



ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL PAISAJE EN EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES
ECONÓMICAS DE UNA REGIÓN COMO LA CUENCA HIDROGRÁFICA DE TONA,
SANTANDER

Modalidad: monografía

ANIBAL ADARME VALBUENA
CC: 84095981

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería en Topografía
Bucaramanga: 06-10-2022



Análisis de la influencia del paisaje en el desarrollo de actividades económicas de una región
como la cuenca Hidrográfica de Tona, Santander
Monografía

ANIBAL ADARME VALBUENA
CC: 84095981

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Topógrafo**

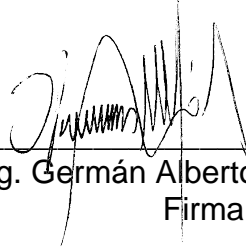
DIRECTOR
M.Sc CLARA INES TORRES VASQUEZ

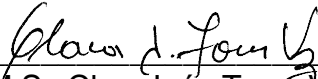
Grupo de investigación – GRIMAT

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería en Topografía
Bucaramanga: 06-10-2022

Nota de Aceptación

Aceptado


Ing. Germán Alberto Suárez Arias
Firma del Evaluador


M.Sc Clara Inés Torre Vásquez
Firma del Director

Scanned by CamScanner

DEDICATORIA

Dedico este triunfo a Dios Gracias a Él pude terminar mi carrera profesional a mis padres Anibal y Alejandrina a mi hijo Matias Dalessandro a mis hermanos Melissa Jonathan Anny Alejandra y mi sobrina Valeria uds son el motor de mi vida a mis Compañeros y Amigos al cuerpo de Profesores de la UTS (Bucaramanga) por acompañarme en este proceso de alcanzar un sueño.

AGRADECIMIENTOS

Hoy que termino mis estudios profesionales me llena de orgullo esta etapa en mi vida por el sacrificio, esfuerzo y dedicación a veces incomprendido. agradezco a mis padres Anibal y Alejandrina, mi hijo Matias Dalessandro, hermanos, sobrina, compañeros, profesores y mis amigos. Gracias por acompañarme en este proceso, sé que es el comienzo de una vida de Éxitos con el favor de Dios. este triunfo será el comienzo de muchos más.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	9
INTRODUCCIÓN.....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.2. JUSTIFICACIÓN	13
1.3. OBJETIVOS	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2. MARCO REFERENCIAL	15
3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....	21
4. RESULTADOS.....	22
5. CONCLUSIONES.....	477
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	499

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación nacional y regional de la cuenca del río Lebrija y subcuencas (OSORIO Y SALAZAR, 2006).....	16
Figura 2. Balance hídrico potencial en el río Tona (CDMB, 2020).....	20
Figura 3. Plan realizado para la monografía.....	21
Figura 4. Mapa topográfico de la zona CJSB (fuente: topographic-map.com, búsqueda <i>Páramo de Santurbán, Mutiscua, Norte de Santander, Colombia coordenadas 7.32031 -72.82489</i>).....	25
Figura 5. Delimitación de la zona del páramo Santurbán-Berlín (Sarmiento et al, 2014).....	26
Figura 6. Criterios con componentes biofísicos del páramo Santurbán (CDMB, 2015).....	30
Figura 7. Selección de umbrales según probabilidad de presencia de frailejones (verde) y especies arbustivas o arbóreas (lila) en la propuesta de delimitación (Hijmans <i>et al.</i> , 2005 y SARMIENTO <i>et al.</i> , 2014).....	32
Figura 8. Propuesta de delimitación según funcionalidad: páramo delimitado (verde), restauración del páramo (amarillo) y agricultura sostenible (naranja) (fuente: MADS).....	33
Figura 9. Criterios de resolución espacial y tecnología del páramo Santurbán (CDMB, 2015).....	35
Figura 10. Delimitación del páramo de Santurbán en escala a nivel de detalle 1:25.000 (CDMB, 2015).....	36
Figura 11. Municipios de Veta, California y Suratá en zonas mineras año 2018 (HOYOS Y PÉREZ, 2021).....	39
Figura 12. Superficie zona Sur del páramo Santurbán en el año 2019 (HOYOS y PÉREZ, 2021).....	41

Figura 13. Fuentes hídricas en zona Norte paramuna año 2019 (HOYOS y PÉREZ,
2021).....42

RESUMEN EJECUTIVO

El componente geofísico por medio del Sistema de Información Geográfica (SIG), así como el procesamiento y generación de la información cartográfica se aborda en esta monografía con el fin de analizar la influencia sobre el desarrollo socioeconómico de la cuenca del río Tona (Santander). En este sentido se presentan los criterios que se han estudiado para la planificación, gestión de uso y aprovechamiento de recursos naturales, prevención de la contaminación hídrica y planes de desarrollo de la región. Las fuentes consultadas fueron principalmente los datos de la CDMB, CORPONOR, planes de desarrollo, tesis y artículos sobre geología de páramos y alta montaña en Santander y Norte de Santander, así como características y ordenamiento territorial de la cuenca hidrográfica en cuestión. La delimitación de las áreas protegidas cumple la función de amortiguar el uso del recurso hídrico, lo cual restringe principalmente las actividades de minería subterránea en el páramo de Santurbán, lo que implica una demanda hídrica alta y descargas de líquidos y sólidos tóxicos. De modo que actualmente se realizan estudios para el diagnóstico, formulación e implementación de planes turísticos sin afectar las especies endémicas de los bosques paramunos. Además, en la zona de subpáramo se observan actividades de agricultura, pecuaria y minería para aprovechar las altas precipitaciones de la zona, aunque deben ser monitoreadas con el fin de controlar la erosión y la contaminación de zonas protegidas cercanas.

PALABRAS CLAVE: páramo Santurbán, geomorfología, cuenca hidrográfica, cartografía alta montaña

INTRODUCCIÓN

Una de las preocupaciones actuales relacionada con la erradicación de la pobreza y el crecimiento poblacional es el desarrollo sostenible a nivel mundial. Este involucra varios factores que deben ser considerados como son el desarrollo económico, sostenibilidad ambiental y la inclusión social como objetivos para el bienestar humano. Sin embargo, la ruta para alcanzar estos objetivos difiere dentro de las sociedades de acuerdo con los riesgos que se puedan presentar en torno al ambiente, las amenazas asociadas a la dinámica terrestre y las economías emergentes a nivel local. En este sentido la geología es un campo relevante que aporta información valiosa para cumplir los objetivos de desarrollo sostenible en el mundo, los cuales presentan tres pilares primordiales en la sociedad: protección del medio ambiente, desarrollo social y crecimiento económico.

Es mediante la geología que se puede garantizar un suministro de agua limpia y definir su duración, así como la exploración y administración de los recursos energéticos y minerales a nivel terrestre y marino e incluso la prevención de los riesgos naturales para garantizar el aprovechamiento de los suelos agrícolas (POSADA, 2019).

En este contexto, tres temas asociados a la influencia del paisaje en el desarrollo de un territorio son: cartografía geológica, geomorfología e hidrogeología, los cuales permiten definir aspectos económicos a partir de los recursos hídricos relacionados al consumo y demanda de los recursos energéticos, minerales, domésticos y calidad de vida; el aprovechamiento de los suelos y ecosistemas prósperos. Por último, se abordan estudios de caso de la literatura, específicamente en la región de interés (río Tona, Santander) sobre análisis de la viabilidad de proyectos de desarrollo económico y social desde un punto de vista geológico.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La zona andina de Colombia se caracteriza por presentar una alta complejidad y diversidad climática debido a las cordilleras y al comportamiento hidrológico variante altitudinalmente. Esta dinámica se extiende a la diversidad de ecosistemas, culturas, actividades económicas y uso del territorio según el Instituto de la Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el cual se encarga de recopilar información de varias entidades y de monitoreos constantes con el fin de dar a conocer las características geomorfológicas, climáticas y biofísicas de Colombia. Además, la caracterización funcional de una cuenca y sus condiciones de riesgo forman parte de los aspectos más relevantes en la planificación del desarrollo territorial sostenible a nivel económico (POMCA, 2017). La recopilación de esta información posibilita formular una estrategia de planeación empresarial de una cuenca como es el río Tona en Santander, lo que contribuiría con el desarrollo de un plan de ordenación y manejo de las regiones circundantes.

Para ello es necesario compilar, interpretar y analizar los datos encontrados en la literatura con el fin de complementar e identificar la información faltante para realizar el diagnóstico a nivel económico de un plan empresarial en la región del río Tona, esto en términos de geomorfología, topografía e hidrología. Usualmente en la literatura esta información se encuentra de forma separada, por lo que existe la necesidad de reunir toda la información para predecir las áreas inundables, las zonas de riesgo, así como los territorios funcionales que puedan ser aprovechados a nivel de agricultura, pecuaria y turismo en esta cuenca de Santander.

De este modo, la pregunta de investigación que soporta esta problemática es:
¿Cómo influye la variación de un paisaje teniendo en cuenta la geología,
geomorfología, topografía y presencia de cuencas hídricas, en el desarrollo
económico y sostenible de una región, como la zona de la cuenca del río Tona, en
Santander?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La caracterización geomorfológica y topográfica de un territorio permite reconocer las áreas de mayor potencial productivo a nivel económico, social y ambiental (ZINCK, 2012). Esto se realiza a través de estudios sobre las características fisicoquímicas de los suelos, las variaciones climáticas, condiciones sociales, ambientales y políticas, de modo que son varios los aspectos para tener en cuenta en el ordenamiento territorial de una cuenca para poder luego planear estrategias de producción sostenible o emprendimiento. Es así como el diseño de estrategias empresariales basadas en los conceptos fundamentales de la dinámica de suelos, cuencas y sus condiciones climáticas logra favorecer el desarrollo social sostenible a partir de la industria del turismo y/o la agropecuaria como emprendimiento de un país (FORERO, ORDUZ y SUÁREZ, 2018).

