



EFFECTOS QUE HA GENERADO LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO EN LOS  
ECOSISTEMAS NATURALES EN LA SUBCUENCA HIDRICA DEL RIO TONA EN LOS  
ÚLTIMOS 10 AÑOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

JULIÁN LEONARDO CÁCERES RIVERA C.C: 1098788244  
CARLOS ALBERTO FERNÁNDEZ MARTÍNEZ C.C: 1100963277  
CAROLINA TORRES PALACIOS C.C: 1095947569

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS**  
**INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA**  
**BUCARAMANGA 05-10-2022**



**INGENIERO TOPÓGRAFO**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**JULIÁN LEONARDO CÁCERES RIVERA CC 1098788244**  
**CARLOS ALBERTO FERNÁNDEZ MARTÍNEZ CC 1100963277**  
**CAROLINA TORRES PALACIOS CC 1095947569**

**Trabajo de Grado para optar al título de**  
**INGENIERO TOPÓGRAFO**

**DIRECTOR**  
**M.Sc CLARA INÉS TORRES VÁSQUEZ**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN MEDIO AMBIENTE Y TERRITORIO - GRIMAT**

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS**  
**INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA**  
**BUCARAMANGA 05-10-2022**

## Nota de Aceptación

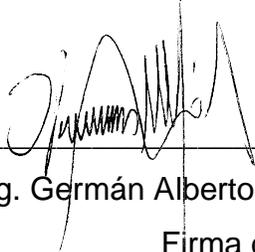
Aceptado y aprobado

---

---

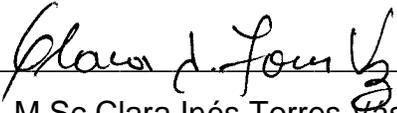
---

---



---

Ing. Germán Alberto Suárez Arias  
Firma del Evaluador



---

M.Sc Clara Inés Torres Vásquez  
Firma del Director

## DEDICATORIA

El presente proyecto de grado lo dedicamos en primera instancia a Dios por permitirnos alcanzar este logro de culminar nuestro proceso de formación académica y con la esperanza de que sea un escalón más en nuestras vidas. Igualmente, dedicamos este proyecto a nuestros padres, familiares y amigos que con su apoyo, amor y confianza estuvieron a nuestro lado brindándonos las fuerzas necesarias para continuar luchando por nuestras metas. Finalmente, pero no menos importante, este trabajo va dedicado a nosotros mismos, por todos los esfuerzos realizados, por todas las veces que creímos desfallecer pero logramos levantarnos y seguir, por aquellos momentos en los que creíamos no poder y al final, sí lo logramos. Gracias a todos y todas las personas que hicieron posible este triunfo.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecerle a Dios por permitirnos llegar a este nuevo logro en nuestras vidas.

Agradecemos también a nuestros padres por el apoyo brindado.

Igualmente a todos los docentes que semestre a semestre estuvieron en nuestro proceso de aprendizaje en la carrera de ingeniería en Topografía de las Unidades Tecnológicas de Santander.

Agradecemos también a nuestra directora de proyecto Geóloga Clara Inés Torres Vásquez -docente de tiempo completo magister en geología- por su apoyo, colaboración y seguimiento en la ejecución de nuestro proyecto.

Agradecimientos a las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, por su labor en la formación de profesionales íntegros.

Agradecimiento a la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), por compartirnos y permitirnos utilizar información y datos de investigaciones realizadas por ellos, que nos sirvió como complemento para el desarrollo de nuestra investigación.

Por último agradecemos a nuestra colega y compañera Aura Liliana Silvia Lagos por su colaboración y acompañamiento en la zona de estudio para llevar a cabo las encuestas.

## TABLA DE CONTENIDO

<b><u>RESUMEN EJECUTIVO .....</u></b>	<b><u>12</u></b>
<b><u>INTRODUCCIÓN.....</u></b>	<b><u>14</u></b>
<b><u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....</u></b>	<b><u>16</u></b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	17
1.3. OBJETIVOS .....	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
1.4. ESTADO DEL ARTE .....	21
<b><u>2. MARCO REFERENCIAL .....</u></b>	<b><u>30</u></b>
2.1. MARCO CONCEPTUAL .....	30
2.1.1. CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.....	30
2.1.2. DEFORESTACIÓN .....	31
2.1.3. ECOSISTEMA .....	32
2.1.4. IMPACTOS POR CAMBIOS DE USOS DEL SUELO.....	34
2.1.5. USO DE IMÁGENES DE SATÉLITE PARA EVALUAR LOS EFECTOS DE CAMBIO DE COBERTURA DE SUELO .....	35
2.2. MARCO TEÓRICO .....	36
2.3. MARCO LEGAL .....	40
2.3.1. LEGISLACIÓN INTERNACIONAL.....	41
2.3.2. LEGISLACIÓN NACIONAL.....	48
<b><u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION .....</u></b>	<b><u>59</u></b>
3.1. FASE 1: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN .....	59
3.1.1. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.59	59
3.1.2. ADQUISICIÓN DE LAS IMÁGENES .....	60
3.1.3. PREPARACIÓN .....	60
3.1.4. INTERPRETACIÓN DE COBERTURAS.....	60
3.1.5. ANÁLISIS MULTITEMPORAL.....	60
3.1.6. CLASIFICACIÓN SUPERVISADA .....	61
3.2. FASE 2: VISITA A CAMPO.....	61
3.3. FASE 3: RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	62
<b><u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....</u></b>	<b><u>64</u></b>

<b>4.1. ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>64</b>
4.1.1. UBICACIÓN GENERAL Y CARACTERÍSTICAS DE LA SUBCUENCA DEL RIO TONA .....	64
<b>4.2. GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>68</b>
4.2.1. AMBIENTE DENUDACIONAL:.....	69
4.2.2. AMBIENTE ESTRUCTURAL.....	75
4.2.3. AMBIENTE GLACIAL.....	79
4.2.4. AMBIENTE FLUVIAL .....	84
<b>4.3. GEOLOGÍA GENERAL DE LA SUBCUENCA DEL RIO TONA .....</b>	<b>88</b>
4.3.1. UNIDADES GEOLÓGICAS .....	88
4.3.2. FALLAS GEOLÓGICAS.....	90
<b>4.4. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES.....</b>	<b>92</b>
<b>4.5. PREPARACIÓN.....</b>	<b>95</b>
4.5.1. CORRECCIÓN RADIOMÉTRICA .....	95
4.5.2. CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA.....	96
4.5.3. CORRECCIÓN DE RADIANZA CON CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA LANDSAT 8.....	97
4.5.4. CÁLCULO REFLECTANCIA CON CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA.....	99
<b>4.6. CLASIFICACIÓN SUPERVISADA Y PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES LANDSAT. 100</b>	
<b>4.7. VISITA A CAMPO – ENCUESTA.....</b>	<b>107</b>
<b><u>5. RESULTADOS.....</u></b>	<b><u>109</u></b>
<b>5.1. ANÁLISIS DE COBERTURAS.....</b>	<b>109</b>
<b>5.2. DINÁMICA DE LAS COBERTURAS.....</b>	<b>113</b>
5.2.1. ZONA URBANIZADA .....	114
5.2.2. PASTOS.....	114
5.2.3. ÁREAS AGRÍCOLAS HETEROGÉNEAS.....	115
5.2.4. ÁREAS DE BOSQUES.....	116
5.2.5. ÁREA DE VEGETACIÓN HERBÁCEA Y/O ARBUSTIVA .....	117
<b>5.3. TASA DE DEFORESTACIÓN .....</b>	<b>118</b>
<b>5.4. RESULTADOS DE LA ENCUESTA .....</b>	<b>119</b>
5.4.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA .....	119
5.4.2. ¿HA VISTO O PRESENCIADO EN ALGÚN MOMENTO CONTAMINACIÓN EN EL RIO TONA? 122	
5.4.3. ¿EXISTEN FUENTES NATURALES DE AGUA (NACIMIENTO, ARROYO, RÍO, LAGO) EN SU PREDIO? 123	
5.4.4. ¿CONSIDERA QUE LA TIERRA ESTÁ EN BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN? .....	124
5.4.5. ¿ESTARÍA DISPUESTO A DESARROLLAR ACCIONES PARA PROTEGER EL MEDIO AMBIENTE? .....	125
5.4.6. ¿SE HA INCENTIVADO POR PARTE DE LAS CORPORACIONES AMBIENTALES A CONSERVAR LA MICROCUENCA DEL RIO TONA? .....	126
5.4.7. ¿CUÁL ES EL USO DE SUELO EN SU PREDIO ACTUALMENTE? .....	127
5.4.8. SABE USTED SÍ EN EL ÁREA DE LA MICROCUENCA DEL RIO TONA SE HA DEFORESTADO EN LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS. ....	128
5.4.9. CONSIDERA USTED QUE LOS PROCESOS DE DEFORESTACIÓN CAUSAN IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO TONA .....	129

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

5.4.10.	¿CUÁLES SON CAUSAS DE LA DEFORESTACIÓN EN LA MICRO CUENTA DEL RIO TONA?	130
5.4.11.	CREE USTED QUE LA DEFORESTACIÓN EN LA MICROCUENCA DEL RIO TONA PODRÍA SER CONTROLADA MEDIANTE UN PLAN DE RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS.....	131
<b>6.</b>	<b><u>CONCLUSIONES.....</u></b>	<b><u>132</u></b>
<b>7.</b>	<b><u>RECOMENDACIONES.....</u></b>	<b><u>134</u></b>
<b>8.</b>	<b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</u></b>	<b><u>135</u></b>
<b>9.</b>	<b><u>APENDICES.....</u></b>	<b><u>144</u></b>
<b>10.</b>	<b><u>ANEXOS.....</u></b>	<b><u>145</u></b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama Metodológico.....	63
Figura 2. Ubicación general de la Microcuenca Rio Tona.....	64
Figura 3. Veredas – Microcuenca Rio Tona .....	66
Figura 4. Imagen satelital de la subcuenca del rio Tona.....	67
Figura 5. Geomorfología - Microcuenca Rio Tona. ....	68
Figura 6. Unidad Geomorfológica - Dc. ....	70
Figura 7. Unidad Geomorfológica - Dc. ....	70
Figura 8. Unidad Geomorfológica - Dc. ....	71
Figura 9. Unidad Geomorfológica - Dsr. ....	72
Figura 10. Unidad Geomorfológica - Dsr. ....	72
Figura 11. Unidad Geomorfológica - Dsr. ....	73
Figura 12. Unidad Geomorfológica - Dfe. ....	73
Figura 13. Unidad Geomorfológica - Dfe. ....	74
Figura 14. Unidad Geomorfológica - Dse. ....	74
Figura 15. Unidad Geomorfológica - Dse. ....	75
Figura 16. Unidad Geomorfológica - Dse. ....	76
Figura 17. Unidad Geomorfológica - Sle.....	77
Figura 18. Unidad Geomorfológica - Sle.....	77
Figura 19. Unidad Geomorfológica - Ssh.....	78
Figura 20. Unidad Geomorfológica - Ssh.....	79
Figura 21. Unidad Geomorfológica - Gag.....	80
Figura 22. Unidad Geomorfológica - Gag.....	80
Figura 23. Unidad Geomorfológica - Gag.....	81
Figura 24. Unidad Geomorfológica - Gee.....	82
Figura 25. Unidad Geomorfológica - Gee.....	83
Figura 26. Unidad Geomorfológica - Gee.....	83
Figura 27. Unidad Geomorfológica - Ftan.....	84
Figura 28. Unidad Geomorfológica - Ftan.....	85
Figura 29. Unidad Geomorfológica - Ftan.....	85
Figura 30. Unidad Geomorfológica - Ftas.....	86
Figura 31. Unidad Geomorfológica - Ftas.....	87
Figura 32. Unidad Geomorfológica - Ftas.....	87
Figura 33. Unidades Geológicas - Microcuenca Rio Tona.....	88
Figura 34. Fallas Geológicas - Microcuenca Rio Tona.....	90
Figura 35. Fallas Geológicas.....	91
Figura 36. Fallas Geológicas vista 3D. ....	91
Figura 37. Earth Explorer (Servicio Geológico de los Estado Unidos). ....	92
Figura 38. Cuadrícula Landsat para Colombia .....	92
Figura 39. Corrección Radiométrica. ....	95
Figura 40. Corrección Atmosférica.....	96
Figura 41. Proceso Pan-sharpened composit. Software ArcGIS .....	97
Figura 42. Resultado Pan-Sharpended Composit.....	98
Figura 43. Proceso Radiancia. Software ArcGIS.....	99

