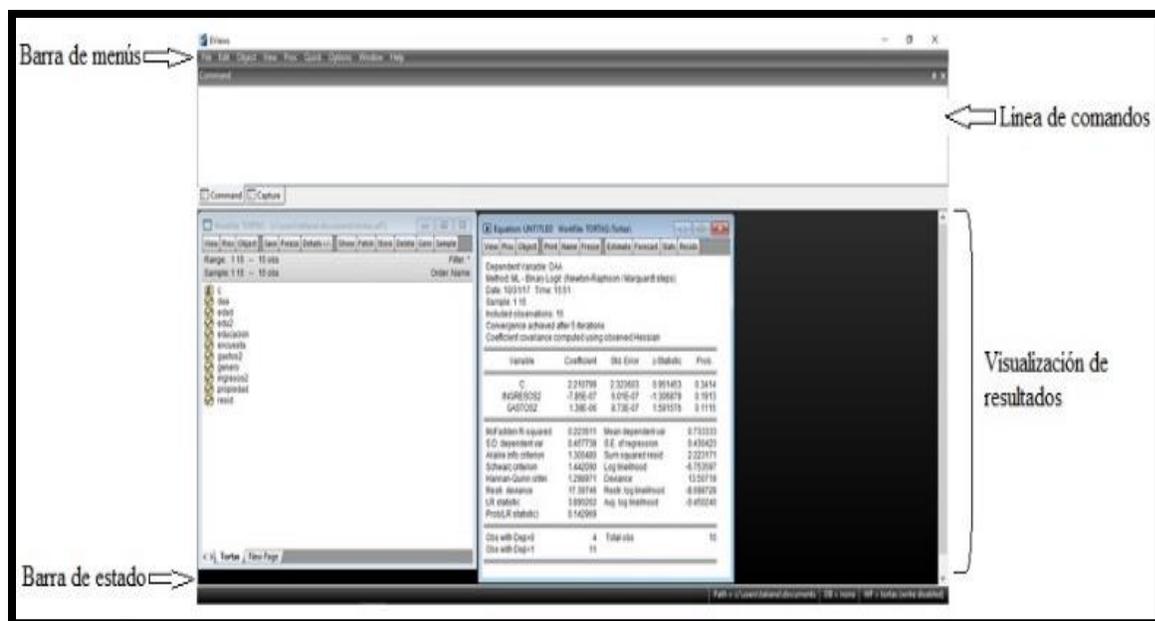


Figura 1. Barras de herramientas de Eviews.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Gonzalo, 2014)

Teniendo en cuenta las bases anteriores del programa, para dar inicio al análisis se importan datos de la siguiente manera: en la barra de menú File > Import > Read Tect-Lotus-Excel > Tabla de Excel resultados encuestas realizadas a predios priorizados², obteniendo como resultado un nuevo fichero de trabajo llamado Workfile.

Tabla 124. Resultados obtenidos por las encuestas

Encuesta (UN)	Propiedad (1=SI y 0=NO)	Genero (1=M y 0=F)	Edad (años)	Educación (años cursados)	Ingresos2 (millones)	Gastos2 (millones)	DAA (1=SI y 0=NO)
1	0	0	58	5	\$2.160.000	\$1.000.000	1
2	1	0	41	11	\$3.600.000	\$1.700.000	1
3	0	0	55	5	\$4.200.000	\$1.900.000	0
4	1	0	39	11	\$5.500.000	\$2.000.000	1
5	1	1	61	5	\$6.000.000	\$1.870.000	1

² Es importante aclarar que para importar los datos la hoja de Excel debe estar cerrada

Encuesta (UN)	Propiedad (1=SI y 0=NO)	Genero (1=M y 0=F)	Edad (años)	Educación (años cursados)	Ingresos2 (millones)	Gastos2 (millones)	DAA (1=SI y 0=NO)
6	1	1	42	13	\$6.700.000	\$2.220.000	1
7	1	1	54	5	\$7.100.000	\$1.650.000	0
8	0	1	57	5	\$7.900.000	\$2.380.000	0
9	0	1	33	5	\$8.200.000	\$4.200.000	1
10	1	1	39	5	\$9.150.000	\$4.550.000	0
11	0	1	53	5	\$9.855.000	\$4.700.000	1
12	1	1	40	16	\$16.200.000	\$10.800.000	1
13	1	1	53	5	\$19.300.000	\$12.100.000	1
14	1	1	59	5	\$12.100.000	\$7.180.000	1
15	0	1	63	5	\$10.570.000	\$6.000.000	1