La cartografía geológica y algunos parámetros geomorfológicos del río Tona han sido ya abordados en investigaciones preliminares, sin embargo, aún es necesario la integración de esta información enfocada al desarrollo sostenible en un contexto empresarial que explore las oportunidades en la industria del turismo y agropecuaria a favor del progreso socioeconómico de la región. Esta monografía se desarrollará siguiendo las líneas de investigación del grupo GRIMAT al cual pertenece el programa de Ingeniería en Topografía permitirá poner en práctica conocimientos para el análisis de la información aquí requerida, además es una práctica que será de impacto positivo para la región de la cuenca hídrica y un insumo importante en proyectos disciplinares, ambiental y de las ciencias socioeconómicas de igual forma.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar información geológica, geomorfológica, topográfica e hídrica de la cuenca del río Tona en Santander mediante la recopilación, selección e interpretación de información existente para organizarla en una base de datos y determinar su influencia en el desarrollo de actividades económicas.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Revisar la bibliográfica existente sobre las características geomorfológicas y topográficas de la microcuenca del río Tona a partir de datos de la corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), el IDEAM e investigaciones académicas.

- ✓ Interpretar los parámetros requeridos de acuerdo con la información analizada, para la realización de un plan de desarrollo Sostenible para la cuenca.

2. MARCO REFERENCIAL

La información contenida en el plan de ordenamiento territorial se refiere a los compromisos y lineamientos que se atribuyen a la CDMB junto con el gobierno nacional, regional y local con el fin de abogar por la conservación y el manejo de áreas protegidas en la microcuenca del río Tona, así como definir la gestión ambiental y el desarrollo sostenible.

Este documento compila las generalidades de la zona junto con la planeación del desarrollo territorial presentadas a continuación.

2.1. Generalidades de la microcuenca Río Tona:

El área de estudio es la subcuenca del río Tona, la cual está localizada al noreste de Bucaramanga, capital del departamento de Santander (Colombia), ubicada específicamente a 12 Km del casco urbano de Bucaramanga formando parte de la cuenca superior del río Lebrija y de embalse de Bucaramanga arriba de la confluencia de los ríos Tona y Suratá (Figura 1: CDMB, 2020).

- ✓ **Límites:** al este el altiplano de Berlín, al oeste la cuenca del río Charta, al norte el municipio de Vetas y al sur la ciudad de Bucaramanga a partir del sistema de fallas geológicas Bucaramanga-Santa Marta.
- ✓ **Extensión:** 193,8 Km² con 91% del área perteneciente al municipio de Tona y 9% a la ciudad de Bucaramanga.
- ✓ **Población:** 3.978 habitantes en 19 veredas, 11 de ellas pertenecientes al municipio de Tona y 8 a la ciudad de Bucaramanga.
- ✓ **Clima:** períodos de altas precipitaciones en abril-mayo y septiembre-noviembre (130-300 mm mensuales), bajas precipitaciones en diciembre-febrero (30-100

mm mensualmente) menor temperatura media en noviembre (6 °C en la parte alta) y temperaturas medias de 22-23 °C en la confluencia. Humedad relativa media mensual entre 84-87%.

Los pisos térmicos varían entre 880 a 3.550 msnm de altitud y templado, frío o subpáramo bajo. En cercanías a Bucaramanga es 920 a 1.600 msnm con clima subtropical a templado. Específicamente los pisos térmicos son:

- Páramo subalpino y páramo pluvial subalpino: 3-6 °C con 3.650-4.110 msnm.
- Bosque húmedo y pluvial montano: 6-12 °C con 3.650-2.720 msnm.
- Bosque húmedo y muy húmedo montano bajo: 12-17 °C con 1.950-2.720 msnm.
- Bosque húmedo, muy húmedo y seco premontano: 17-24 °C con 880-1.950 msnm
- Bosque seco tropical: temperaturas mayores a 24 °C con elevaciones menores de 880 msnm (CDBM, 2020).

- ✓ Economía: principalmente basada en lácteos y sus derivados, así como en agricultura, siendo Tona e segundo productor a nivel nacional de cebolla junca, así como café especial y programas de fortalecimiento del geoturismo y la agroindustria que están en desarrollo (OSORIO Y SALAZAR, 2006; RIOS, M., RUEDA, K., NÚÑEZ, J., VARGAS, P., MÉNDEZ, L, 2015; PÉREZ, 2020)

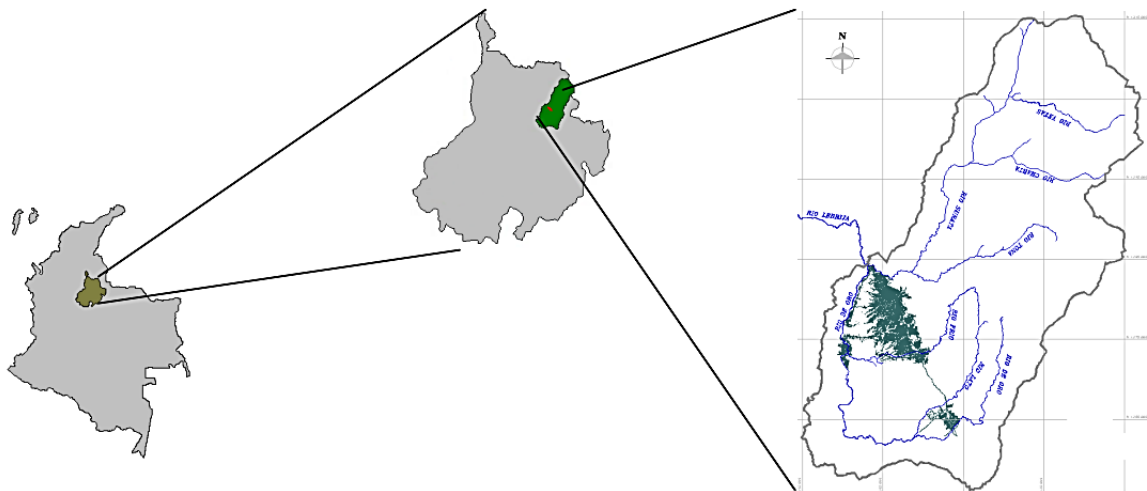


Figura 1. Ubicación nacional y regional de la cuenca del río Lebrija y subcuencas (OSORIO Y SALAZAR, 2006).

2.1.1. Cartografía geológica:

El río Tona se ubica al oriente del macizo de Santander en la cordillera del sistema orogénico de los Andes en Colombia, entre las cuencas sedimentarias de Maracaibo y del Valle Medio del Magdalena Medio. La litografía de este sitio la conforman rocas metamórficas, ígneas intrusivas (cuarzomonzonita) y meta-sedimentarias formadas entre el precámbrico y el cretácico medio. En la geología estructural sobresale la falla de Bucaramanga- Santa Marta al oriente y al occidente las fallas de Servita y Chitagá (CDMB, 2020).

La cartografía geológica se remonta a formaciones neis de Bucaramanga y Silgará del precámbrico y están presentes en las zonas altas del río Tona, mientras en el período Jurásico la erosión originó depósitos de molásicos que conforman finalmente las rocas de formaciones Jordán y Girón. Además, una variedad de espesores en los estratos de la formación Girón se presentan por la actividad de las fallas al oriente y occidente (OSORIO Y SALAZAR, 2006).

Como consecuencia de la orogenia alpina una gran parte del área estuvo sumergida por el mar Cretáceo, generando así depósitos de rocas con aprox. 3.000 metros de espesor. Este espesor es menor al oriente del macizo por las entradas del océano desde la provincia de García Rovira. La cuenca sedimentaria cretácica (formación Tambor, Rosablanca, Paja, Tablazo y La Luna) presenta cambios faciales y diversos espesores que ha dificultado la definición de una correlación de estas unidades (CDMD, 2020).

El bloque al oriente de la falla de Bucaramanga tuvo levantamientos considerables durante finales del período terciario y principio del cuaternario, ubicación actual de la microcuenca del río Tona asociada a fallas transversales con orientación sur-norte que afectan en gran medida a las rocas cretáceas, mientras deshielos glaciares dieron origen a depósitos coluvio-aluviales. Se destaca la terraza desde el

Escobillal al noreste del municipio de Tona a lo largo de un Km aguas abajo del Limoncito (CDMB, 2020).

2.1.2. Geomorfología:

Es el estudio de las formas del relieve en la superficie de la tierra, siendo principalmente los tipos de roca, tipo de meteorización y movimientos tectónicos, además del desarrollo de estos procesos en el tiempo y la vegetación existente.

Con respecto a la microcuenca del río Tona, se ubica en la Provincia Fisiográfica Cordillera Oriental, caracterizada por pisos térmicos variados debido a las zonas elevadas entre 1.000-42.000 msnm. Las siguientes son sus cinco Unidades Genéticas de Relieve:

montañoso glacifluvial, montañoso fluvioerosional, montañoso estructural denudativo, piedemonte coluvial y valle aluvial.

Entre los procesos que se involucran en los diversos paisajes de la microcuenca del río Tona se encuentran la meteorización, pedogénesis (evolución del suelo) y morfogénesis (erosión, transporte y acumulación).

Los paisajes fisiográficos son muy variados, siendo en total los siguientes:

Montañas denudativas en neis, montañas denudativas en tonalitas, montañas denudativas en cuarzo monzonitas, montañas denudativas en filitas, montañas denudativas en esquistos, cuevas homoclinales en areniscas, cuevas homoclinales en calizas, valle glaciárico, campo de Morrenas, terrazas aluvial y glacis de erosión (CDMB, 2003; OSORIO Y SALAZAR, 2006).

Los suelos se distribuyen como:

-Zona andina, alto andina y páramos: el nororiente se caracteriza por ser macizo ígneo-metamórfico con suelo de páramo y clima frío y medio. En los límites con el municipio de Vetas y el corregimiento de Berlín se presenta relieve ondulado, profundo y con alto contenido orgánico. Las partes altas de Suratá, Charta, Tona,

California, Floridablanca y Bucaramanga se observa relieve quebrado superficial a profundo con mediana fertilidad (CDMB, 2003; OSORIO Y SALAZAR, 2006).