Figura 44. Proceso Reflectancia. Software ArcGIS.....	100
Figura 45. Combinación de Bandas. Forestación Paysandú. ....	102
Figura 46. Combinación 4,3,2. RGB Color Natural. ....	103
Figura 47. Infrarrojo. RGB 5,4,3 Falso color. ....	103
Figura 48. Usos agrícolas. RGB 5,6,2. ....	104
Figura 49. Model Builder - Cobertura 2013 .....	106
Figura 50. Mapa de la Cobertura de la tierra 2013.....	109
Figura 51. Cobertura de la tierra 2013.....	110
Figura 52. Mapa de la Cobertura de la tierra 2017.....	111
Figura 53. Cobertura de la tierra 2017.....	111
Figura 54. Mapa de la Cobertura de la tierra 2021.....	112
Figura 55. Cobertura de la tierra 2021.....	113
Figura 56. Dinámica de las zonas urbanizada 2013 – 2021. ....	114
Figura 57. Dinámica cobertura Pastos 2013 - 2021 .....	114
Figura 58. Dinámica cobertura Áreas agrícolas heterogéneas 2013 – 2021.....	115
Figura 59. Dinámica cobertura Bosques 2013 – 2021 .....	116
Figura 60. Dinámica cobertura herbácea y/o arbustiva 2013 – 2021 .....	117
Figura 61. Mapa de ubicación de las personas encuestadas. ....	121
Figura 62. ¿Ha visto o presenciado en algún momento contaminación en el río Tona?..	122
Figura 63. ¿Existen fuentes naturales de agua (nacimiento, arroyo, río, lago) en su predio? .....	123
Figura 64. ¿Considera que la tierra está en buen estado de conservación? .....	124
Figura 65. ¿Estaría dispuesto a desarrollar acciones para proteger el Medio Ambiente? .....	125
Figura 66. ¿Se ha incentivado por parte de las corporaciones ambientales a conservar la microcuenca del Río Tona?.....	126
Figura 67. ¿Cuál es el uso de suelo en su predio Actualmente?.....	127
Figura 68. Sabe usted Sí en el área de la Microcuenca del Río Tona se ha deforestado en los últimos 10 años.....	128
Figura 69. Considera usted que los procesos de deforestación causan impactos ambientales negativos en la Microcuenca del Río Tona .....	129
Figura 70. ¿Cuáles son causas de la deforestación en la Micro cuenta del Río Tona?...	130
Figura 71. Cree usted que la deforestación en la Microcuenca del Río Tona podría ser controlada mediante un plan de restauración y conservación de los ecosistemas.....	131

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Veredas en la zona de influencia de la subcuenca del rio Tona.....	65
Tabla 2. Unidad Geomorfológica - Dc.....	69
Tabla 3. Unidad Geomorfológica - Dsr. ....	71
Tabla 4. Unidad Geomorfológica - Dfe. ....	73
Tabla 5. Unidad Geomorfológica - Dsd.....	74
Tabla 6. Unidad Geomorfológica - Sle. ....	76
Tabla 7. Unidad Geomorfológica - Ssh.....	78
Tabla 8. Unidad Geomorfológica - Gag. ....	79
Tabla 9. Unidad Geomorfológica - Gee. ....	81
Tabla 10. Unidad Geomorfológica - Ftan.....	84
Tabla 11. Unidad Geomorfológica - Fats. ....	86
Tabla 12. Unidades Geológicas - Microcuenca Rio Tona. ....	89
Tabla 13. Imágenes Satelitales Landsat 8.....	93
Tabla 14. Características de las imágenes Landsat 8.....	94
Tabla 15. Coberturas Leyenda Corine Land Cover. ....	101
Tabla 16. Sitios de Entrenamiento. ....	104
Tabla 17. Ráster - Clasificación Supervisada.....	105
Tabla 18. Vector - Clasificación Supervisada.....	105

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto investigativo consiste en determinar los efectos que ha generado los cambios de uso de suelo en los ecosistemas naturales, con el fin de identificar los cambios de cobertura se realizó un análisis multitemporal en la Microcuenca del Rio Tona. La metodología partió de la adquisición de imágenes satelitales de la zona de estudio entre los años 2013 y 2021, descargadas previamente del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), del satélite Landsat 8. Para este estudio se tuvieron en cuenta 3 imágenes, en las que se identificaron las coberturas mediante clasificación supervisada y la combinación de bandas utilizando el software ArcGIS. Una vez identificados los cambios y/o continuidades, se efectuó el análisis en donde se evaluaron aquellos elementos y factores geográficos de mayor incidencia en la transformación de la cobertura boscosa. Además se llevó a cabo una encuesta con una muestra representativa de la población para tener en cuenta su perspectiva con respecto a la deforestación, al uso del suelo, conservación del ecosistema, entre otras, para relacionar estas fuentes de información destacando a su vez el uso de los SIG para este tipo de estudios, los cuales permiten a los diferentes entes territoriales fortalecer el proceso de planeación y ordenamiento territorial para el desarrollo y la sostenibilidad en aspectos económicos, sociales y ambientales..

**Palabras Claves:** Conservación, Ecosistema, Imágenes Satelitales, Análisis Multitemporal, Cobertura Boscosa, Deforestación.

## ABSTRACT

The present research consists of determining the effects generated by changes in land use in natural ecosystems, in order to identify the changes in coverage it was carried out a multi-temporal analysis in the Tona River Micro-basin.. The methodology was based on the acquisition of satellite images of the study area between 2013 and 2021, previously downloaded from the United States Geological Survey (USGS), from the Landsat 8 satellite. For this study, were taken into account 3 images, in which the coverages were identified using supervised classification and the combination of bands using the ArcGIS software. Once the changes and/or continuities were identified, the analysis was carried out where those elements and geographic factors with the greatest incidence in the transformation of the forest cover were evaluated. In addition, a survey was carried out with a representative sample of the population to take into account their perspective regarding deforestation, land use, ecosystem conservation, and other issues, to relate these sources of information, highlighting in turn the use of the GIS for this type of study, which allow the different territorial entities to strengthen the process of planning and territorial ordering for development and sustainability in economic, social and environmental aspects.

**Keywords:** Conservation, Ecosystem, Satellite Images, Multitemporal Analysis, Forest Cover, Deforestation.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad los recursos naturales enfrentan varios problemas debido al inadecuado uso de los mismo (Chuvieco, Salas y Meza, 2001). Muchos de estos son causados por la intervención antrópica, por lo que es importante mencionar el cambio del uso del suelo, esta actividad mal empleada acarrea unos impactos que pueden ser irreversibles para el medio ambiente, afecta las fuentes hídricas, altera y deteriora el suelo e incita perdida de cobertura vegetal. En Colombia según el IDEAM -Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- la tasa de deforestación en el año 2017 aumentó un 23% esto se debido a la minería, la ganadería, la colonización de tierras y los cultivos ilícitos, que están creciendo en varias regiones del país (IDEAM, 2017). Otro efecto que abarca gran parte del problema de deforestación es el crecimiento expansivo de la ganadería en el país, lo que con lleva a la perdida de cobertura vegetal de las regiones, y a las alteraciones del ambiente antes mencionadas. Por tal motivo, el principal objetivo de este proyecto es analizar los efectos que ha generado el cambio de uso del suelo en los ecosistemas naturales en la subcuenca hídrica del rio Tona en los últimos 10 años, mediante un análisis multitemporal empleando imágenes satelitales Landsat 8. El Uso de la teledetección en estos procesos cuenta con numerosos antecedentes que abordan estudios de análisis multitemporales de la perdida de cobertura vegetal, algunos de ellos son: Cambios en el uso del suelo asociados a la expansión urbana y la planeación en el corregimiento de Pasquilla, zona rural de Bogotá (Colombia)” (Hernández-Gómez, Sánchez-Calderón, & Rojas-Robles, 2013), “Bosques y cambio climático en ecuador: el regente forestal como actor clave en la mitigación del cambio climático” (Mogrovejo Jaramillo, 2017), “Cambio climático y su relación con el uso del suelo en los andes Colombianos”, (Rodríguez Eraso, Pabón Caicedo, Bernal Suárez, & Martínez Collantes , 2010); entre otros. Para finalizar, como resultado de este artículo, se generarán las salidas graficas de cobertura vegetal, visualizando y analizando la perdida en el periodo de tiempo

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPREDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

establecido para la subcuenca hídrica del río Tona, para el desarrollo del proyecto se utilizó el software ArcGIS.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objetivo de la conservación de ecosistemas naturales es mantener la función ecológica de una especie, población, comunidad o ecosistema; este método surgió a finales de los años, actualmente se reconoce como un componente importante en la mitigación y adaptación del cambio climático; y es que en los últimos años el tema del cambio climático ha cobrado mayor relevancia por lo que enfrentar las consecuencias es un verdadero reto para la humanidad. El cambio climático es atribuido en gran parte a las actividades antropogénicas; según el estado de los bosques en el mundo 2018, publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. “la deforestación es la segunda causa más importante del cambio climático después de la quema de combustibles fósiles y representa casi el 20% de todas las emisiones de efecto invernadero” (FAO, 2018).

La deforestación se puede definir como la pérdida permanente de la cobertura de bosque e implica la transformación en otro uso de la tierra, áreas de bosque convertidas para la agricultura, pastizales, embalses, áreas urbanas (Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales, 2015). Lo anterior es preocupante ya que en Colombia la deforestación está influenciada por la actividad económica, la tenencia de la tierra, la accesibilidad, la apertura de la frontera agrícola, el desplazamiento forzado y los cultivos ilícitos en la década de los ochenta, noventa hasta la actualidad (Armenteras & Rodríguez Eraso, 2014); esto debido a la inexistencia de vigilancia y control de las áreas naturales (Chuvieco, Salas, Meza, & Vargas, 2001).

Según el IDEAM -Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- la tasa de deforestación en el año 2017 aumentó un 23% en comparación con el año 2016, por lo que actualmente el suelo del territorio colombiano enfrenta un gran desafío y es el cambio de uso del mismo, tierra de bosques y zonas naturales hoy

se encuentran siendo ocupadas para agricultura, ganadería, urbanismo, entre otros; en el 2002 la ganadería ocupaba 30 millones de hectáreas, a pesar que su potencial era de 15 millones. (Machado, 2009).

Zonas de páramo hoy son afectadas por el incremento en la temperatura, los permanentes cambios atmosféricos, lo que conduce a que, estas áreas ricas en agua y biodiversidad en ecosistemas terminen siendo afectadas, repercutiendo en la vida del ser humano. Es el caso de zonas de páramo y cuencas hídricas, como la cuenca hídrica del río Tona, en Santander, de la cual se abastece el embalse de Bucaramanga. Alrededor de esta Sub-cuenca, se desarrollan una serie de actividades humanas como son cultivos, ganadería e incluso Turismo.

Es necesario relacionar los cambios que ha tenido el territorio a raíz de la expansión urbana, el crecimiento turístico, incremento de cultivos, entre otros que afectan la biodiversidad, favorecen el calentamiento y por lo tanto el cambio climático. Frente a estas situaciones y teniendo en cuenta la necesidad de disminuir la emisión de gases efecto invernadero en el planeta y desacelerar el calentamiento global generado por el ser humano, conservando espacios como la cuenca hídrica de Tona, surge el interrogante: ¿Cómo analizar desde la ingeniería en Topografía los efectos que puedan estar generando calentamiento en la zona de la cuenca hídrica de Tona en Santander, para proporcionar ideas de solución reales y eficaces de conservación de ecosistemas naturales frente al inminente cambio climático del planeta?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Colombia es un país muy diverso por la variedad de ecosistemas que alberga. Son en total 96 los cuales incluyen paisajes que van desde sabanas y desiertos pasando

por bosques tropicales secos y húmedos, hasta montañas con áreas de páramo (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014).