Fuente: Elaboración propia

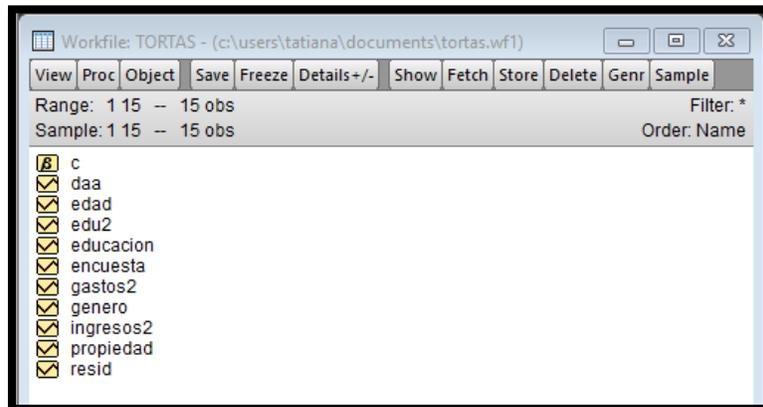


Figura 2. Workfile de resultados en las encuestas.

Fuente: Elaboración propia

Dicho lo anterior se establece la ecuación determinando las variables dependientes e independientes que se acomoden de la mejor manera para el desarrollo de modelo que se quiere obtener. En este caso se escogieron las variables de ingresos y gastos por ser las que permiten desarrollar el modelo.

De modo que en la barra de menús se seleccionó la opción Quick > Estimate Equation, así mismo redactando la ecuación iniciando con la variable dependiente seguido se pone la consonante “c” adicionando las variables independientes y por último eligiendo dentro de esta opción el tipo de modelo a utilizar > Modelo Binario y en el método de estimación puntual > Logic > Aceptar.

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	2.210799	2.323603	0.951453	0.3414
INGRESOS2	-7.85E-07	6.01E-07	-1.306879	0.1913
GASTOS2	1.39E-06	8.73E-07	1.591576	0.1115

McFadden R-squared	0.223611	Mean dependent var	0.733333
S.D. dependent var	0.457738	S.E. of regression	0.430423
Akaike info criterion	1.300480	Sum squared resid	2.223171
Schwarz criterion	1.442090	Log likelihood	-6.753597
Hannan-Quinn criter.	1.298971	Deviance	13.50719
Restr. deviance	17.39746	Restr. log likelihood	-8.698728
LR statistic	3.890262	Avg. log likelihood	-0.450240
Prob(LR statistic)	0.142969		

Obs with Dep=0	4	Total obs	15
Obs with Dep=1	11		

Figura 3. Resultados de la ecuación propuesta

Fuente: Elaboración propia

El resultado arrojado por el modelo con respecto al coeficiente es utilizado posteriormente para la determinación de la probabilidad de aceptar un pago según las variables independientes utilizadas. A continuación, se presenta la determinación de esta probabilidad en la siguiente tabla:

Tabla 2. Determinación de la probabilidad de aceptar un pago

	Promedio	Coefficiente	Parámetro	Probabilidad	Porcentaje
	de calculo				
Ingresos	8.569.000	-0,000000785	-6,726665	5,28043E-06	0,0005280%
Gastos	4.283.333	0,000001390	5,95383287	8,27583E-06	0,0008276%

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla anterior se puede concluir que aumenta la probabilidad de aceptar un pago según las variables independientes ingresos y gastos.

Para obtener las estadísticas entorno al nivel de confianza de los datos se seleccionaron las variables ingresos y gastos con el cursor y presionando al mismo tiempo la tecla Ctrl, finalizando la acción con la tecla Enter. Arroja un Workfile, en la opción View > Statistic dando como resultado:

Expectation-Prediction Evaluation for Binary Specification
Equation: UNTITLED
Date: 10/31/17 Time: 15:51
Success cutoff: C = 0.5

	Estimated Equation			Constant Probability		
	Dep=0	Dep=1	Total	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)≤C	2	0	2	0	0	0
P(Dep=1)>C	2	11	13	4	11	15
Total	4	11	15	4	11	15
Correct	2	11	13	0	11	11
% Correct	50.00	100.00	86.67	0.00	100.00	73.33
% Incorrect	50.00	0.00	13.33	100.00	0.00	26.67
Total Gain*	50.00	0.00	13.33			
Percent Gain**	50.00	NA	50.00			

	Estimated Equation			Constant Probability		
	Dep=0	Dep=1	Total	Dep=0	Dep=1	Total
E(# of Dep=0)	1.79	2.21	4.00	1.07	2.93	4.00
E(# of Dep=1)	2.21	8.79	11.00	2.93	8.07	11.00
Total	4.00	11.00	15.00	4.00	11.00	15.00
Correct	1.79	8.79	10.58	1.07	8.07	9.13
% Correct	44.77	79.92	70.54	26.67	73.33	60.89
% Incorrect	55.23	20.08	29.46	73.33	26.67	39.11
Total Gain*	18.10	6.58	9.65			

Figura 4. Estadísticas del nivel de confianza

Fuente: Elaboración propia

Todo esto parece confirmar que el poder productivo del modelo tiene un nivel de confianza de 86.67% dando la certeza y validez de los datos recolectados.