-Selva subandina: la vegetación se presenta con proporción baja de raíces tabulares en los 700-2000 msnm hacia el valle del río Tona, de modo que es una zona baja con pendientes importante para la agricultura.

-Selva andina: zona entre los 2.200-2.800 msnm con abundancia de plantas tipo helechos, musgos, orquídeas, entre otras.

-Páramo: la vegetación abierta se presenta en las zonas no pobladas (frailejones, pajonales y matorrales), mientras que en zonas pobladas prevalecen las gramíneas (CDMB, 2003; OSORIO Y SALAZAR, 2006; CDMB, 2020).

2.1.3. Hidrografía:

La hidrografía nos permite conocer el aporte hídrico basado en la morfología de una cuenca, así como en la 'precipitación y evapotranspiración a nivel anual. Mediante datos de curvas isoyetas y de isoevapotranspiración, es decir, puntos terrestres con igual indicador de pluviosidad y evapotranspiración media anual, respectivamente, se logra medir el excedente de agua en un determinado punto. Esta información sirve para predecir la disponibilidad de agua formada por escorrentía y que se almacena potencialmente en la superficie del suelo (CDMB, 2003; OSORIO Y SALAZAR, 2006).

El río Tona nace de la unión de las quebradas Arcos y río Sucio a una altitud de 2.000 metros hasta unirse al río Suratá en los límites con la ciudad de Bucaramanga. El balance hídrico de la zona se muestre en la Figura 2, la cual presente zonas oscuras que indican déficit potencial en algunas partes de baja extensión (nivel

anual inferior a 200 mm).

Además, el almacenamiento anual en el suelo es de 62,5 mm relacionado con una capacidad de 1,25 mm/cm, de modo que, a pesar de existir déficit potencial en los meses de diciembre, enero, febrero y julio, el balance hídrico es bastante favorable en el año (Plan de ordenamiento y manejo ambiental del río Tona, CDMB, 2020).

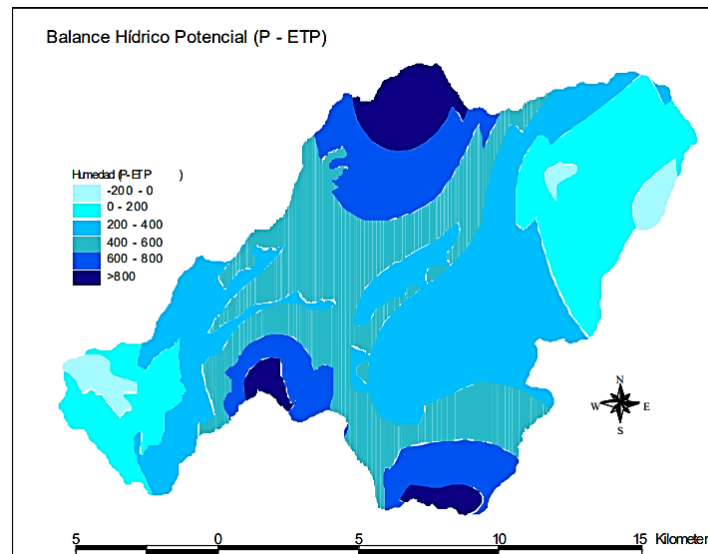


Figura 2. Balance hídrico potencial en el río Tona (CDMB, 2020)

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

La monografía aquí presentada es de tipo compilación, mediante la cual se buscó coleccionar información concerniente a la delimitación espacial de la cuenca río Tona y las consecuencias a nivel socioeconómico asociadas a este proceso. El trabajo se desarrolló en cinco fases principales mostradas en el diagrama de la **Figura 3**:

Fase 1: inicio de la recolección de datos para definir el tema y la propuesta de investigación monográfica sobre la cuenca río Tona;

Fase 2: elaboración de la búsqueda preliminar para el diseño del trabajo por generalidades de la cuenca río Tona (marco referencial) en *Google* académico y repositorios institucionales nacionales sobre el tema;

Fase 3: documentación de trabajos anteriores y redacción de los datos de interés para el desarrollo del trabajo de grado (filtro de datos por geodiversidad, cartografía, delimitación del páramo en Santander, hidrología, SIG y plan de desarrollo de Tona);

Fase 4: análisis de los trabajos (conclusiones) y entrega del trabajo escrito para evaluación (revisión por la orientadora);

Fase 5: comunicación de los resultados como sustentación y correcciones para la entrega del producto escrito final (revisión final).

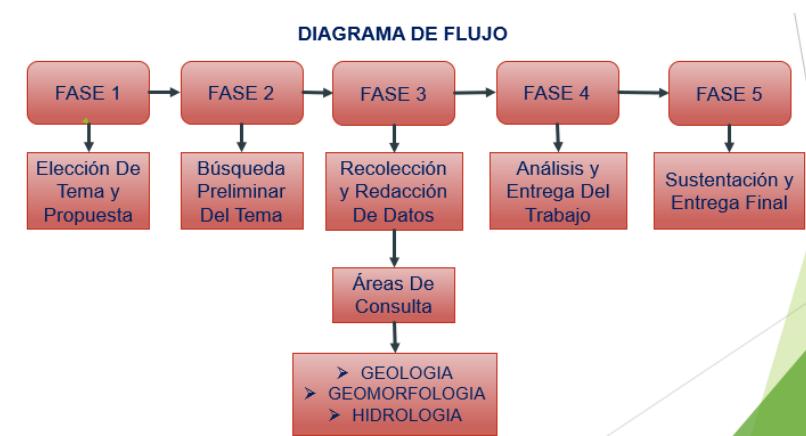


Figura 3. Plan realizado para la monografía

4. RESULTADOS

	INFORMACION GEOLOGICA	INFORMACION GEOMORFOLOGICA	INFORMACION HIDRICA
AUTORES	CDMB, 2020	CDMB, 2003; OSORIO Y SALAZAR, 2006	Plan de ordenamiento y manejo ambiental del río Tona, CDMB, 2020
CARACTERISTICAS	El río Tona se ubica al oriente del macizo de Santander en la cordillera del sistema orogénico de los Andes en Colombia, entre las cuencas sedimentarias de Maracaibo y del Valle Medio del Magdalena Medio. La litografía de este sitio la conforman rocas metamórficas, ígneas intrusivas (cuarzomonzonita) y meta-sedimentarias formadas entre el precámbrico y el cretácico medio. En la geología estructural sobresale la falla de Bucaramanga- Santa Marta al oriente y al occidente las fallas de Servita y Chitagá.	se ubica en la Provincia Fisiográfica Cordillera Oriental, caracterizada por pisos térmicos variados debido a las zonas elevadas entre 1.000-42.000 msnm. Las siguientes son sus cinco Unidades Genéticas de Relieve: montañoso glacifluvial, montañoso fluvioerosional, montañoso estructural denudativo, piedemonte coluvial y valle aluvial.	El río Tona nace de la unión de las quebradas Arcos y río Sucio a una altitud de 2.000 metros hasta unirse al río Suratá en los límites con la ciudad de Bucaramanga.

CLASE	APTITUD GENERAL
I	Son aptas para cultivos transitorios como el maíz, yuca, caña, pasto.
II	Son aptas para cultivos transitorios como el maíz, yuca, caña, pasto.
III	Son aptas para cultivos transitorios como el maíz, yuca, caña, pasto.
IV	Limitadas para la actividad agropecuaria debido a las pendientes moderadas que las hacen susceptibles a la erosión. De ahí que se deban elegir aquellos cultivos que ofrezcan una cobertura permanente al suelo.
V	Son aptas para una explotación con pastos o en cultivos de semibosque, especialmente café, plátano y frutales. Son necesarios programas de encalamiento en éstos suelos para contrarrestar el aluminio, requieren prácticas muy cuidadosas de prevención de la erosión.
VI	Son aptas para una explotación con pastos o en cultivos de semibosque, especialmente café, plátano y frutales. Son necesarios programas de encalamiento en éstos suelos para contrarrestar el aluminio, requieren prácticas muy cuidadosas de prevención de la erosión.
VII	Son aptas para una explotación con pastos o en cultivos de semibosque, especialmente café, plátano y frutales. Son necesarios programas de encalamiento en éstos suelos para contrarrestar el aluminio, requieren prácticas muy cuidadosas de prevención de la erosión.
VIII	vocación debe estar encaminada a la conservación, fomento de la vegetación y de la vida silvestre existente.

4.1. Plan de desarrollo municipal

El plan de desarrollo se basó inicialmente en la clasificación de los tipos de suelo de acuerdo con su productividad, calidad del laboreo y calidad de conservación, lo cual resultó en 8 categorías según el plan manual 2010 del Servicio de Conservación de los Suelos de los Estados Unidos.

Las primeras 4 clases son aptas para cultivo y cosechas remuneradas con buenas prácticas de manejo, siendo a clase I más eficaz que las siguientes clases que presentaron menores rendimientos. Las clases V, VI, y VII se limitan a plantas nativas y ocasionalmente bosques y pastos, mientras la clase VIII es difícil e recuperar por lo que no es útil a corto plazo, pero debe ser protegida como flora silvestre (CDMB, 2020).

Los cultivos se dividen en permanentes y transitorios, los cuales se presentan en 13 veredas del municipio de Tona y 6 veredas de la ciudad de Bucaramanga para un total de 2.939 hectáreas cultivadas.

A su vez los cultivos permanentes se dividen en: 113 hectáreas (27%) de café en Tona, 305 hectáreas de café en Bucaramanga (73%) y 5,4 hectáreas de cacao.

Los cultivos transitorios se presentan como: 726 hectáreas de plátano, 720 hectáreas de apio, 487 hectáreas de arveja y 148 hectáreas de otros vegetales (zanahoria, tomate, pimentón, cebolla, papa y habichuela).