El cambio que se le ha dado al suelo en los últimos 10 años, ha incrementado zonas de cultivos, ganadería, urbanismo, minería entre otros; la débil articulación de los entes territorial y autoridades ambientales han generado pocas alternativas sostenibles de manejo ambiental; tala y quema de árboles, incrementa la emisión de CO<sub>2</sub>, la ocupación de áreas de reserva, turismo desmedido sin control, que contamina con residuos orgánicos e inorgánicos el suelo, uso de agroquímicos (aumentan la emisión de gases efecto invernadero como el óxido nitroso), el sector ganadero genera más gases de efecto invernadero, alrededor de 18% más medido en su equivalente en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que el sector del transporte, reveló un informe divulgado hoy por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (ONU, 2006).

Estudios realizados por el IDEAM han concluido que la superficie de bosque natural en Colombia con respecto a la superficie total del país ha venido disminuyendo de manera gradual desde 1990 con valores correspondientes a 56.4% en 1990, hasta 53% en 2010 y más recientemente y como se mencionó a 51.6% en 2014 (IDEAM, 2015).

El Ministerio de Ambiente y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia presentaron el 7 de julio de 2021 un informe sobre las cifras oficiales de deforestación en el país en el año 2020, según el ministro de Ambiente, Carlos Eduardo Correa, las principales causas de la deforestación durante ese año fueron “la praderización para acaparamiento de tierras”, prácticas de ganadería extensiva, infraestructura de transporte no planificado, cultivos de uso ilícito, extracción ilícita de minerales, tala ilegal y la ampliación de la frontera agrícola en áreas no permitidas (Jimenez, 2021).

Determinar los efectos que se han producido por el cambio de uso del suelo en los territorios es fundamental, permite focalizar los entornos en los cuales esto debe detenerse, contribuir con la disminución de gases efecto invernadero y por lo tanto con el calentamiento global y la desaceleración del cambio climático. Como lo menciona Hikmet Ozturk, director asociado de la Fundación Turca para Combatir la Erosión del Suelo y por la Reforestación y la Protección de los Hábitats Naturales “los bosques juegan un papel vital en el ciclo global del carbón como uno de los sumideros de carbón más importantes. Debido a su rol en el balance del clima, la reforestación debe priorizarse para reducir los efectos de la crisis por el cambio climático”. (Burak, 2019)

Estudios realizados por el IDEAM, como el Mapa de Cambio de Bosque Colombia-Área Continental (Escala Fina LANDSAT) Periodo 2013 – 2014 **Fuente especificada no válida.**, han permitido comprobar que en varios departamentos, como el Caquetá, Putumayo, Guaviare, Amazonas entre otros se agudiza el problema de deforestación. El departamento de Santander no ha sido la excepción con este flagelo, teniendo en cuenta que la zona de estudio corresponde al área de Subpáramo de Santurbán en Santander, de ahí la importancia de realizar estudios de dinámicas de cambio de la cobertura mostrando las zonas de cultivos, ganadería, entre otras, a través de un análisis multitemporal.

Es importante realizar este tipo de estudios en la sub-cuenca del río Tona, debido a que es una zona estratégica para el departamento de Santander, porque es una cuenca hídrica, rodeada de bosques, con una gran variedad de climas que varía dependiendo de la zona; por su geomorfología de montaña y sus pendientes, esto contribuye a la presencia de agua en sus terrenos, la cual escurre hacia las partes bajas, donde abastece a veredas, municipios y parte de Bucaramanga y su área metropolitana. De ahí la importancia de conservar los ecosistemas, la fauna y flora

especialmente presente, la cual contribuye a la evapotranspiración como proceso dentro del ciclo del agua en la región, convirtiendo a estas montañas en verdaderas fábricas de agua pura. Teniendo claro que la conservación de un ecosistema es el cuidado y el mantenimiento de un recurso natural para asegurar que no desaparezca (United States Department of Agriculture, 2010).

Es necesario realizar un análisis de los efectos generados por el cambio de uso de suelo en los ecosistemas naturales, y como se puede conservar este medio en la área de estudio, teniendo en cuenta documentación y datos estadísticos existentes, modelos de clima, reconocimiento e interpretación de imágenes satelitales, analizando el cambio del suelo que ha tenido el área de la subcuenca del río Tona en los últimos 10 años, brindando así ideas de conservación a los ecosistemas, buscando la sostenibilidad y resiliencia de los pobladores de la subcuenca. Esta propuesta es relevante para las UTS porque se obtendrá un documento que pueda brindar y orientar una visión objetiva en la toma de decisiones que permita formular proyectos de desarrollo y de conservación sostenible de los recursos naturales, en la planificación del territorio con base en el POT. Este proyecto se desarrollará bajo las líneas de investigación del grupo GRIMAT, como lo son, gestión territorial, geomática y cambio climático.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar los efectos que ha generado el cambio de uso del suelo en los ecosistemas naturales en la subcuenca hídrica del río Tona, mediante el estudio de información existente, datos estadísticos y uso de SIG, en los últimos 10 años para brindar ideas de solución frente a la sostenibilidad y resiliencia por cambio climático.

### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar la afectación que presenta el ecosistema de la subcuenca hídrica del río Tona, Santander, en los últimos diez años por los cambios de uso de suelo, mediante el uso imágenes satelitales.
- Definir los efectos que ha generado el cambio de uso del suelo en la subcuenca hídrica del río Tona, Santander frente a la conservación del ecosistema natural.
- Generar cartografía temática sobre la conservación de los ecosistemas frente al uso del suelo en los últimos 10 años en la subcuenca hídrica del Río Tona.

### 1.4. ESTADO DEL ARTE

Para la realización del estado del arte se consultaron tesis de inadecuado uso del suelo y mitigación por cambio climático. En ellas se identificaron las metodologías, los desarrollos, al igual que los resultados planteados en cada uno. A continuación, presentamos los diversos trabajos:

El primer trabajo corresponde “**GANADERÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO: AVANCES Y RETOS DE LA MITIGACIÓN Y LA ADAPTACIÓN EN LA FRONTERA SUR DE MÉXICO**”. Este estudio tuvo como objetivo revisar los avances en mitigación y adaptación al cambio climático en el sector ganadero en el sureste de México, resaltar las contribuciones de los sistemas agroforestales-silvopastoriles y las buenas prácticas ganaderas.

Describe que, en esta zona de México, el principal emisor de gases de efecto invernadero ha sido el cambio de uso de suelo y la silvicultura (acción de proteger, conservar y gestionar los recursos forestales), con más de 50% de emisiones ocasionadas por la deforestación y transformación en aéreas de agricultura. El segundo sector, en el rango de emisiones, ha sido el agrícola, la ganadería bovina ha contribuido con más de 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero,

las cuales son ocasionadas por la fermentación entérica (hace referencia a el metano que se genera durante la digestión de los bovinos).

Dentro de la búsqueda de estrategias para la mitigación al cambio climático, hay muchas opciones tecnológicas basadas en la agroforestería, la agroecología, y opciones de buenas prácticas ganaderas. Además, se necesita de un empoderamiento de las organizaciones locales y regionales de productores, y de una política pública más agresiva y comprometida socialmente para generar y ofrecer condiciones de adaptación, y con ello contribuir a un desarrollo rural en este contexto global (Jiménez Ferrer, y otros, 2015).

El segundo estudio es **“MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO. ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN EN EL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO Y EN OTROS ESQUEMAS DE COMERCIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL MARCO DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO DE BOLIVIA DE 2006-2012”**. Esta trata del cambio climático, el cual es un problema global, genera preocupación para Bolivia, debido a su elevada vulnerabilidad ya que desde la década de los años 80 se viene sufriendo cada vez con mayor fuerza, los impactos y efectos adversos de desastres hidro-meteorológicos que han causado severos daños a la economía y a las poblaciones rurales y urbanas.

Esta situación es paradójica puesto que el país emite solamente alrededor del 0.3% de las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Estas emisiones están vinculadas a problemas ambientales, como la deforestación y el uso insostenible de biomasa, y al uso de combustibles fósiles. Es de elevado interés estratégico que el país pueda entrar a utilizar con mayor vigor el gas natural para su industria y de la misma forma que se haga un uso estratégico de sus recursos hidro-energéticos. El objetivo es posicionar a Bolivia en el mercado internacional de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, optimizando los beneficios en función a los aportes potenciales de los ecosistemas a una economía global del carbono y buscando, el reconocimiento de los servicios ambientales que brindan los

ecosistemas. Las emisiones provienen en su mayoría de los combustibles líquidos, principal fuente energética en el país (petróleo/condensado, gasolina natural y el GLP) como combustibles primarios y la gasolina, el gas /Diesel oíl, la gasolina de aviación, el GLP, el fuel oíl, los asfaltos, los lubricantes, el coque de petróleo, los otros tipos de kerosenes, las parafinas, y otros aceites como combustibles secundarios (importados en su totalidad). Considerando los criterios mencionados anteriormente, las opciones de mitigación, se plantean indicadores de eficiencia que ofrecen: Eficiencia en el uso de biomasa comercial / industrial rural, la eficiencia en la iluminación residencial, la eficiencia en el uso de biomasa en cocinas tradicionales y la eficiencia en la iluminación comercial (Gonzales Iwanciw, Paz Rada, Zaballa Romero, & Trujillo, 2006).

### En el tercer estudio se habla de las **MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.**

Este documento indica que el cambio climático se manifiesta en diversas transformaciones climáticas como lo es el aumento de la temperatura media global, las modificaciones en el patrón de precipitaciones, el alza del nivel del mar y reducción de la criosfera y modificaciones en los patrones de eventos climáticos a extremos (IPCC, 2007a y 2013).

El principal objetivo de este documento en el contexto de cambio climático en América Latina y el Caribe es sintetizar algunas de las principales medidas de política pública de adaptación y mitigación utilizadas y/o consideradas en la región. En América Latina y el Caribe, como el resto del mundo, deben atender durante el siglo XXI el desafío del cambio climático y al mismo tiempo mantener un alto ritmo de crecimiento económico acompañado de una mejora de las condiciones sociales y del respeto al medio ambiente. Lo anterior implica transformaciones importantes al estilo actual de desarrollo y la aplicación de un conjunto de políticas públicas consistentes con un desarrollo sostenible.

Como conclusión general el documento señala que en América Latina y el Caribe existe un amplio portafolio de políticas públicas sobre cambio climático, tanto en adaptación como en mitigación. Esto último en correspondencia a la creciente evidencia de que es altamente probable que los fenómenos climáticos se intensifiquen en el futuro, así como sus impactos.

En este contexto, es posible observar que la región de América Latina y el Caribe muestra una trayectoria de emisiones en aumento y que es probable que sigan incrementándose en el futuro de mantenerse la trayectoria inercial, en particular, atendiendo a la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la energía (Sánchez & Reyes, 2015).

El cuarto estudio analizado fue **“HÁBITAT SOSTENIBLE, ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO HACIA LOS TERRITORIOS RESILIENTES”**. Este estudio investigativo centro su objetivo en analizar los problemas generados por el cambio climático y la búsqueda de alternativas para la adaptación y mitigación frente a este a partir de la organización de comunidades resilientes.

El artículo aborda las causas y efectos del cambio climático a nivel mundial y, en especial, en la región americana del centro y sur, con particularidad en Colombia, y como las comunidades resilientes pueden lograr adaptarse y mitigar los efectos del cambio climático preservando la biodiversidad del planeta, cuidando de los recursos naturales y gestionando de forma eficiente las zonas urbanas y rurales.

Las comunidades resilientes en la búsqueda por la adaptación y mitigación frente al cambio climático innovan en estrategias de planificación territorial, uso y conservación de los recursos naturales, preservación de la biodiversidad, creación de prototipos de agricultura sostenible, construcción verde o sustentable, reducción del consumo y/o gasto energético y reforestación y aumento de la cobertura vegetal (Therán Nieto & Rodríguez Potes, 2018).