Adicionalmente, para obtener los límites superiores e inferiores de la disposición a pagar es necesario hallar alfa y la disposición a aceptar para la recuperación (daar), por medio de la tabla de los datos de entrada en la opción Generate desplegando una ventana llamada Generate Series by Equation y dentro del cuadro de comandos se describió la ecuación utilizada para generar alfa teniendo presente que las variables se deben escribir como las genera el modelo es decir como

variables explicativas donde la letra es el nombre que le asigna el modelo y el número es la posición en la que se encuentra, obteniendo como resultado la siguiente información:

Last updated: 10/31/17 - 16:02	
Modified: 1 15 // alfa=c(1)+c(3)*gastos2	
1	3.600289
2	4.572932
3	4.850830
4	4.989779
5	4.809145
6	5.295467
7	4.503458
8	5.517785
9	8.046657
10	8.532978
11	8.741401
12	17.21729
13	19.02363
14	12.18734
15	10.54774

Figura 5. Resultados de alfa

Fuente: Elaboración propia

En definitiva, el ingreso nos permitió calcular la disposición a pagar, para lograr esto se dispuso a realizar la ecuación para determinar el daaar de la misma forma.

Last updated: 10/31/17 - 16:04	
Modified: 1 15 // daaar=@mean(alfa,"1 15")/c(2)	
1	10395173
2	10395173
3	10395173
4	10395173
5	10395173
6	10395173
7	10395173
8	10395173
9	10395173
10	10395173
11	10395173
12	10395173
13	10395173
14	10395173
15	10395173

Figura 6. Resultados DAAR

Fuente: Elaboración propia

Y por último se procedió a efectuar la fórmula para determinar los límites tanto superior como inferior, sin embargo, es necesario en la hoja de datos de la variable ingresos ingresar en la opción View > Descriptive statistics > Histogram obteniendo los valores de la desviación estándar y la media.

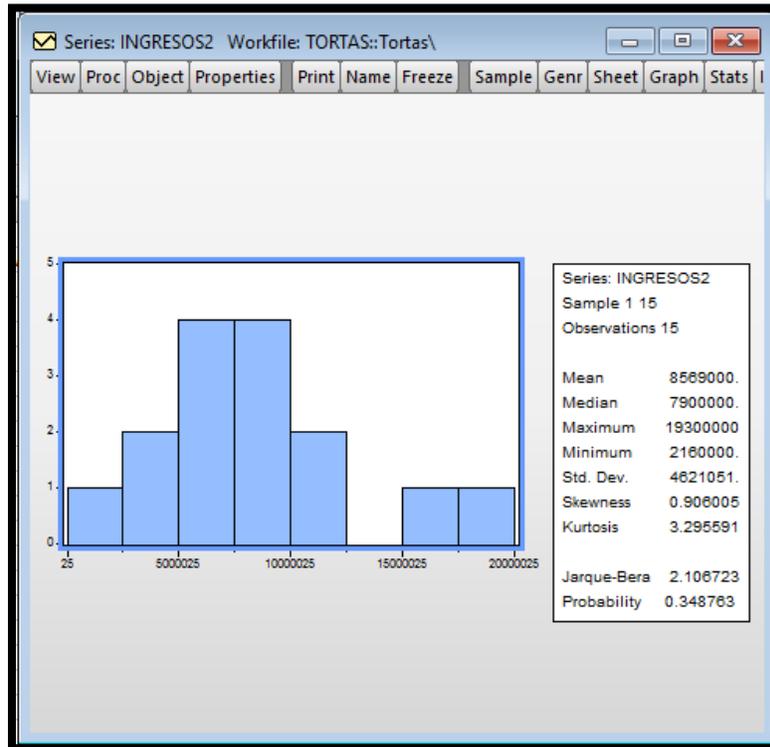


Figura 7. Histograma de Ingresos

Fuente: Elaboración propia

Llegados a este punto se finaliza el cálculo de la disposición a pagar con los valores de los límites superior e inferior.

Ecuación 1. Ecuación de límites superior e inferior

$$Límites = \left[\bar{x} \pm Z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right]$$

\bar{x} = Media aritmética

Z = Valor crítico

σ = Desviación estándar

n = Tamaño de la muestra

Tabla 3. Límites de la disposición a pagar

Límite Inferior	Límite Superior
\$ 8.056.599	\$ 12.733.747

Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados obtenidos a lo largo del cálculo de la disposición a pagar se identificó que, entre más ingresos y gastos por parte de los propietarios de los predios priorizados, así mismo aumenta la probabilidad que el propietario acepte el pago por la recuperación.