El ganado es la única actividad pecuaria remunerada de la zona, ya que hay avicultura y piscicultura solamente a nivel de consumo familiar. La población bovina se considera de 0,5 cabezas de ganado por hectárea distribuida en 7962 hectáreas.

El plan de desarrollo municipal contempla las siguientes categorías de uso potencial mayor de las tierras:

-Tierras productivas son para uso agropecuario (4,73%), agroforestal (26,42%), forestal (17,08%) o minero (5,08%).

-Tierras de protección y de importancia ambiental son el páramo y el bosque alto andino (14,04%), humedales con su fauna (23,3%), zonas con tendencia a la aridez como matorrales paramunos (2,53%), laderas y cerros (7,3%), áreas circundantes a nacimientos de agua y bosques naturales (7,86%)

Las áreas de amenazas naturales se estudiaron con detenimiento por ser muchas relacionadas a deslizamientos, lo cual se evaluó según los siguientes factores:

-Factores geológicos: litología y estructura

-Factores morfométricos: pendiente y relieve relativo

-Factores ambientales: tipo de cobertura vegetal y su uso actual, así como la precipitación máxima y media anual.

El producto de este análisis fue:

-Áreas de amenaza baja: rocas metamórficas en pendiente moderada a alta con abundante cobertura vegetal usadas generalmente como potreros en ganadería extensiva (47,7%).

-Áreas de amenaza media: pendientes altas que presentan rocas cuarzo monzoníticas y esquistosa meteorizadas o pendientes moderadas de rocas sedimentarias propensas a deslizamientos por estratos desfavorables, suelen ocuparse en ganadería extensiva y/o cultivos misceláneos (47,5%).

-Áreas de amenaza alta: estas zonas se subdividen en 4 (4,8%), así:

a. Zona El Tembladal con intercalaciones de rocas blandas y duras procedentes de procesos periglaciares, además de rocas cretáceas con buzamientos en dirección

de la pendiente. Son zonas usadas en ganadería extensiva y al ser de alto riesgo presentan áreas de drenaje 1 y 2.

b. Zona de la terraza aguas abajo del municipio de Tona (vertiente norte con área de drenaje 5). Zona de altas pendientes con potreros y la remoción en masa provocaría represamientos.

c. Zona septentrional en la vertiente suroriental del área de drenaje 7, entre las quebradas El Silencio y Morrochico, en suelos residuales de los esquistos con formaciones Silgará de pendientes moderadas a altas cubiertas por pastos.

d. Zonas puntuales dispersas de alto riesgo debido a: quemas realizadas para adecuar potreros, precipitaciones intensas y cortes para adecuación de vías a media ladera, como es el caso de la vía a Pirgua y al Gramal (CDMB, 2020).

4.2. Complejos de Páramos Santurbán-Berlín

En la biogeografía de la región del río Tona se presenta una importante zona denominada Complejo de Páramos Jurisdicciones -Santurbán- Berlín (CJSB), la cual está conformada por 30 municipios de los departamentos de Santander y Norte de Santander. Esta zona es considerada área protegida según el Decreto 2372 de 2010, así como por el Distrito de Manejo Integrado (DMI) y corresponde a 45,565 ha de páramo en Santander. La zona CJSB presenta principalmente un ecosistema de páramo y bosque alto andino denominado subpáramo, el cual se caracteriza por el uso del suelo, quemas y pastoreo, así como por temperaturas entre 0 a 35 °C, abundantes precipitaciones y altura entre 2800-4290 msnm (**Figura 4**). Se observa en la Figura 3 que la altitud mínima es 1.534 m, altitud máxima es 4.297 m y altitud media de 2.871 m.

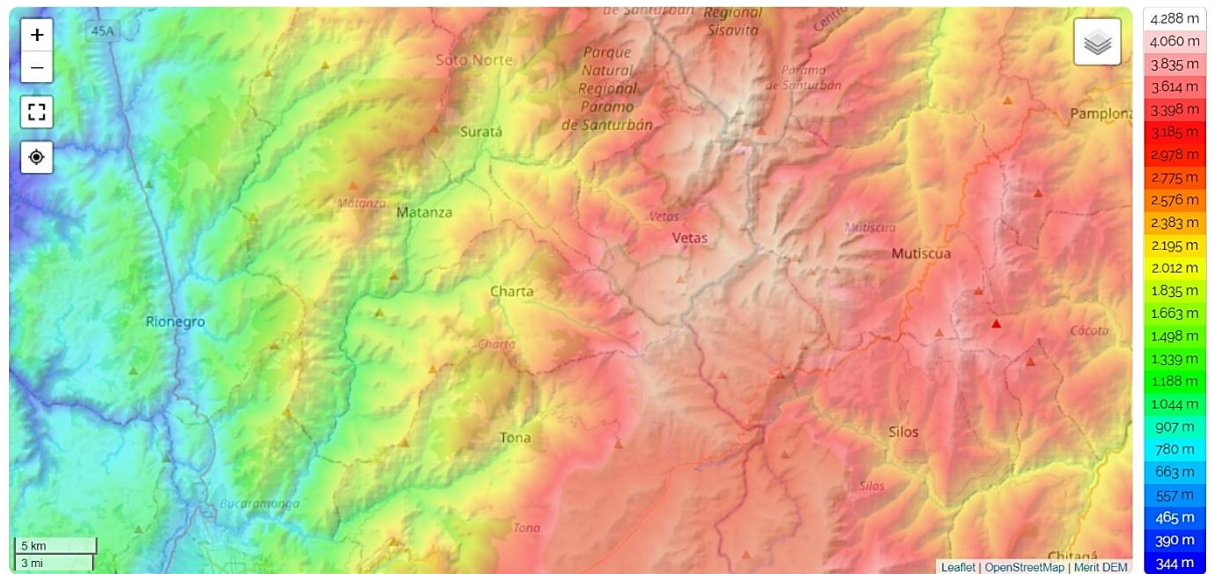


Figura 4. Mapa topográfico de la zona CJSB (fuente: topographic-map.com, búsqueda *Páramo de Santurbán, Mutiscua, Norte de Santander, Colombia* coordenadas 7.32031 -72.82489)

La zona CJSB está conformada por las importantes zonas de páramo como son el parque natural páramo de Santurbán en el departamento de Santander y páramo de Berlín que colinda con el Departamento de norte de Santander (**Figura 5**).

La jurisdicción de la zona Santurbán es administrada por la CDMB, mientras el área del páramo de Berlín es administrada de forma compartida por la CDMB y la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS), correspondiente a Tona en Santander. CORPONOR asume la zona nororiental del páramo de Berlín ubicada en el Norte de Santander, la cual corresponde en su mayoría a los municipios de Silos y Mutiscua. La región suroccidental comandada por la CDMB en Santurbán comprende principalmente los municipios de Suratá (25%), Vetás (78%), El Playón, Matanza, California, Charta, Tona y Piedecuesta, entre otros. El relieve se conforma por bosques densos altos, bajos, páramo y matorral de subpáramo (CDMB, 2020; SARMIENTO *et al.*, 2014).

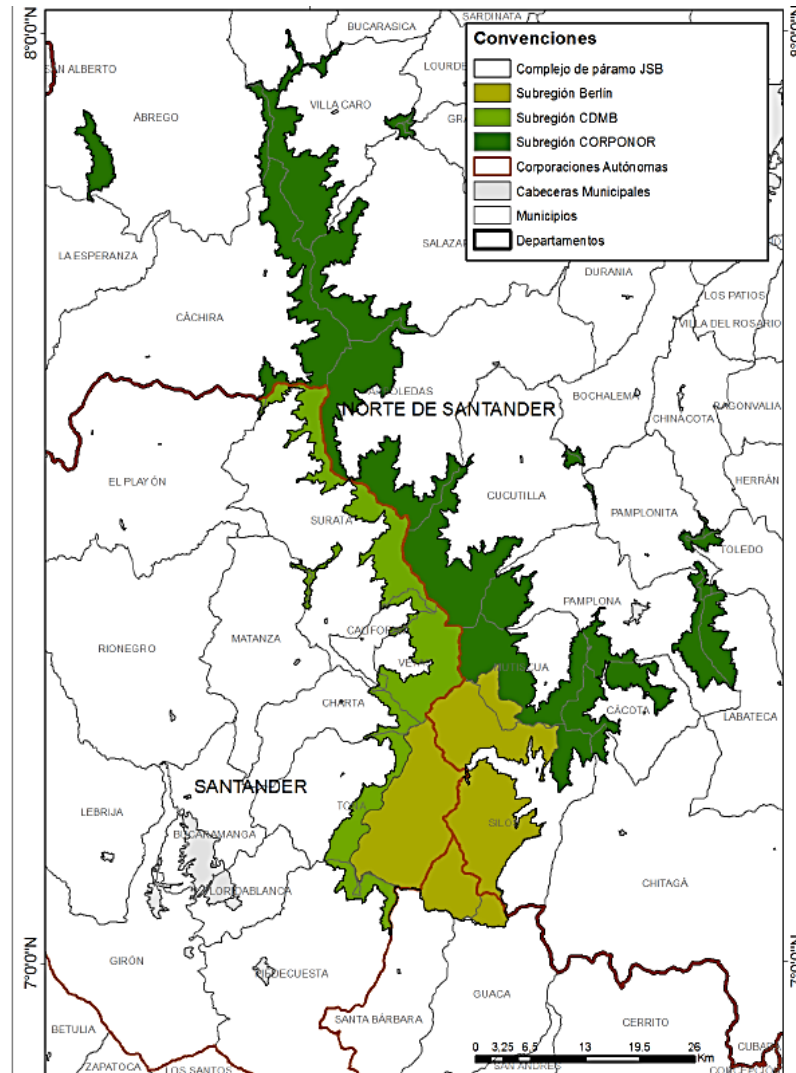


Figura 5. Delimitación de la zona del páramo Santurbán-Berlín (SARMIENTO *et al.*, 2014)

La zona protegida bajo medidas estrictas corresponde al 13,7% del parque natural, donde se prohíben actividades mineras y agropecuarias. Sin embargo, existen zonas con menos restricción dedicadas a la agricultura con cultivos mayoritariamente de clima frío en el páramo de Berlín (papa, cebollas y mora), ganadería en la zona nororiental del Norte de Santander y 10% se dedica a la minería en Vetas y California (SARMIENTO *et al.*, 2014).