El quinto documento corresponde a la publicación **“PORTAFOLIO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y MITIGACIÓN DE SUS EFECTOS CON BENEFICIOS ADICIONALES O “SIN ARREPENTIMIENTO” EN AMÉRICA LATINA”**. Documento investigativo en que principal objetivo era describir los criterios utilizados en la economía del cambio climático para ordenar y/o clasificar las políticas públicas, atendiendo a diversos criterios de eficiencia e incertidumbre o potenciales efectos sobre otras variables económicas, sociales o ambientales y presentar un software, elaborado en Excel, que determina, a través de métodos de multicriterio, el ordenamiento jerárquico de diversas políticas públicas referidas a la adaptación y mitigación del cambio climático.

El quinto reporte del IPCC (El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), (2013) señala que existe un 95% de confianza de que el calentamiento global registrado durante el siglo XX derive del aumento de las concentraciones de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI). Asimismo, concluye que de no implementarse esfuerzos adicionales para la reducción de GEI, el incremento de la temperatura media global en la superficie para el año 2100 estaría en el rango de 0,3 a 4,8°C, en relación a 1986-2005, dependiendo del escenario de trayectorias de concentración representativas (RCP) (RCP2.6–RCP8.5) y considerando la incertidumbre climática.

Una de las conclusiones de este documento es que la efectividad o robustez de las políticas de adaptación y mitigación también depende del grado de desarrollo de las regiones. Contar con un portafolio amplio de políticas públicas que han sido catalogadas con co-beneficios o ‘sin arrepentimiento’ amplía la información y las posibilidades que tienen los tomadores de decisión para hacer frente a los desafíos ambientales, económicos, sociales y políticos del cambio climático (Galindo, Samaniego, Beltrán, Ferrer Carbonell, & Alatorre, 2017).

**“CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO ASOCIADOS A LA EXPANSIÓN URBANA Y LA PLANEACIÓN EN EL CORREGIMIENTO DE PASQUILLA, ZONA RURAL DE BOGOTÁ (COLOMBIA)”**

En este documento se evaluó el cambio en el uso del suelo del corregimiento Pasquilla mediante un análisis multitemporal en los últimos 15 años. Durante ese tiempo el suelo en ese sector dejó de ser agrícola para pasar a ser pecuario, despreciando las medidas para la mitigación de las actividades como la potrerización y la tala. Esta ampliación de la frontera agrícola, donde le correspondía a las áreas de bosque y paramo, llevo a la desaparición de la zona de amortiguación del páramo, con ello la reducción del sistema hídrico del corregimiento, la ordenación y planeación del territorio debe ser multipropósito, incluyendo a las comunidades, reflejando crecimiento económico, social y ambiental (Hernández-Gómez, Sánchez-Calderón, & Rojas-Robles, 2013).

**DIAGNÓSTICO DEL EFECTO DE DIFERENTES USOS DEL SUELO EN EL ALMACENAMIENTO DEL CARBONO DEL PIEDEMONTE AMAZÓNICO Y SIMULACIÓN DE ESCENARIOS ALTERNATIVOS.**

La conservación del bosque es necesario para el mantenimiento del calentamiento global dentro de un límite que se desearía 2°C. La actividad principal del piedemonte amazónico es la ganadería de doble propósito (Carne y Leche), el impacto de las altas precipitaciones sobre suelos mal cubiertos, el mal uso del suelo en la ganadería crea compactación y erosión de los suelos.

El propósito del trabajo que se realizo fue establecer el impacto de la amazonia deforestada sobre el ciclo global de C, analizando el uso del suelo derivados del bosque inicial en el departamento del Caquetá comparando sus impactos. Se escogió un sistema convencional derivado de los bosques talados hace 80 años (Pastos nativos, leguminosas y malezas), un sistema silvopastoril derivado de un bosque talado hace 60 años (Diversidad de forrajes) y un sistema agroforestal de 20 a 30 años con cultivos de (Caucho; Copoazú y arazá).

Se determina el potencial de almacenamiento de carbono en la biomasa aérea, el suelo, y los agregados, la estabilidad y la materia orgánica con el fin de conocer que

practica agrícola es sostenible para que contribuya al mejoramiento de la calidad del suelo (Hurtado Sánchez, 2019).

## **EFFECTO DEL USO DEL SUELO EN LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO HÍDRICO EN EL PÁRAMO DE SUMAPAZ – COLOMBIA.**

Los páramos son ecosistemas muy importantes por su función de reguladores hídricos donde los suelos juegan un papel fundamental. Los páramos son un sistema frágil que sufre una degradación muy fácil por el uso del suelo. El estudio se realizó con el fin de conocer los cambios de las propiedades físicas del suelo con su capacidad de almacenamiento de agua al someterse a diferentes usos, este estudio se llevó a cabo en el páramo de Sumapaz (Cundinamarca-Colombia) donde se seleccionó un tipo de suelo representativo para diferentes usos en cultivos, como papa, ganadería, suelo en descanso con barbecho y suelos de vegetación nativa.

Se realizaron 3 sondeos para cada tipo de uso, se tomaron muestras de las esquinas de cada sondeo por horizonte y se evaluaron las propiedades del suelo, como retención de humedad densidad, porosidad, distribución de la porosidad y contenido de carbono orgánico. El cultivo de papa y los lotes en descanso presentaron los menores valores de porcentaje de carbono orgánico, porosidad, retención de humedad, a capacidad de campo y punto de marchitez permanente; y altos valores de densidad aparente en comparación con el suelo con vegetación nativa. El cambio del uso del suelo disminuyó la capacidad de retención de agua, afectando la función ambiental de los páramos como reguladores hídricos (Daza Torres, Hernández Florez, & Triana, 2014).

En el proyecto de investigación realizado por Nelly Rodríguez, José Pabón, Néstor Bernal y Jorge Martínez denominado “**CAMBIO CLIMÁTICO Y SU RELACIÓN CON EL USO DEL SUELO EN LOS ANDES COLOMBIANOS**”, aborda como los cambios de uso del suelo en regiones específicas del territorio colombiano pueden estar influenciando la climatología local, este estudio se desarrolló en dos escalas,

una regional y otro local, la regional abarca 2.600 km<sup>2</sup> , la local corresponde al área de influencia de 22 estaciones climatológicas.

Para determinar la dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo se analizó mediante matrices de cambio entre 1975 y 2005 e información del Índice de la Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI) para el período 1985-2005.

Al analizar los cambios, se detectó en las anomalías de precipitación que el mayor porcentaje se genera por su coincidencia temporal con las fases extremas de variabilidad climática interanual como los eventos del Niño y la Niña y posteriormente por cambios de cobertura y uso del suelo derivados de la señal del NDVI. Por lo tanto, como resultado del estudio evidenció que la dinámica de cambio de cobertura y uso del suelo ha generado un cambio en el clima en la escala local (Rodríguez Eraso, Pabón Caicedo, Bernal Suárez, & Martínez Collantes , 2010).

Finalmente se consultó el trabajo de investigación “**BOSQUES Y CAMBIO CLIMÁTICO EN ECUADOR: EL REGENTE FORESTAL COMO ACTOR CLAVE EN LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO**” realizado por Pablo Mogrovejo, estudia la gestión de los bosques en un marco de cambio climático, así mismo busca determinar el uso sostenible o no de los recursos naturales en Ecuador, lo anterior basado en la problemática del aprovechamiento forestal maderero, desde el análisis de las características que inciden el accionar de un actor clave de mitigación del cambio climático en el país como lo es el Regente Forestal.

La investigación abarco el análisis de información primaria y secundaria en el marco de la relación bosques y cambio climático, la gestión forestal en relación al manejo forestal sostenible, las reglas que inciden en la deforestación y degradación de los bosques nativos del país y el estudio de caso en la provincia de Orellana, este último apoyado de entrevistas realizadas a diferentes actores forestales de la provincia.

En este estudio el autor concluye que “en Ecuador el sector del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUSS), constituye una de las principales fuentes de emisiones de GEI, debido principalmente a las actividades de deforestación, y

degradación de los bosques, constituyéndose en uno de los países de Latinoamérica con mayor índice de cambio de uso de la tierra” el estudio demuestra que en el Ecuador no existe una gestión de bosques que cubra las expectativas, por lo que es necesario las reglas del manejo forestal sostenible ya que los bosques constituyen un recurso fundamental en la mitigación y adaptación frente al cambio climático (Mogrovejo Jaramillo, 2017).

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. Marco Conceptual

Considerando el tema de esta investigación, este marco hace alusión al concepto de conservación y protección del ambiente y a otros conceptos importantes relacionados para el entendimiento de esta problemática y que se presentarán a lo largo de este documento.

#### 2.1.1. *Conservación y protección del medio ambiente*

El hombre ha interactuado con el medio ambiente desde siempre, utilizando y obteniendo aquellos recursos que necesita para subsistir. No obstante, el continuo crecimiento de la población en los últimos años ha ocasionado la explotación desmedida de los recursos, provocando, al mismo tiempo, grandes daños en el entorno que nos rodea, como contaminación, extinción de especies o el conocido cambio climático.

Por todo ello, es importante tratar de paliar esta situación y revertir sus efectos a través de la conservación del medio natural

La importancia de conservar el medio ambiente reside en la propia importancia del medio ambiente, ya que todos vivimos en él. Por tanto, si queremos asegurar nuestra propia supervivencia y bienestar, y del resto de seres vivos, debemos preocuparnos por su cuidado y protección.

En la actualidad, los estudios y datos recogidos por la comunidad científica son una evidencia clara del deterioro que ha sufrido el medio ambiente, por lo que, revertir esta situación se ha convertido en algo esencial. El primer paso es comprender y ser conscientes del problema. Una de las herramientas más útiles para crear conciencia consiste en la educación ambiental (González, 2019)

### **2.1.2. Deforestación**

El último medio siglo ha supuesto el mayor coste de deforestación de la historia de la humanidad, arrasando un 15 por ciento de la superficie mundial de vegetación, equivalente al territorio de España, Portugal y Francia.

Tan solo en los últimos 13 años, la deforestación ha arrasado 43 millones de hectáreas en todo el mundo, acabando con bosques y selvas de forma masiva y causando un inmenso daño a la calidad de los suelos. Los bosques todavía cubren alrededor del 30 por ciento de las regiones del mundo, pero franjas del tamaño de Panamá se pierden indefectiblemente cada año. Son las cifras del último informe Frentes de deforestación; causas y respuestas en un mundo cambiante de WWF, que analiza 24 lugares que tienen una concentración significativa de puntos críticos de deforestación y donde grandes áreas de bosque remanente están amenazadas. (Geographic, 2021)

Según esta organización, España provoca la deforestación de 32.900 hectáreas de selva cada año y la Unión Europea es responsable del 16 por ciento de la deforestación tropical importada, es decir, aquella que provoca la tala de árboles fuera de las fronteras. A este ritmo, las selvas tropicales y los bosques pluviales podrían desaparecer completamente dentro de cien años si continúa el ritmo actual de deforestación. (Geographic, 2021)

Los motivos de la tala indiscriminada son muchos, pero la mayoría están relacionados con el dinero o la necesidad de los granjeros de mantener a sus familias. El inductor subyacente de la deforestación es la agricultura. Los agricultores talan los bosques con el fin de obtener más espacio para sus cultivos o para el pastoreo de ganado. A menudo, ingentes cantidades de pequeños agricultores despejan hectáreas de terreno arbolado, para alimentar a sus familias, mediante tala y fuego. (Geographic, 2021)

El estudio de WWF identifica la agricultura comercial como una de las principales causas de deforestación y se encuentra detrás de esta pérdida de bosques alrededor del mundo, con áreas boscosas despejadas con el fin de crear espacio para el ganado y los cultivos. Según las regiones, en América Latina destaca la ganadería y la agricultura a gran escala, principalmente de soja para mantener las cifras del ganado en la industria alimentaria; en Asia, las plantaciones para pulpa de papel y palma; y en África, la principal responsable de la deforestación es la agricultura de subsistencia. (Geographic, 2021)

Otro estudio publicado en 2020 denunciaba que la deforestación del Amazonas alcanzó niveles históricos debido al consumo de carne. La causa principal de este aumento de la explotación de los bosques se encuentra en el incremento del consumo de carne a nivel mundial, que conlleva una expansión de la ganadería extensiva, con el consecuente aumento de cultivo de soja y pastos para la ganadería. (Geographic, 2021)

### **2.1.3. Ecosistema**

En biología, un ecosistema es un sistema que está formado por un conjunto de organismos, el medio ambiente físico en el que viven (hábitat) y las relaciones tanto bióticas como abióticas que se establecen entre ellos. Las especies de seres vivos que habitan un determinado ecosistema interactúan entre sí y con el medio, determinando el flujo de energía y de materia que ocurre en ese ambiente.

Existe una gran diversidad de ecosistemas en el planeta. Todos están formados por factores bióticos (seres vivos) y factores abióticos (elementos no vivos, como el suelo o el aire). Existen, además, distintos tipos de ecosistemas: hay marinos, terrestres, microbianos y artificiales. (Editorial Etecé, 2022).

Un ecosistema está integrado por dos tipos de elementos o factores:

- **Elementos bióticos.** Son aquellos elementos de un ecosistema que poseen vida, es decir, todos los seres vivos que lo habitan, Por ejemplo: la flora y la fauna. (Editorial Etecé, 2022)
- **Elementos abióticos.** Son aquellos factores sin vida que forman parte de un ecosistema. Por ejemplo: condiciones climáticas, relieve, variación del pH, presencia de luz solar (Editorial Etecé, 2022)

## Tipos de ecosistema

Los ecosistemas mixtos combinan medios acuáticos y terrestres.

Existen diversos tipos de ecosistema que se clasifican de acuerdo al hábitat en el que se ubican:

- **Ecosistemas acuáticos.** Se caracterizan por la presencia de agua como componente principal y son el tipo de ecosistema más abundante: constituyen casi el 75 % de todos los ecosistemas conocidos. En este grupo se incluyen los ecosistemas de los océanos y los de las aguas continentales dulces o saladas, como ríos, lagos y lagunas. (Editorial Etecé, 2022)
- **Ecosistemas terrestres.** Tienen lugar sobre la corteza terrestre y fuera del agua en diversos tipos de relieve: montañas, planicies, valles, desiertos. Existen entre ellos diferencias importantes de temperatura, concentración de oxígeno y clima, por lo que la biodiversidad de estos ecosistemas es grande y variada. Algunos ejemplos de este tipo de ecosistemas son los bosques, los matorrales, la estepa y los desiertos. (Editorial Etecé, 2022)
- **Ecosistemas mixtos.** Son ecosistemas que se ubican en zonas de “intersección” de distintos tipos de terrenos, por ejemplo, en los que se

combinan el medio acuático y el terrestre. Los ecosistemas mixtos también llamados híbridos, comparten características tanto de ecosistemas terrestres como de los acuáticos, y se los considera zonas de transición entre ambos tipos de ecosistemas mencionados. Los seres vivos que habitan en este tipo de ecosistemas (como los anfibios) pasan la mayor parte del tiempo en uno de los dos ecosistemas, pero requieren del otro para reposar, alimentarse o procrear. Algunos ejemplos de este tipo de ecosistemas son los manglares, los esteros y las costas. (Editorial Etecé, 2022)

- **Ecosistemas microbianos.** Son ecosistemas formados por organismos microscópicos que habitan en prácticamente todos los ambientes, tanto acuáticos como terrestres, e incluso dentro de organismos mayores, como es el caso de la flora microbiana intestinal. (Editorial Etecé, 2022)
- **Ecosistemas artificiales.** Son aquellos ecosistemas creados y/o intervenidos por el ser humano, por lo cual también se los conoce como ecosistemas antrópicos. Algunos ejemplos de estos ecosistemas, que son cada vez más comunes en nuestro planeta, son los ecosistemas urbanos, los embalses y los ecosistemas agrícolas (Editorial Etecé, 2022)

#### ***2.1.4. Impactos por cambios de usos del suelo***

Cuando un bosque es talado y el suelo donde crecía es destinado a otras actividades, como la agricultura, la minería o el desarrollo urbano, este proceso se denomina cambio de uso del suelo. Este cambio es problemático por muchas razones.

En primer lugar, el cambio de uso del suelo incrementa las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto se debe a que los bosques son el hogar de muchos árboles y plantas, que capturan CO<sub>2</sub> de forma natural. Sin embargo, cuando son talados, el CO<sub>2</sub> que anteriormente capturaban, así como otros GEI, son liberados a la

atmósfera. Este aumento en la cantidad de GEI en la atmósfera es una de las principales causas del cambio climático.

Otra razón es que, cada vez que se tala un bosque, se pierde biodiversidad: el 70% de la pérdida de biodiversidad es por la deforestación. Esta pérdida es un problema por muchas razones. Una de las razones más importantes es que la vida depende de los ecosistemas en los que vivimos. Si los sobreexplotamos, esta se vuelve más difícil de sostener.

Otra razón importante por la que el cambio de uso del suelo es una preocupación medioambiental, es la relación con el desperdicio de alimentos. En todo el mundo, este desperdicio produce aproximadamente 3,3 giga toneladas de CO<sub>2</sub> cada año. La mitad de la tierra habitable del planeta se usa para agricultura; y se produce comida que nunca se comerá en el 28% de esa tierra. Cuando los bosques son convertidos a campos agrícolas, muchos de los alimentos producidos en estos suelos se desperdician o se pierden. En resumen, talamos bosques para convertir esos suelos en campos agrícolas, para producir alimentos que, en un gran porcentaje, se desperdiciarán. Estos alimentos que nadie comerá causan el 8% de las emisiones de GEI a nivel mundial. (Iturralde & Holgan, 2020)

### ***2.1.5. Uso de imágenes de satélite para evaluar los efectos de cambio de cobertura de suelo***

Se analizó el cambio de la cobertura y uso del suelo a través de la fotointerpretación de imágenes satelitales LANDAST para cada año, realizando la clasificación supervisada de los diferentes tipos de coberturas a través del sistema de clasificación Corine Land Cover (CLC). La información se clasificó según el año teniendo de referencia en el periodo a estudiar que pueden ser 10 o 20 años anteriores al año de investigación para tener un enfoque más actualizado de la información.

Las variaciones de las coberturas vegetales en la superficie terrestre, en determinados periodos de tiempo, son un importante indicador ambiental que ha sido empleado en diferentes ámbitos, desde estudios relacionados a las dinámicas de los ecosistemas, da una orientación en la toma de decisiones en temas de planificación del territorio ligadas al desarrollo de la determinada zona de estudio (Espilco & Arana, 2020).

## 2.2. Marco Teórico

La transformación, impacto y degradación del ambiente a escala global, como: cambios en el uso del suelo, pérdida de la biodiversidad, erosión del suelo, cambios en la composición de la atmosfera y el cambio climático con el pasar de los días cobran mayor relevancia y preocupación en el ser humano. Y es que dada la incertidumbre sobre la dimensión y distribución geográfica de los efectos del cambio climático sobre los individuos, las especies y los ecosistemas, el fortalecimiento de la capacidad de predicción de esos efectos y de sus impactos económicos y sociales se convierte en un reto de la mayor importancia (Uribe Botero , 2015); aunque la información de los efectos directos e indirectos del cambio climático sobre las especies y los ecosistemas de la región son escasos, según el informe del IPCC 2007 entre los principales impactos del cambio climático sobre la biodiversidad en América Latina se incluye:

- *Afectación de la ecología de bosques nublados, bosques tropicales y hábitats de zonas bajas como arrecifes coralinos y manglares, y los humedales (IPCC, 2007)*
- *Elevación del nivel del mar que conduciría a la pérdida de ecosistemas de manglar a una tasa de entre el 1% y 2% por año. Esto, a su vez, afectaría la dinámica de poblaciones de algunos tipos de peces, moluscos y mamíferos acuáticos como las ballenas (IPCC, 2007)*

- *Cambios en la dinámica de las poblaciones de fauna y flora cuyos ciclos de vida dependen del regular funcionamiento de cuerpos de agua cuya dinámica se vería afectada por aumentos en la variabilidad climática y por cambios en la disponibilidad de agua. (IPCC, 2007)*
- *Afectación de la dinámica de poblaciones que habitan ecosistemas de alta montaña (páramos, lagunas y boques alto andinos) que podrían verse afectadas por los cambios hidrológicos que resulten como consecuencia de la pérdida y retirada de glaciares (IPCC, 2007)*

Ahora bien, los ecosistemas naturales constituyen el sistema de soporte de vida del planeta, y es precisamente su degradación acelerada lo que está generando la severa crisis ambiental en la que nos encontramos, se vuelve imprescindible: 1) frenar el deterioro de los ecosistemas naturales; 2) restaurar los ecosistemas ya deteriorados y 3) diseñar sistemas productivos que imiten lo mejor posible a los ecosistemas naturales. (Maass).

En Colombia el objetivo de la Ley 388 de 1997 es “*promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico*” en esta ley se encuentran los determinantes de los planes territoriales relacionados con los procesos de cambio en el uso de suelo, áreas de parques nacionales, áreas de reserva, suelos de protección, y las regulaciones sobre conservación, preservación, uso y manejo del medio ambiente y de los recursos naturales renovables. (Congreso de Colombia, 1997)

Entre los fundamentos de la política ambiental colombiana se encuentra la Ley 99 de 1993 la cual dicta en sus principios generales que las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial (Congreso de Colombia, 1993) y en el decreto 1640 de 2012

se reglamenta los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos. (Congreso de Colombia, 2012)

Actualmente estos planes están en proceso de incorporar los criterios de gestión del cambio climático de manera adecuada, por lo que implica un mayor conocimiento en cuestiones del régimen hidrológico, la demanda del recurso, la evaluación de escenarios críticos de precipitación y temperatura, para así establecer metas claras y especializadas de protección y restauración. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

También se encuentran los planes y programas de conservación, en estos se definen prioridades de conservación, se plantean lineamientos y metas sobre las acciones que son críticas para lograr y hacer monitoreo del progreso para ajustar las prácticas adecuadamente. Según el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible se cuenta con 20 planes y programas de conservación a nivel nacional entre ellos como lo es el plan de acción para la conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquies publicado en el 2015, ahora el programa de "Conservación, Restauración y Manejo Sostenible de Ecosistemas Forestales en Cuencas Hidrográficas", busca asegurar la renovación y disponibilidad del recurso hídrico para el consumo humano y las actividades productivas, a través de la financiación de proyectos para el establecimiento de plantaciones protectoras, productoras, cercas vivas, sistemas agroforestales y enriquecimiento de bosques naturales, cumpliendo la función de rehabilitar los ecosistemas forestales degradados y recuperar la conectividad estructural y funcional del paisaje para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y el mantenimiento de poblaciones viables de flora y fauna nativa (IDEAM, 2015).

Santander cuenta con diferentes ecosistemas estratégicos y categorías de áreas de importancia ambiental. Según la Ley 1930 de 2019 Los páramos, por ser

indispensables en la provisión del recurso hídrico, se consideran de prioridad nacional e importancia estratégica para la conservación de la biodiversidad del país, desafortunadamente los ecosistemas también son frágiles, se degradan, primordialmente por el uso irracional causado por las actividades antropogénicas, lo cual pone en riesgo la supervivencia de especies de flora y fauna. (Congreso de Colombia, 2018).