4.2.1. Geodiversidad en la delimitación del Páramo de Santurbán

La geología del lugar se caracteriza por rocas metamórficas precámbricas, rocas ígneas del Triásico-Jurásico, páramo Rico, sedimentarias del Devónico, carbonífero y pérmico, rocas cretácicas y depósitos cuaternarios (glaciales, terraza, cono de deyección, aluviales y coaluviales).

Las formaciones representativas son: Neis de Bucaramanga, Silgará, Santa Bárbara cuarzomonzonita, tonalita, granodiorita, Floresta, diamante, Bocas, El Jordán, Girón, Tambor o Los Santos, Rosa Blanca, Paja, Tablazo, La Simití, Rionegro, La Luna, Umir, Tibú-Mercedes, Aguardiente, Capacho, Barco, Los Cuervos y Colón- Mito Juan.

Estas formaciones provienen de la dinámica hídrica superficial y subterránea de California-Vetas relacionados con el sector minero de oro, plata, hierro, plomo, zinc, cobre y minerales de azufre (CORPONOR, 2009).

En la delimitación del páramo Santurbán-Berlín se demuestra la importancia de la geodiversidad, ya que este ha sido el factor determinante del desarrollo de la región. La geodiversidad abarca desde las formaciones geomórficas hasta la estructura, paisajes y procesos encontrados en la tierra y que han permitido el estudio de los patrones de biodiversidad a nivel espacial. Estas características definen al páramo como un patrimonio natural, lo cual llevó a definir también las políticas de conservación que han marcado los aspectos socioeconómicos de la región.

Con el fin de definir los planes de manejo de áreas protegidas se deben estudiar y determinar los límites territoriales y ecológicos previamente (HEDERICH, 2021).

A partir de la geodiversidad se ofrecen los siguientes cinco servicios vitales según CHAKRABORTY & GRAY (2020):

- a. Regulación de los procesos terrestres, balances hídricos y atmosféricos del clima
- b. Soporte vital de los procesos de erosión que definen el uso del suelo y el almacenamiento de agua para hábitat
- c. Aprovisionamiento de alimentos, minerales, energía y agua.
- d. Desarrollo cultural a través de la calidad del ambiente, geoturismo, historia y desarrollo socioeconómico de la región
- e. Conocimiento luego de definir el patrimonio geológico se realizan estudios históricos, ambientales y en general a investigación para el desarrollo urbano.

4.2.2. Geodiversidad basada en sistemas de información geográfica (SIG)

A partir de la geodiversidad se realizó la delimitación de las áreas protegidas en el páramo de Santurbán teniendo en cuenta variables definidas a continuación:

- Métodos indirectos: información existente que permite delimitar las áreas como son los sistemas de información geográfica (SIG)
- Métodos directos: estudio en campo para poder medir áreas y límites basados en observación y datos cuantitativos

Específicamente para el páramo de Santurbán se definieron previamente los siguientes criterios:

Criterios biofísicos del gradiente altitudinal

-El páramo como regulador de agua, recurso estratégico para el desarrollo socioeconómico.

- El paisaje y sus componentes endémicos de flora y fauna que deben ser protegidos.
- La dinámica del ecosistema con sus fenómenos de adaptación al cambio climático que deben ser evaluados con indicadores de riesgo a futuro a fin de prevenir desastres ecológicos.

Las reservas de minerales preciosos, oro y plata, que pueden ser aprovechadas para el desarrollo económico de la región, pero debe ser limitado con el fin de prevenir afectaciones al ecosistema endémico y se deben definir políticas para minería sostenible y control de la minería ilegal (**Figura 6 y 7**).

Criterios sociales del territorio

-El paisaje exuberante de los páramos junto con la agroindustria son componentes ideales para realizar actividades de geoturismo que se deben desarrollar junto con organizaciones para el desarrollo cultural que velen por la conservación del patrimonio histórico y natural.

-La geomorfología de alta montaña también ofrece componentes naturales propicios para actividades de esparcimiento y turismo, como deportes extremos propios de territorio paramuno, así como campamentos, *glamping*, parapente, cata de café, entre otros.

Para las zonas de subpáramo se desarrolló una estrategia integral con participación de orden local y regional de la comunidad, se destaca el pago de servicios ambientales, reforestación, reservas campesinas, producción limpia agropecuaria y minera responsable. La delimitación de áreas protegidas lleva a mayores controles, por lo que la minería y la agricultura se restringen en zonas de páramo, sin embargo, se establecieron áreas para restauración y agricultura sostenible y actividades mineras de exploración bajo autorización y licenciamiento (**Figura 8**). De modo que se obtuvieron tres regiones según el estudio cartográfico del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), que son:

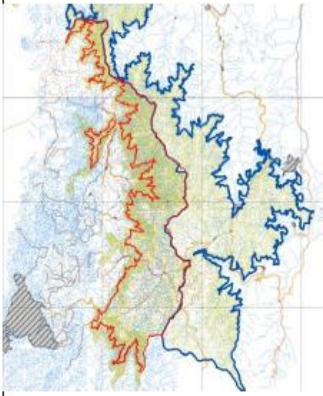


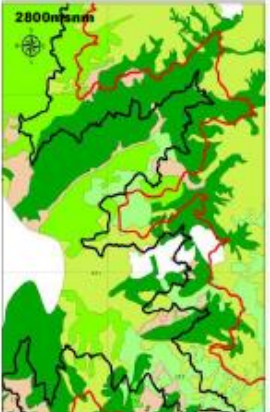

PRINCIPIOS GENERALES	CRITERIOS	INDICADOR	
		Descripción	Espacialización
En la delimitación del páramo o región de vida paramuna se reconoce la variabilidad biofísica, historia natural, biodiversidad y evolución constante	1. Las condiciones biofísicas que identifican el Páramo Santurbán, jurisdicción CDMB se presentan con variaciones locales de topografía, clima, flora, fauna, suelo y usos de las tierras. La variación local, evidencia entre otros aspectos, el desarrollo de páramos azonales ¹ .	1.1 Complejo de Páramo Santurbán CDMB delimitado a partir de las variaciones locales del gradiente altitudinal medio 2800 msnm.	
	2. Las geoformas y procesos de modelado glaciar heredado, producto de la dinámica glaciar, fluvio-glaciar, correspondiente a la cordillera oriental, son característica fundamental del paisaje del Páramo Santurbán.	2.1 En el Paramo de Santurbán se observan paisajes modelados por: a) plegamiento y fallamiento de la cordillera; b) procesos glaciofluviales de las glaciaciones del cuaternario; c) procesos denudacionales, fluvioerosionales y degradacionales. Siendo el modelado glaciofluvial uno de los indicadores más representativos para la delimitación del Paramo	 Modelado Glaciofluvial  Modelado Estructural

Figura 6. Criterios con componentes biofísicos del páramo Santurbán (CDMB, 2015).

¹Páramo azonal: ubicado en zona atípica por condiciones edáficas y climáticas extremas con vegetación paramuna.

	<p>3. El Páramo Santurbán es un ecosistema que está en constante evolución, dinámica y transformación en estrecha relación con el límite superior del bosque andino, en esta medida la determinación de sus límites debe considerar la presencia de ecoclinas o ecotonos², entre el gradiente páramo-bosque altoandino.</p>	<p>3.1 Existen en algunos sectores muy especiales del paramo Santurbán variaciones locales entre los gradiente altitudinales 3000 msnm +/- 200 m, con la presencia de ecotonos o ecoclinas entre el bosque altoandino y el ecosistema paramuno</p>	
	<p>4. Las condiciones y características que configuran la capacidad de regulación hídrica, la calidad del agua y demás beneficios ecosistémicos provenientes del Páramo Santurbán deben ser garantizados.</p>	<p>4.1 Los flujos superficiales locales e intermedios de las Cuencas Hidrográficas RÍO LEBRÍA, RÍO ARAUCA, RÍO CHICAMOCHA, producen respectivamente 52 m³/seg, 3,1 m³/s, y 2,4 m³/s; representando la dinámica hidrológica del Páramo Santurbán con reconocimiento en el Nororiente Colombiano.</p>	

...Continuación de Figura 6. Criterios con componentes biofísicos del páramo Santurbán (CDBM, 2015).

²Ecotonos: zona de transición entre dos ecosistemas con rasgos propios y comunes.

-*Área de restauración del páramo*: 20% de zona de alta funcionalidad y baja intervención donde hay minería de exploración bajo licenciamiento ambiental.