Ahora bien, la Biodiversidad de la Microcuenca se debe al estar ubicada junto a zonas de paramos y relictos de bosque secundario en sentido suroccidente – nororiental; sin embargo, debido a la alteración en el aspecto climático, precipitación y a la sobre explotación de recurso natural hay repercusiones directas en los cambios de tipo y tamaño de vegetación además que las actividades antrópicas también tienen repercusión en el uso del suelo alguna de ellas: Tala y quema de bosques, Según un estudio realizado sobre la Caracterización de Agentes, Motores y Causas Subyacentes de la Deforestación en Santander, la expansión de la frontera agrícola y pecuaria, junto con el aprovechamiento ilegal de la madera y la minería ilícita, se constituyen en los mayores agentes de deforestación del Departamento. Este es un ejemplo de eventos que pueden ocasionar efectos nocivos, tales como: la reducción de la disponibilidad y calidad de agua, la presencia de plagas que afectan la producción agrícola y el incremento de suelos urbanos o de reserva agrícola. (Aguirre Dávila, 2016). Para la cuantificación de la deforestación en Colombia, se realiza aplicando una relación de cobertura boscosa en un lapso de tiempo que se basa en el mapa de cambio de coberturas de Bosque/No Bosque para el periodo de análisis en formato Raster. (IDEAM, 2011).

Finalmente, la cobertura y uso actual del suelo en la Microcuenca Rio Tona contiene Cultivos agrícolas tanto transitorios correspondientes a: Plátano, apio Arveja, Frijol , entre Otros; como permanentes el principal cultivo es el de Café y otros de menor escala como el cacao, también se encuentra usos de suelo como

Pastizales, Rastrojos, Herbáceas, Bosques Natural Secundario y Bosques plantados como lo es el Pino Pátula. (CDMB, s.f). Respecto al uso potencial se encuentran las categorías de Tierras de Producción con el 53.3% y Tierras de protección y de especial importancia ambiental con 46.7%. (CDMB, s.f)

### **2.3. Marco Legal**

A través del tiempo el hombre con su evolución ha generado progreso, y a su vez se han generado grandes problemas al planeta tierra al ser explotada desmedidamente. Ha pasado el tiempo y se han presentados gravísimos problemas al ambiente como contaminación del agua, deforestación, entre otros; los estados y organizaciones internacionales han establecido leyes, decretos, tratados, acuerdos y una serie de elementos para la conservación de ecosistemas y cambio climático que serán presentadas en este espacio.

Desde los años 70 se empezó a legislar sobre el tema ambiental, y la creación de instrumentos que permitan conservar los ecosistemas ambientales del planeta y enfrentar los efectos del cambio climático (Gutiérrez Bastida, 2013). A continuación, presentaremos una serie de eventos que enmarcan la legislación para el tema de este proyecto.

Cabe resaltar que el gobierno nacional ha generado unos planes de acción para la conservación de especies y ecosistemas, herramientas indispensables en la conservación de la biodiversidad. En los planes se definen las prioridades de conservación se plantean lineamientos y metas sobre las acciones que son críticas para lograr y hacer monitoreo del progreso para ajustar las prácticas adecuadamente. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia).

### **2.3.1. Legislación Internacional**

En 1979 se realizó la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima. Ginebra, Suiza. En la actualidad se suele hacer referencia como (PCMC o CMC-1) fue organizada por un Comité presidido por Robert M. White, de los Estados Unidos, y se celebró en el Centro internacional de conferencias de Ginebra, del 12 al 23 de febrero de 1979. Fue convocada por la OMM (Organización Meteorológica Mundial), en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el CIUC y otros socios científicos como “una conferencia mundial de expertos sobre el clima y la Humanidad”. Asistieron cerca de 350 especialistas procedentes de 53 países y 24 organizaciones internacionales, todos ellos pertenecientes a disciplinas entre las que se incluían la agricultura, los recursos hidrológicos, la pesca, la energía, el medio ambiente, la ecología, la biología, la medicina, la sociología y la economía (Zillman\*, 2008).

1992 declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Habiéndose reunido en Rio de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992, se reafirmó la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, aprobada en Estocolmo el 16 de junio de 1972, y basándose en ella, se estableció una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas, procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial, reconociendo la naturaleza integral de la Tierra (Organización de las Naciones Unidas ONU, 1992). Se proclamaron 27 principios:

- Principio 1: Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
- Principio 2: De conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y los principios del derecho internacional, los Estados tienen el derecho soberano de aprovechar sus propios recursos según sus propias políticas ambientales y de desarrollo, y la responsabilidad de velar por que las actividades realizadas dentro de su jurisdicción o bajo su control no causen daños al medio ambiente de otros Estados o de zonas que estén fuera de los límites de la jurisdicción nacional.
- Principio 3: El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.
- Principio 4: A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.
- Principio 5: Todos los Estados y todas las personas deberán cooperar en la tarea esencial de erradicar la pobreza como requisito indispensable del desarrollo sostenible, a fin de reducir las disparidades en los niveles de vida y responder mejor a las necesidades de la mayoría de los pueblos del mundo.
- Principio 6: Se deberá dar especial prioridad a la situación y las necesidades especiales de los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados y los más vulnerables desde el punto de vista ambiental. En las medidas internacionales que se adopten con respecto al medio ambiente y

al desarrollo también se deberían tener en cuenta los intereses y las necesidades de todos los países.

- Principio 7: Los Estados deberán cooperar con espíritu de solidaridad mundial para conservar, proteger y restablecer la salud y la integridad del ecosistema de la Tierra. En vista de que han contribuido en distinta medida a la degradación del medio ambiente mundial, los Estados tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas. Los países desarrollados reconocen la responsabilidad que les cabe en la búsqueda internacional del desarrollo sostenible, en vista de las presiones que sus sociedades ejercen en el medio ambiente mundial y de las tecnologías y los recursos financieros de que disponen.
- Principio 8: Para alcanzar el desarrollo sostenible y una mejor calidad de vida para todas las personas, los Estados deberían reducir y eliminar las modalidades de producción y consumo insostenibles y fomentar políticas demográficas apropiadas.
- Principio 9: Los Estados deberían cooperar en el fortalecimiento de su propia capacidad de lograr el desarrollo sostenible, aumentando el saber científico mediante el intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos, e intensificando el desarrollo, la adaptación, la difusión y la transferencia de tecnologías, entre estas, tecnologías nuevas e innovadoras.
- Principio 10: El mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda. En el plano nacional, toda persona deberá tener acceso adecuado a la información sobre el medio ambiente de que dispongan las autoridades públicas, incluida la información sobre los materiales y las

actividades que encierran peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones. Los Estados deberán facilitar y fomentar la sensibilización y la participación de la población poniendo la información a disposición de todos. Deberá proporcionarse acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos, entre éstos el resarcimiento de daños y los recursos pertinentes.

- Principio 11: Los Estados deberán promulgar leyes eficaces sobre el medio ambiente. Las normas, los objetivos de ordenación y las prioridades ambientales deberían reflejar el contexto ambiental y de desarrollo al que se aplican. Las normas aplicadas por algunos países pueden resultar inadecuadas y representar un costo social y económico injustificado para otros países, en particular los países en desarrollo.
  
- Principio 12: Los Estados deberían cooperar en la promoción de un sistema económico internacional favorable y abierto que llevara al crecimiento económico y el desarrollo sostenible de todos los países, a fin de abordar en mejor forma los problemas de la degradación ambiental. Las medidas de política comercial con fines ambientales no deberían constituir un medio de discriminación arbitraria o injustificable ni una restricción velada del comercio internacional. Se debería evitar tomar medidas unilaterales para solucionar los problemas ambientales que se producen fuera de la jurisdicción del país importador. Las medidas destinadas a tratar los problemas ambientales transfronterizos o mundiales deberían, en la medida de lo posible, basarse en un consenso internacional.
  
- Principio 13: Los Estados deberán desarrollar la legislación nacional relativa a la responsabilidad y la indemnización respecto de las víctimas de la

contaminación y otros daños ambientales. Los Estados deberán cooperar asimismo de manera expedita y más decidida en la elaboración de nuevas leyes internacionales sobre responsabilidad e indemnización por los efectos adversos de los daños ambientales causados por las actividades realizadas dentro de su jurisdicción, o bajo su control, en zonas situadas fuera de su jurisdicción.

- Principio 14: Los Estados deberían cooperar efectivamente para desalentar o evitar la reubicación y la transferencia a otros Estados de cualesquiera actividades y sustancias que causen degradación ambiental grave o se consideren nocivas para la salud humana.
  
- Principio 15: Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.
  
- Principio 16: Las autoridades nacionales deberían procurar fomentar la internalización de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos, teniendo en cuenta el criterio de que el que contamina debe, en principio, cargar con los costos de la contaminación, teniendo debidamente en cuenta el interés público y sin distorsionar el comercio ni las inversiones internacionales.
  
- Principio 17: Deberá emprenderse una evaluación del impacto ambiental, en calidad de instrumento nacional, respecto de cualquier actividad propuesta que probablemente haya de producir un impacto negativo considerable en el

medio ambiente y que esté sujeta a la decisión de una autoridad nacional competente.

- Principio 18: Los Estados deberán notificar inmediatamente a otros Estados de los desastres naturales u otras situaciones de emergencia que puedan producir efectos nocivos súbitos en el medio ambiente de esos Estados. La comunidad internacional deberá hacer todo lo posible por ayudar a los Estados que resulten afectados.
- Principio 19: Los Estados deberán proporcionar la información pertinente y notificar previamente y en forma oportuna a los Estados que posiblemente resulten afectados por actividades que puedan tener considerables efectos ambientales transfronterizos adversos, y deberán celebrar consultas con esos Estados en una fecha temprana y de buena fe.
- Principio 20: Las mujeres desempeñan un papel fundamental en la ordenación del medio ambiente y en el desarrollo. Es, por tanto, imprescindible contar con su plena participación para lograr el desarrollo sostenible.
- Principio 21: Debería mobilizarse la creatividad, los ideales y el valor de los jóvenes del mundo para forjar una alianza mundial orientada a lograr el desarrollo sostenible y asegurar un mejor futuro para todos.
- Principio 22: Las poblaciones indígenas y sus comunidades, así como otras comunidades locales, desempeñan un papel fundamental en la ordenación del medio ambiente y en el desarrollo debido a sus conocimientos y prácticas tradicionales. Los Estados deberían reconocer y apoyar debidamente su

identidad, cultura e intereses y hacer posible su participación efectiva en el logro del desarrollo sostenible.

- Principio 23: Deben protegerse el medio ambiente y los recursos naturales de los pueblos sometidos a opresión, dominación y ocupación.
- Principio 24: La guerra es, por definición, enemiga del desarrollo sostenible. En consecuencia, los Estados deberán respetar las disposiciones de derecho internacional que protegen al medio ambiente en épocas de conflicto armado, y cooperar en su ulterior desarrollo, según sea necesario.
- Principio 25: La paz, el desarrollo y la protección del medio ambiente son interdependientes e inseparables.
- Principio 26: Los Estados deberán resolver pacíficamente todas sus controversias sobre el medio ambiente por medios que corresponda con arreglo a la Carta de las Naciones Unidas.
- Principio 27: Los Estados y las personas deberán cooperar de buena fe y con espíritu de solidaridad en la aplicación de los principios consagrados en esta Declaración y en el ulterior desarrollo del derecho internacional en la esfera del desarrollo sostenible (Organización de las Naciones Unidas ONU, 1992).

Convenio Marco de la ONU, 1997. sobre Cambio Climático. El Protocolo de Kyoto pone en funcionamiento la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático comprometiendo a los países industrializados a limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de conformidad con las metas individuales acordadas. La propia Convención sólo pide a esos países que adopten políticas y medidas de mitigación y que informen periódicamente.

El Protocolo de Kyoto se basa en los principios y disposiciones de la Convención y sigue su estructura basada en los anexos. Sólo vincula a los países desarrollados y les impone una carga más pesada en virtud del principio de "responsabilidad común pero diferenciada y capacidades respectivas", porque reconoce que son los principales responsables de los actuales altos niveles de emisiones de GEI en la atmósfera. En su Anexo B, el Protocolo de Kyoto establece objetivos vinculantes de reducción de las emisiones para 36 países industrializados y la Unión Europea. En conjunto, esos objetivos suponen una reducción media de las emisiones del 5 % en comparación con los niveles de 1990 en el quinquenio 2008-2012 (el primer período de compromiso) (La secretaría de la CMNUCC, s.f.).