-*Área de agricultura sostenible* (subpáramo con 4%)

-*Área de páramo potencial* delimitado (ambiental: 76% de zona protegida)

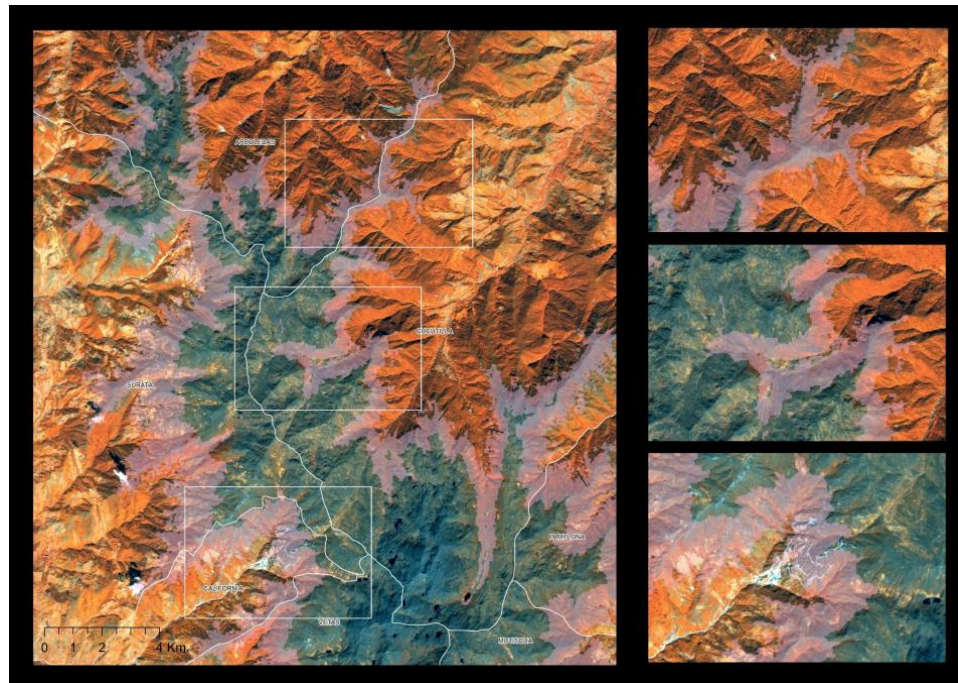


Figura 7. Selección de umbrales según probabilidad de presencia de frailejones (verde) y especies arbustivas o arbóreas (lila) en la propuesta de delimitación (HIJMANS *et al.*, 2005 y SARMIENTO *et al.*, 2014)

Criterios de resolución espacial y tecnológica

La modelación considerando el conjunto de criterios biofísicos, sociales y del ecosistema llevaron a la delimitación del páramo de Santurbán en resolución espacial con escala 1:25.000 basado en datos e insumos de soporte verificable para el desarrollo sostenible de la región y se encuentra en el documento presentado por el Instituto Nacional de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (**Figura 9 y 10**) (SARMIENTO *et al.*, 2014).

Existe un índice de geodiversidad para clasificar un área según cuatro parámetros, que son: relieve, suelo, agua superficial y estructura del paisaje. El índice muestra si la geodiversidad del lugar es muy alta, moderada, baja o muy baja según la clasificación dada por los elementos del paisaje dada mediante tablas de ambientes geomorfológicos. De modo que existen métodos cualitativos y cuantitativos (datos topográficos, morfometría y clasificación de rocas por edad) a ser considerados. Otras herramientas usadas para determinar el índice de geodiversidad es el simulador de vuelo de *Google Earth* para identificar áreas de las unidades geomorfológicas en 3D o por medio de análisis de centroides con el software ArgGIS usando operación *Overlay*. Entre otros métodos disponibles además del convencional basado en una grilla como herramienta de geoprocésamiento (cuadrícula para contar y registrar elementos por elevación, litología e hidrología del terreno), los cuales pueden incluir subíndice hidrológico, pedológico, ocurrencias de minerales, efecto antropogénico (HEDERICH, 2021).

PRINCIPIOS GENERALES	CRITERIO	INDICADOR	
		Descripción	Espacialización
La modelación espacial y temporal de las características biofísicas, ecosistémicas y socioculturales de la delimitación de páramos del país dispone de herramientas tecnológicas y resolución adecuadas	1. La modelación de las características biofísicas, ecosistémicas y socioculturales para la delimitación del Páramo Santurbán se baso en datos e insumos verificables, que presentan la integridad y resolución espacial adecuada a la escala pertinente.	1.1 GEODATABASE PARAMO DE SANTURBÁN: Unidades topoclimáticas, regiones de vida, cotas, exposición, suelos, pendiente, microcuencas, redes hídricas, tipos de cobertura, flora, fauna y ecosistemas, son cuantificadas en hectáreas (Has) y evaluadas en porcentajes (%)	
	2. El límite del ecosistema Páramo Santurbán se debe definir e implementar a partir de una escala local.	2.1 La escala a nivel de detalle 1:25000 del Páramo Santurbán se estableció teniendo en cuenta procesos de: a) integridad ecológica, y b) planeación interinstitucional participativa del orden local y regional, adoptando determinantes ambientales del MINISTERIO y del IAvH	2.2 Datos e insumos cartográficos, tablas, bases de datos georreferenciadas, imágenes y afines, con resolución espacial hasta de 10 m.

Figura 10. Criterios de resolución espacial y tecnología del páramo Santurbán (CDMB, 2015).

En resumen, los parámetros considerados en los estudios de especialización para la elaboración final de la cartografía integral del páramo de Santurbán son (MADS):

- ✓ Componentes biofísicos para delimitar el páramo por el registro de especies endémicas a escala 1:100.000 (formas arbustivas, herbáceas y frailejones). Además, se desarrolló un modelo de distribución de especies para predecir el crecimiento (modelamiento de Maxent con software bajo licencia MIT: PHILLIPS & DUDIK, 2008; CRUZ *et al.*, 2014)
- ✓ Componentes sociales para definir los niveles de ocupación (densidad poblacional e infraestructura) de acuerdo con la funcionalidad de las áreas (agricultura sostenible, minería y área protegida)
- ✓ Componentes de resolución espacial para construir un modelo de distribución geográfico donde influyen las siguientes variables independientes (HIJMANS *et al.*, 2005; CUERVO *et al.*, 2013):
 - Bio 1: Temperatura media anual
 - Bio 2: Rango medio diario= (temperatura máxima- temperatura mínima)
 - Bio 3: Isotermalidad = $(\text{Bio}2/\text{Bio}7) \cdot (100)$
 - Bio 4: Estacionalidad de la temperatura= (desviación estándar*100)
 - Bio 5: Temperatura máxima del mes más cálido
 - Bio 6: Temperatura mínima del mes más frío
 - Bio 7: Rango de temperatura anual (Bio5- Bio6)
 - Bio 8: Temperatura media del trimestre más húmedo
 - Bio 9: Temperatura media del trimestre más seco
 - Bio 10: Temperatura media del trimestre más caliente
 - Bio 11: Temperatura media del trimestre más frío
 - Bio 12: Precipitación anual
 - Bio 13: Precipitación del mes más lluvioso
 - Bio 14: Precipitación del mes más seco

4.2.3. Impacto antrópico en el páramo de Santurbán a través de imágenes satelitales

Entre los años 2016 a 2019 se realizó un estudio de imágenes satelitales de radar para conocer la afectación del páramo de Santurbán en la zona del norte de Santander y en el departamento de Santander (zona sur) que abarca los municipios de California, Vetas, Mutiscua, Charta, Tona, Piedecuesta, Santa Bárbara, Guaca, Silos, Cácuta y Pamplona sur. Al ser una zona de difícil acceso y con condiciones meteorológicas de nubosidad, este sistema de observación permite analizar bien la superficie terrestre.

El trabajo muestra imágenes multiespectrales analizadas en estos años con el fin de conocer la magnitud de la afectación por procesos antrópicos comparando con periodos anteriores. Los resultados mostraron que en la zona Norte (Arboledas, Cáchira y Salazar) no se presentaron variaciones en el ecosistema, ya que los cuerpos de agua clara y estancada se observaron similares en esta zona del páramo, aunque se observó más erosión y sedimentos en los bordes de los cuerpos de agua posiblemente por ser zona de alta montaña (derrumbes naturales en terrazas naturales con precipitaciones de 1500-2500 mm/año).

Una alta acumulación de agua también se observó en lagunas y pantanos con altos niveles de agua, lo que es característico del ecosistema bosque alto andino.

Sin embargo, en la zona Sur se observaron efectos negativos por acciones antrópicas, como pueden ser actividades de agricultura, minería o para construcción de vías. Esto se reflejó en la migración de especies y modificación del ecosistema, así como mudanzas en el suelo y aparición de nuevas residencias rurales y zonas pecuarias en estos años principalmente en el municipio de Tona, corregimiento de Berlín. Igualmente, el relieve estaba más erosionado, con pendientes más inclinadas (25% y 50% de profundidad) y con mayor acidez en las zonas de alta

montaña. Esto sería evidencia de actividades antrópicas por desarrollo de vías y de la agricultura porque son zonas con precipitación baja, lo que propicia el desarrollo de cultivos y la canalización.

A su vez se observó presencia de un aumento en el número de parcelas en esta zona sur en estos años, lo cual debe ser controlado por los entes territoriales debido a que se trata de zonas de páramo que deben ser protegidas. Por último, las zonas mineras en el límite con el páramo en los municipios de California y Vetás se evidenciaron por la aparición de vías veredales por varios metros al interior de esta zona (**Figura 11**), lo cual también requiere de vigilancia y control ambiental.

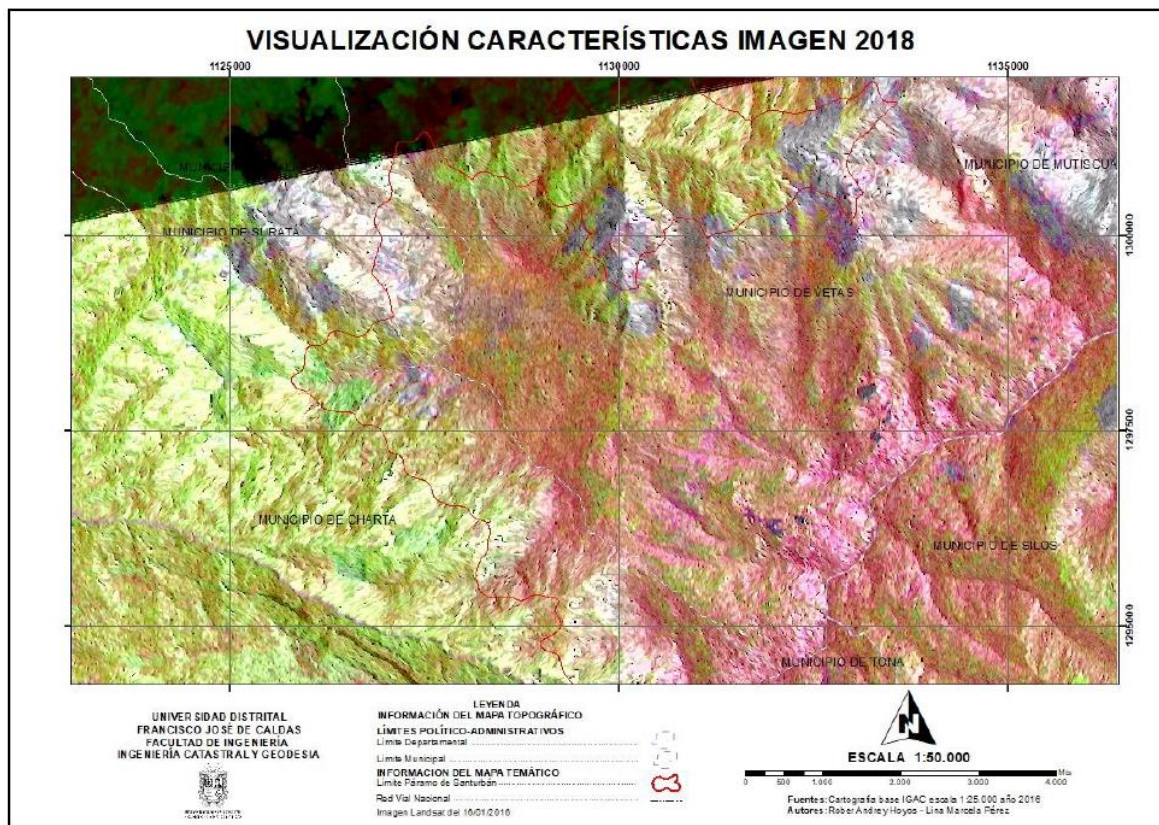


Figura 11. Municipios de Veta, California y Suratá en zonas mineras año 2018 (HOYOS Y PÉREZ, 2021)

Aunque se debe destacar que los centros poblados del municipio de Tona no han aumentado su área, de modo que hay control para la preservación de los límites con el páramo (**Figura 12**).

4.2.4. Aportes de la geomorfología a las zonas del páramo Santurbán-Berlín

Los páramos son un tipo de ecosistema ideal para almacenar agua superficial y subterránea, así como para captar dióxido de carbono y transformarlo en carbono orgánico para el suelo. Además, presentan gran cantidad de especies endémicas de vegetación, por lo que son un suministro primordial de agua para las zonas pobladas (HEDERICH, 2020).

De modo que un modelo hidrogeológico para lograr almacenar, transportar y recargar fuentes de agua por medio de embalses, uno de los controladores de los procesos de almacenamiento de agua potable y energía hidroeléctrica.

Además, el estudio de las rocas (litología) también permite conocer los procesos de infiltración y flujo hídrico al estudiar las porosidades primarias y secundarias de las formaciones rocosas.

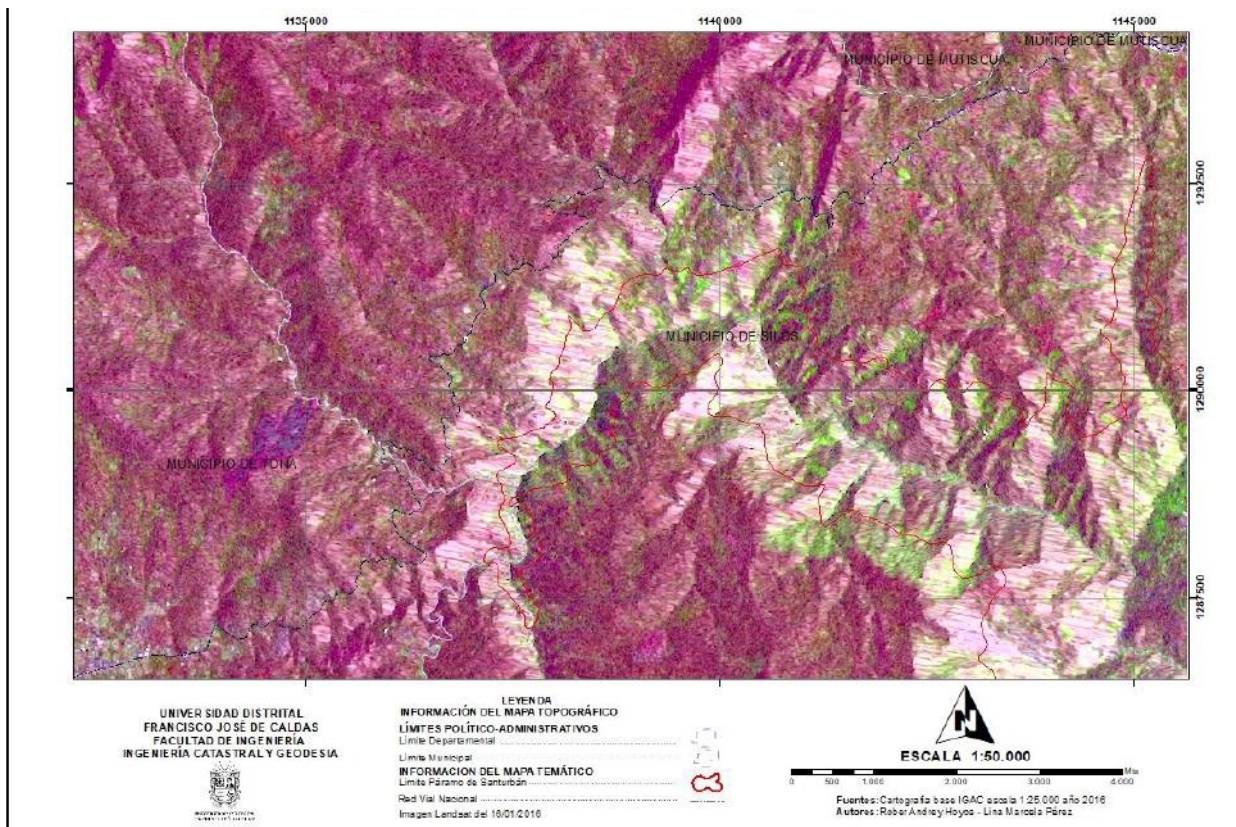


Figura 12. Superficie zona Sur del páramo Santurbán en el año 2019 (HOYOS y PÉREZ, 2021)

Se sabe que la formación *Ortoneis* presenta escasa porosidad, pero en cambio al suroccidente de la cuenca del río Tona hay formaciones diaclasas con alta porosidad secundaria y permeabilidad, lo que posibilita la circulación de agua desde la zona del altiplano de Berlín hacia la cuenca central (depósitos cuaternarios de Berlín). De este modo el Embalse de Tona provee de agua potable a la ciudad de Bucaramanga y áreas aledañas.

La formación Girón y Paja tienen porosidad escasa por lo que es muy impermeable y se caracteriza por la sequía en la zona. Aunque las formaciones Rosablanca, Tablazo y Tambor presentan buena porosidad secundaria con diaclasamiento. La formación Tablazo presenta también niveles intercalados permeables e impermeables, así es que funciona como un acuífero con

estructuras tipo sinclinal. La zona de la cuenca del río Sucio, de la cual deriva y es cabecera la microcuenca del río Tona, presenta este comportamiento estratégico adecuado para almacenar y conducir fuentes hídricas (**Figura 13**), siendo esto una importante demostración de que al conocer los sistemas geológicos se pueden aprovechar mejor los recursos bióticos de la región (COLEGIAL, GÓMEZ y ROJAS, 2006). El embalse del río Tona tiene 106 metros de altura y capta el agua que baja del páramo de Santurbán, siendo la fuente hídrica del área metropolitana por los próximos 50 años.

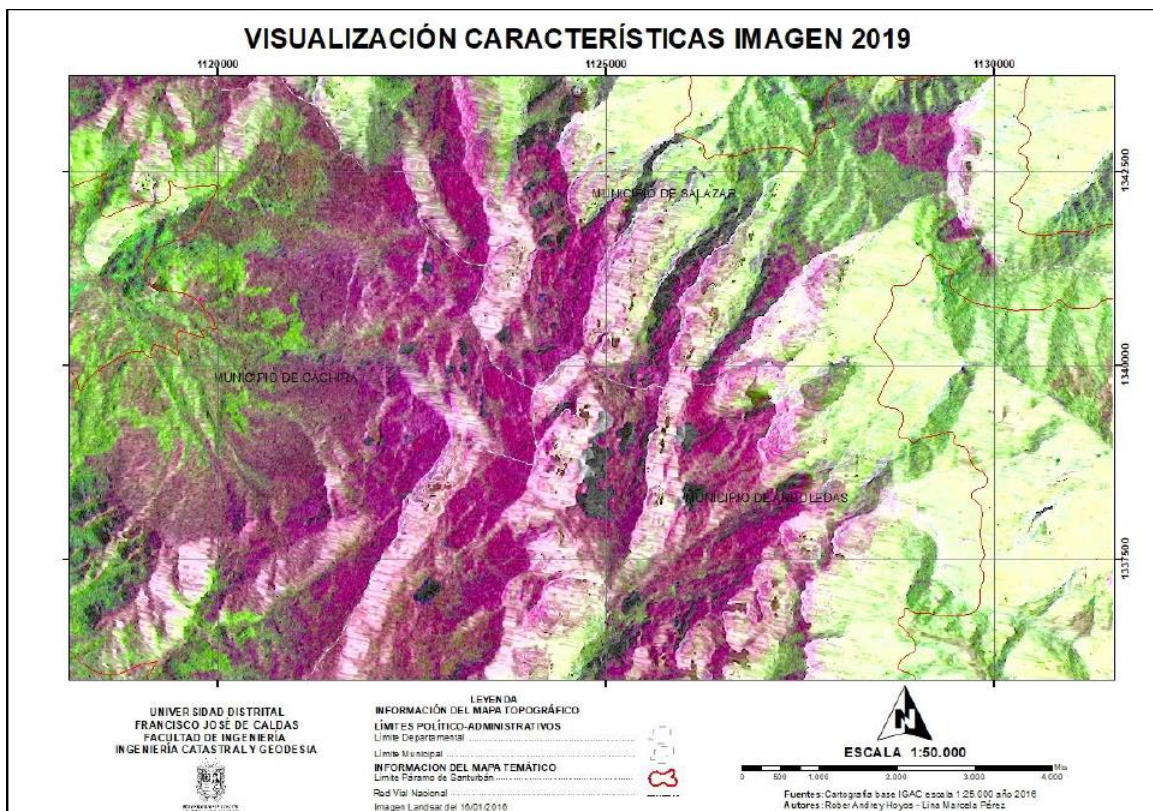


Figura 13. Fuentes hídricas en zona Norte paramuna año 2019 (HOYOS y PÉREZ, 2021)

Dicha agua es usada también para el desarrollo de la minería, siendo 710 los títulos mineros de Santander y 25 de ellos corresponden a la región del páramo de Santurbán. Sin embargo, los títulos mineros en zona de páramo son un tema

controversial que se ha manejado en contra de las leyes de protección ambiental instauradas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). La delimitación de áreas protegidas va en contra de la explotación del páramo y piso altoandino, de modo que algunas licencias mineras se han suspendido desde la entrada en vigor de la Resolución 937 de 2011 (RÍOS *et al.*, 2015).