La Organización Internacional para la Normalización ISO, ha creado una serie de pautas que son un conjunto de normas voluntarias, las cuales no tienen obligación legal. La norma ISO 14001, Sistemas de Gestión Ambiental, Requisitos orientados para su uso y la norma ISO 14004, Sistemas de Gestión Ambiental, directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo; los demás documentos de la serie ISO 14000, son herramientas de apoyo a los sistemas de gestión ambiental orientados a facilitar la evaluación de la organización, como las normas de auditoría y evaluación del desempeño ambiental; y el análisis y evaluación del producto como las normas del análisis del ciclo de vida y etiquetado ecológico (Ortíz Mendez, 2009).

### **2.3.2. Legislación Nacional**

En Colombia existen herramientas de planificación y de leyes las cuales establecen las normas para la gestión en temas como el cambio climático, cambio de uso suelo, protección de ecosistemas y conservación de las cuencas hidrográficas, que se presentaran a continuación:

- Ley 1931 de 2018. Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático. La presente ley tiene por objeto establecer las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas, la concurrencia de la Nación, Departamentos, Municipios, Distritos, Áreas Metropolitanas y Autoridades Ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono (Congreso de Colombia, 2018).

✓ Artículo 3. Definiciones:

13. Planes Integrales de Gestión Del Cambio Climático Sectoriales. Los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Sectoriales (PIGCCS) son los instrumentos a través de los cuales cada Ministerio identifica, evalúa y orienta la incorporación de medidas de mitigación de gases efecto invernadero y adaptación al cambio climático en las políticas y regulaciones del respectivo sector.

14. Planes Integrales de Gestión Del Cambio Climático Territoriales. Los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales (PIGCCT) son los instrumentos a través de los cuales las entidades territoriales y autoridades ambientales regionales identifican, evalúan, priorizan, y definen medidas y acciones de adaptación y de mitigación de emisiones de gases efecto invernadero, para ser implementados en el territorio para el cual han sido formulados.

- ✓ Artículo 27. Sistema de monitoreo de bosques y carbono. A través del SMBYC, el IDEAM generará la información oficial para la adopción de medidas que conduzcan a reducir la deforestación y contribuyan a la planificación y gestión sostenible de los bosques naturales en el territorio colombiano, y para el cumplimiento de los compromisos de Colombia en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático-CMNUCC, y otros compromisos internacionales, así como para la elaboración de los Niveles de Referencia de las Emisiones Forestales (NREF). Esta información será empleada y servirá como referente en la implementación de las iniciativas REDD+ (Congreso de Colombia, 2018).
  
- Ley 388 de 1997. Esta ley tiene por objeto:
  - ✓ Armonizar y actualizar las disposiciones contenidas en la Ley 9 de 1989 con las nuevas normas establecidas en la Constitución Política, la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo, la Ley Orgánica de Áreas Metropolitanas y la Ley por la que se crea el Sistema Nacional Ambiental.
  
  - ✓ El establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.
  
  - ✓ Garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los

derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres.

- ✓ Promover la armoniosa concurrencia de la Nación, las entidades territoriales, las autoridades ambientales y las instancias y autoridades administrativas y de planificación, en el cumplimiento de las obligaciones constitucionales y legales que prescriben al Estado el ordenamiento del territorio, para lograr el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.
- ✓ Facilitar la ejecución de actuaciones urbanas integrales, en las cuales confluyan en forma coordinada la iniciativa, la organización y la gestión municipales con la política urbana nacional, así como con los esfuerzos y recursos de las entidades encargadas del desarrollo de dicha política (Congreso de Colombia, 1997).
- ✓ Artículo 3. Función pública del urbanismo  
Atender los procesos de cambio en el uso del suelo y adecuarlo en aras del interés común, procurando su utilización racional en armonía con la función social de la propiedad a la cual le es inherente una función ecológica, buscando el desarrollo sostenible.
- ✓ Artículo 5. Concepto.  
El ordenamiento del territorio municipal y distrital comprende un conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, emprendidas por los municipios o distritos y áreas metropolitanas, en ejercicio de la función pública que les compete,

dentro de los límites fijados por la Constitución y las leyes, en orden a disponer de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio bajo su jurisdicción y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales.

- ✓ Artículo 6.Objeto. El ordenamiento del territorio municipal y distrital tiene por objeto complementar la planificación económica y social con la dimensión territorial, racionalizar las intervenciones sobre el territorio y orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible, mediante:
  - La definición de las estrategias territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo, en función de los objetivos económicos, sociales, urbanísticos y ambientales.
  - El diseño y adopción de los instrumentos y procedimientos de gestión y actuación que permitan ejecutar actuaciones urbanas integrales y articular las actuaciones sectoriales que afectan la estructura del territorio municipal o distrital.
  - La definición de los programas y proyectos que concretan estos propósitos. El ordenamiento del territorio municipal y distrital se hará tomando en consideración las relaciones intermunicipales, metropolitanas y regionales; deberá atender las condiciones de diversidad étnica y cultural, reconociendo el pluralismo y el respeto a la diferencia; e incorporará instrumentos que permitan regular las dinámicas de transformación territorial de manera que se optimice la utilización de los recursos naturales y humanos para el logro de

condiciones de vida dignas para la población actual y las generaciones futuras (Congreso de Colombia, 1997).

- Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones (Congreso de Colombia, 2012).
  - ✓ Artículo 1. De la gestión del riesgo de desastres. La gestión del riesgo de desastres, en adelante la gestión del riesgo, es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.
  - Parágrafo 1°. La gestión del riesgo se constituye en una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo y, por lo tanto, está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población.
  - ✓ Artículo 81. Proyectos de Desarrollo Urbano. El Gobierno Nacional podrá promover, ejecutar y financiar proyectos de desarrollo urbano en los que se definan, de común acuerdo con las autoridades de planeación de los municipios y distritos en el ámbito de sus respectivas competencias, el conjunto de decisiones administrativas y de

actuaciones urbanísticas necesarias para la ejecución de operaciones urbanas que garanticen la habilitación de suelo para la ejecución de los proyectos de construcción de vivienda y reubicación de asentamientos humanos para atender la declaratoria de situación de desastre. En los proyectos de desarrollo urbano se definirán las condiciones para la construcción y reubicación de viviendas, el desarrollo de otros usos, la extensión o ampliación de la infraestructura para el sistema vial, y de servicios públicos domiciliarios, y la ejecución de espacios públicos y equipamientos colectivos, ya sea que se trate de predios urbanos, rurales o de expansión urbana (Congreso de Colombia, 2012).

- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones (Congreso de Colombia, 1993).
  - ✓ Artículo 5. Funciones del Ministerio. Corresponde al Ministerio del Medio Ambiente:
    - Expedir y actualizar el estatuto de zonificación de uso adecuado del territorio para su apropiado ordenamiento y las regulaciones nacionales sobre el uso del suelo en lo concerniente a sus aspectos ambientales y fijar las pautas generales para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas y demás áreas de manejo especial; Reglamentado parcialmente por el Decreto Nacional 1729 de 2002.

- Ordenar y establecer las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas ubicadas dentro del área de su jurisdicción, conforme a las disposiciones superiores y a las políticas nacionales.
  
- Promover y ejecutar obras de irrigación, avenamiento, defensa contra las inundaciones, regulación de cauces y corrientes de agua, y de recuperación de tierras que sean necesarias para la defensa, protección y adecuado manejo de las cuencas hidrográficas del territorio de su jurisdicción, en coordinación con los organismos directores y ejecutores del Sistema Nacional de Adecuación de Tierras, conforme a las disposiciones legales y a las previsiones técnicas correspondientes; Cuando se trate de obras de riego y avenamiento que de acuerdo con las normas y los reglamentos requieran de Licencia Ambiental, esta deberá ser expedida por el Ministerio del Medio Ambiente.
  
- Regular la conservación, preservación, uso y manejo del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, en las zonas marinas y costeras, y coordinar las actividades de las entidades encargadas de la investigación, protección y manejo del medio marino, de sus recursos vivos, y de las costas y playas; así mismo, le corresponde regular las condiciones de conservación y manejo de ciénagas, pantanos, lagos, lagunas y demás ecosistemas hídricos continentales.
  
- ✓ Artículo 33. Creación y Transformación de las Corporaciones Autónomas Regionales. La administración del medio ambiente y los recursos naturales renovables estará en todo el territorio nacional a cargo de Corporaciones Autónomas Regionales.

- ✓ Artículo 108. Adquisición por la Nación de Áreas o Ecosistemas de Interés Estratégico para la Conservación de los Recursos Naturales. Las Corporaciones Autónomas Regionales en coordinación y con el apoyo de las entidades territoriales adelantarán los planes de cofinanciación necesarios para adquirir áreas o ecosistemas estratégicos para la conservación, preservación, y recuperación de los recursos naturales. La definición de estas áreas y los procesos de adquisición, conservación y administración deberán hacerse con la activa participación de la sociedad civil (Congreso de Colombia, 1993).
  
- Ley 1930 de 2018. Por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia (Congreso de Colombia, 2018).
  - ✓ Artículo 1. El objeto de la presente ley es establecer como ecosistemas estratégicos los páramos, así como fijar directrices que propendan por su integralidad, preservación, restauración, uso sostenible y generación de conocimiento.
  - ✓ Artículo 2. Principios. Los páramos deben ser entendidos como territorios de protección especial que integran componentes biológicos, geográficos, geológicos e hidrográficos, así como aspectos sociales y culturales.

El ordenamiento del uso del suelo deberá estar enmarcado en la sostenibilidad e integralidad de los páramos.

En cumplimiento de la garantía de participación de la comunidad, contemplada en el artículo 79 de la Constitución Política de Colombia, se propenderá por la implementación de alianzas para el mejoramiento de las condiciones de vida humana y de los ecosistemas. El Estado colombiano desarrollará los instrumentos de

política necesarios para vincular a las comunidades locales en la protección y manejo sostenible de los páramos.

- ✓ Artículo 5. Prohibiciones. El desarrollo de proyectos, obras o actividades en páramos estará sujeto a los Planes de Manejo Ambiental correspondientes. En todo caso, se deberán tener en cuenta las siguientes prohibiciones:

Desarrollo de actividades de exploración y explotación minera. Para el efecto, el Ministerio de Minas y Energía en coordinación con las autoridades ambientales y regionales y con base en los lineamientos que expida el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamentará los lineamientos para el programa de sustitución que involucra el cierre, desmantelamiento, restauración y reconfiguración de las áreas intervenidas por las actividades mineras, y diseñará, financiará y ejecutará los programas de reconversión o reubicación laboral de los pequeños mineros tradicionales que cuenten con título minero y autorización ambiental, procurando el mejoramiento de sus condiciones de vida (Congreso de Colombia, 2018).

- Decreto 1210 de 2020. "Por el cual se modifica y adiciona parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario de Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico, se reglamenta parcialmente el artículo 279 de la Ley 1955 de 2019 y se dictan otras disposiciones" (Duque Márquez, 2020).

Considerando: Que la Constitución Política de Colombia en sus artículos 79 y 80 establece que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y

fomentar la educación ambiental para garantizar el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución; debiendo prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados (Duque Márquez, 2020). Este decreto modifico algunos artículos.

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El presente proyecto es una investigación de tipo exploratoria, descriptiva y correlacional, tiene un enfoque tanto cualitativo, como cuantitativo. Se utiliza un método de observación deductivo y análisis con técnicas experimentales, datos de campo, uso de tecnologías y herramientas geomáticas. A continuación, se describen las Fases en que se va a realizar el proyecto:

#### 3.1. Fase 1: Desarrollo de la investigación

En esta fase se muestra la ubicación de la zona de estudio, se expondrá las características relevantes de la misma, tales como: Área, longitud, forma; también se determinará la geología y geomorfología presente allí. También se mostrará el proceso para llevar a cabo la interpretación de las coberturas mediante clasificación supervisada.