Las comunidades de la zona Soto Norte conformada por los municipios de Matanza, Surata, California, Charta, Vetas y Tona, habitan una gran parte de las zonas rurales que corresponden a altos índices de pobreza (70-80% de la población). La economía depende principalmente de la agricultura y pecuaria, sin embargo, algunos se dedican a la minería legal e ilegal, donde sobresale la población que habita los municipios de California y Vetas. La Corte Constitucional ha prohibido las actividades mineras y agropecuarias según la nueva resolución de delimitación (Sentencia T-361/2017). De modo que, es deber del ministerio de Ambiente fijar alternativas que permitan la protección del recurso hídrico y también el derecho a la subsistencia de las comunidades circundantes al páramo. De ahí ha surgido el estudio del diagnóstico relacionado a actividades de turismo basadas en la biodiversidad del paisaje alto montano y paramuno, lo que incluiría acompañamiento en la formación y organización social para las comunidades en este tema de geoturismo sin afectación a la flora y fauna. El presupuesto para esto, junto con la generación de vías para garantizar las iniciativas con el fin de sustentar a la población de páramo es uno de los potenciales de negocio agroecológico y turístico de Santander que se encuentran en proceso de diagnóstico e implementación (RÍOS *et al.*, 2015; CASTELLANOS y PUENTE., 2020).

Es así como el ordenamiento territorial basado en los recursos naturales fija las políticas de explotación y actúan cumpliendo una función amortiguadora con el fin de mitigar y prevenir impactos negativos a nivel ambiental. Estos lineamientos incluyen la protección y conservación del bosque, de modo que la población está

obligada a conservar la cobertura boscosa y no solamente las márgenes de ríos y quebradas, sino también los cauces de las corrientes (Art. 3° del decreto 1449 de 1977) (CASTELLANOS y PUENTE., 2020).

5. CONCLUSIONES

El desarrollo sostenible de una región sustentado en información geológica ha permitido tomar medidas preventivas y correctivas con el fin de conservar la calidad del agua, flora y fauna que abastecen una región. En el caso de la cuenca del río Tona esto ha posibilitado adicionalmente la delimitación de áreas protegidas pertenecientes a zonas de páramo y subpáramo, donde las actividades mineras y agropecuarias son prohibidas. Los criterios de esta delimitación fueron biofísicos (distribución de especies endémicas), sociales (distribución de áreas por funcionalidad y densidad poblacional) y de integridad ecológica, los cuales llevaron a establecer criterios de resolución espacial y tecnológica del páramo de Santurbán-Berlín en los departamentos de Santander y Norte de Santander. Además, a partir de estudios realizados por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) sobre la integridad ecológica y la planeación interinstitucional con participación de orden local y regional se determinaron las políticas ambientales establecidas. A través de estos lineamientos se han reducido los beneficios recibidos por regalías relacionados a título mineros, sin embargo, otras actividades sostenibles a nivel ambiental se han venido estudiando como el geoturismo y la agricultura. Los compromisos a nivel socioeconómico han influido en la delimitación del páramo como parte de una estrategia integral de la comunidad, se destaca el pago de servicios ambientales, reforestación, reservas campesinas, producción limpia agropecuaria y minera responsable en zonas de subpáramo.

Esta información hace parte de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) de la cuenca hidrográfica del río Tona, para lo cual ha sido primordial el uso de herramientas de soporte para el análisis y la planeación de usos y manejo de recursos naturales, como es el Sistema de Información Geográfica (SIG), para el

desarrollo del proceso de ordenación de cuencas y los planes de ordenamiento territorial.

En general, la guía para la ordenación de cuencas del IDEAM consta de aprestamiento y diagnóstico (caracterización de la cuenca, estados, variables e indicadores), prospectiva (construcción, zonificación y modelado de escenarios), formulación del plan, implementación, seguimiento y monitoreo de la cuenca. A nivel del río Tona la fase de implementación se encuentra aún en desarrollo debido a las constantes modificaciones en las políticas que rigen la delimitación de los páramos, de modo que se ha hecho primordial el monitoreo y seguimiento satelital para prevenir y amortiguar los impactos negativos antrópicos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANGUREN, D. A., SANCHEZ, H. A., RAMIREZ, J. L. (2017). Sistema de información geográfico de alertas tempranas, para la identificación de áreas afectadas de páramos, caso de estudio páramo de Almorzadero, Norte de Santander. [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional. Bogotá D. C, Colombia.

CASTELLANOS, P. J. (2020). Alternativas para las comunidades del páramo de Santurbán. *Revista Encuentros*, 1, 13-15.

CDMB, Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental Río Tona 2020-2023.

CHAKRABORTY, A., GRAY, M. (2020). A call for mainstreaming geodiversity in nature conservation research and praxis. *Journal for Nature Conservation*, 56, 125862.

COLEGIAL, J. D., GÓMEZ, S., ROJAS, N. (2006). Cartografía geológica y caracterización estructural de la subcuenca de la quebrada del río Sucio, municipio de Tona, Santander, orientados a definir un modelo hidrogeológico conceptual. *Boletín de Geología*, 28, 1-61.

CRUZ., C. G., VILLASEÑOR, J. L., LÓPEZ, M. L., MARTÍNEZ, M. E., ORTIZ, E. (2014). Selección de predictores ambientales para el modelado de la distribución de especies en Maxent. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 20, doi: 10.5154/r.rchscfa.2013.09.034

CORPONOR. (2009). Línea base Ambiental. Capítulo III: caracterización biofísica. Corporación Autónoma Regional de la frontera nororiental, Norte de Santander.

CUERVO, R. A., TÉLLEZ, A. O., GÓMEZ, A. M., VENEGAS, B. C., MANJARREZ, J., MARTÍNEZ, M. E. (2014). An update of high-resolution monthly climate surfaces for Mexico. *International Journal of Climatology*, 34, 2427-2437.

- FORERO, U. F. E., ORDUZ, R. F., SUÁREZ, P. K. (2018). Caracterización geomorfológica como eje de la sostenibilidad empresarial agropecuaria. el caso de la granja Tinguavita Conferencia: III Congreso Internacional de Educación a Distancia y Virtual.
- HEDERICH, Laura. (2021). Geodiversidad em paramos de Colombia y su relación con la biodiversidad. [Tesis de pregrado, Universidad de Los Andes]. Repositorio Institucional, Bogotá, Colombia.
- HIJMANS, R.J., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G., JAVIS, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965-1978.
- HOYOS, R. A., PÉREZ, L. M. (2021). Evaluación de la utilización de imágenes satelitales de radar Sentinel 1 para determinar el impacto antrópico en el páramo de Santurbán. [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional. Bogotá D. C, Colombia.
- OSORIO, S. L., SALAZAR, O. C. (2006). Cartografía geológica estructural de la subcuenca del río Tona, macizo de Santander, con fines hidrogeológicos. [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio Institucional, Bucaramanga, Colombia.
- PÉREZ, Elkin. (2020). Alcaldía de Tona: Plan de Desarrollo y diagnóstico 2020-2023.
- PHILLIPS, S. J., & DUDIK, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31, 161-175. doi: 10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x
- POMCA, (2017). Formulación río Turbo y Currulao. Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica. Fase de diagnóstico: Informe Ejecutivo.
- POSADA, Sebastián (2019). Hoja de ruta para el Departamento de Ciencias de la Tierra: Geología para la Sostenibilidad [Tesis de pregrado, Universidad EAFIT]. Repositorio institucional, Medellín, Colombia.

PUENTE, B. J. (2020). ¿Es legalmente inviable otorgar licencia ambiental a Minesa?
Revista Encuentros, 1, 16-17.

RIOS, M., RUEDA, K., NÚÑEZ, J., VARGAS, P., MÉNDEZ, L, (2015). Diagnóstico
de percepciones de la comunidad del área de influencia del embalse del río
Tona, Bucaramanga. Sistema de Investigación UNBA, 4, 66-68.

SARMIENTO, C. E., SARMIENTO, M. V., LEÓN, O. A., CADENA, C. E., CUERVO,
A., MARÍN, C., *et al.* (2014). Aportes a la delimitación del páramo mediante
la identificación de los límites inferiores del ecosistema a escala 1:25.000 y
análisis del sistema social asociado al territorio: Complejos Páramos
Jurisdicciones Santurbán-Berlín Departamentos de Santander y Norte de
Santander. CDMB y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Repositorio Institucional del Instituto Nacional de Recursos Biológicos
Alexander von Humboldt.
<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/32539>

ZINCK, A. (2012). GEOPEDOLOGIA. Elementos de geomorfología para estudios
de suelos y de riesgos naturales. Enschede, The Netherlands: ITC Special
Lecture Notes Serie.