##### ***3.1.1. Búsqueda de información geológica y geomorfológica de la zona de estudio.***

Para esta parte de la fase se realizará un análisis de la información brindada por entidades como la alcaldía municipal de Tona, el servicio geológico colombiano, la CDMB - Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales – IDEAM y la plataforma Colombia en mapas, establecimiento de definiciones claras de cada concepto obtenido, clasificación de la información obtenida, visitas a campo, para identificar de una forma más clara y precisa la geomorfología y documentación de la información.

### **3.1.2. Adquisición de las imágenes**

En esta fase inicialmente se adquieren las imágenes de la zona de estudio en el periodo de tiempo establecido, las imágenes se obtendrán del satélite Landsat. Se obtuvieron a través del Sistema Geológico de los Estado Unidos. La utilización de estas imágenes tiene varias ventajas, se trata de uso sensores acreditadas y contrastados, son datos disponibles de acceso libre. La adquisición de imágenes Landsat o resolución espacial es de 16 días para Landsat 7 y 8.

### **3.1.3. Preparación**

Una vez obtenidas las imágenes se procede a prepararlas, para ello se debe realizar, Cálculo de geometría, las correcciones radiométricas y atmosféricas.

### **3.1.4. Interpretación de Coberturas**

Para facilitar la interpretación de las coberturas se utilizó el software ArcGIS, en este se realizaron diferentes combinaciones de bandas en las imágenes de los Satélites Landsat 7,8. Las bandas multispectrales de operación de los satélites se interpretan aspectos como la vegetación, los usos del suelo a las masas de agua. Cada pixel de la imagen contiene un valor que oscila entre negro (valor 0) y blanco (valor 256).

### **3.1.5. Análisis Multitemporal**

Para determinar el cambio de uso del suelo se hará a través de un análisis multitemporal de las coberturas, por lo que aplicará la Leyenda de la Metodología Corine Land Cover.

### **3.1.6. Clasificación Supervisada**

En este proceso se definirán las clases de cobertura a asociar a los píxeles, las coberturas a identificar en el área de estudio. Para identificar las seleccionadas se realizaron las combinaciones de bandas correspondiente para cada imagen satelital con el fin de identificar las zonas urbanizadas, las coberturas de vegetación tales como: bosques densos, bosques fragmentados y arbustales, así mismo, para Identificar la cobertura de Agricultura

### **3.2. Fase 2: Visita a campo**

En esta fase realizaremos una encuesta a la población de la zona para conocer qué opinión tienen sobre la conservación de los ecosistemas

La encuesta será de tipo cualitativa

La metodología que se va a realizar es la siguiente:

1. Identificación del problema: Se debe tener claro el objetivo de la encuesta, realizar una revisión técnica de los aportes bibliográficos del tema a interés
2. Determinación del diseño de la investigación: El investigador debe considerar la planificación del trabajo que se va a realizar, en relación con el problema que se va a estudiar y los fines de la investigación, dependiendo de los recursos que humanos y económicos se determina que tipo de estudio es adecuado
3. Especificación de las hipótesis: La hipótesis es una afirmación no aprobada sobre un fenómeno que se pretende explicar
4. Definición de las variables: La definición adecuada de las variables permite operar la investigación, permite determinar adecuadamente las preguntas de la encuesta

5. Selección de la muestra: Se debe seleccionar una muestra representativa de la población para estudiar los fenómenos y que sea asertiva y no tenga un margen de error muy alto
6. Diseño del cuestionario: El cuestionario es el documento que recoge de forma organizada las variables implicadas en el objetivo de la encuesta
7. Recolección de la información: la recolección se refiere al enfoque sistemático de reunir la información de la muestra ya definida para darle un panorama completo y preciso de la zona de interés
8. Procesamiento y análisis de la información: Es el análisis de la información obtenida, se revisan a fondo y a conciencia todos los datos, ordenarlos y confrontarlos con la hipótesis y la información teórica, esto se logra de la siguiente manera
  1. Se reúnen los datos y se ordenan
  2. Trascibir los datos detalladamente
  3. Confrontar y complementar la información teórica
9. Generación de informes: Se dan a conocer los resultados del cuestionario aplicado a la muestra, se explican los resultados de las variables y se concluye la información recopilada

### **3.3. Fase 3: Resultados y conclusiones**

En esta fase se muestran los resultados obtenidos de la correlación de la información procesada y se plantearán las conclusiones de dichos resultados y del proyecto investigativo en general.

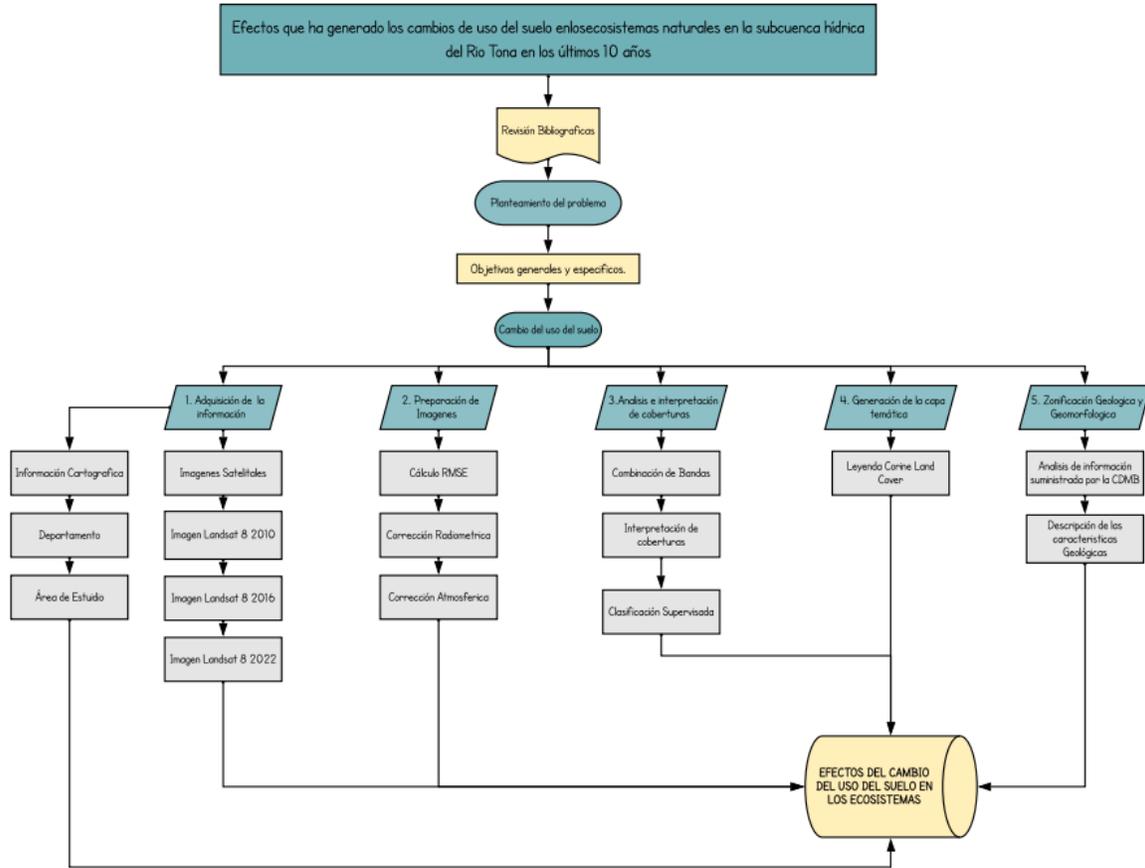


Figura 1. Diagrama Metodológico.  
Fuente: Propia

## 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

### 4.1. Área de Estudio

#### 4.1.1. Ubicación general y características de la subcuenca del río Tona

La sub-cuenca hidrográfica del río Tona se encuentra al nororiente del departamento de Santander (Colombia), nace en el páramo de Santurbán del Macizo de Santander y desemboca en el río Suratá. Esta sub-cuenca, tiene una extensión aproximada de 193.50 km<sup>2</sup>, hace parte de la macro cuenca del río Lebrija que realiza su descarga en el río Magdalena. La sub-cuenca del río Tona tiene una topografía montañosa de fuertes pendientes provocando que los flujos de agua corran con alta capacidad erosiva y de arrastre (Peña, 2018). Geográficamente, se localiza a una latitud de 7°11'8.28" Norte y una longitud de 72°58'47.68" Oeste, correspondiendo esta coordenada a un punto en el centro de la sub-cuenca.

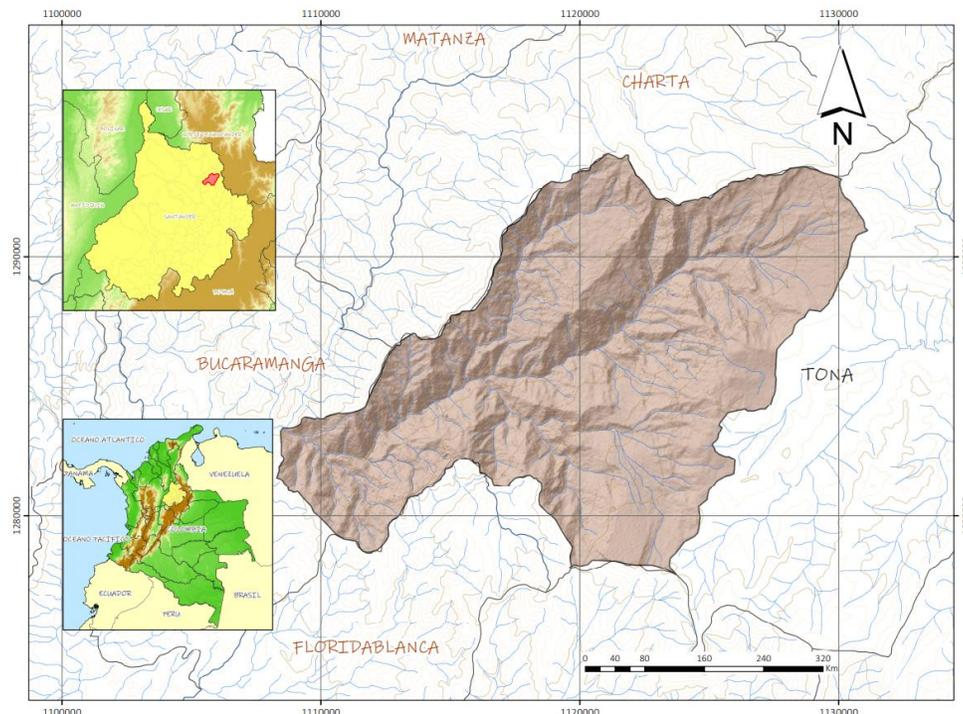


Figura 2. Ubicación general de la Microcuenca Río Tona

Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

La sub-cuenca del río Tona tiene un área de 193.5 km<sup>2</sup>, que pertenece territorialmente a los municipios de Tona con el 91 % del área y Bucaramanga con el 9%. Tiene 19 veredas de las cuales 11 pertenecen al Municipio de Tona y 6 al Municipio de Bucaramanga (CDMB - Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2005). Siendo el municipio de Tona en gran parte el territorio de la sub-cuenca, se resalta su ubicación al Nororiente del departamento de Santander, en la de provincia Soto Norte (EOT Esquema De Ordenamiento Territorial - Municipio de Tona, 2003).

A continuación, se presentan las veredas que tiene influencia sobre la Microcuenca del Río Tona:

Tabla 1. Veredas en la zona de influencia de la sub-cuenca del río Tona

MUNICIPIO	VEREDA
Bucaramanga	Gualilo bajo
Bucaramanga	Monserate
Bucaramanga	Retiro Chiquito
Bucaramanga	Retiro Grande Acueducto
Bucaramanga	Retiro grande Parte baja
Bucaramanga	San José
Tona	Alizal
Tona	Armania
Tona	Babilonia
Tona	Caragua
Tona	El quemado
Tona	Guamarales
Tona	Monte Chiquito
Tona	Palmar
Tona	Pitones
Tona	Tembladal
Tona	Vegas
Tona	Pirigua
Tona	Ucata

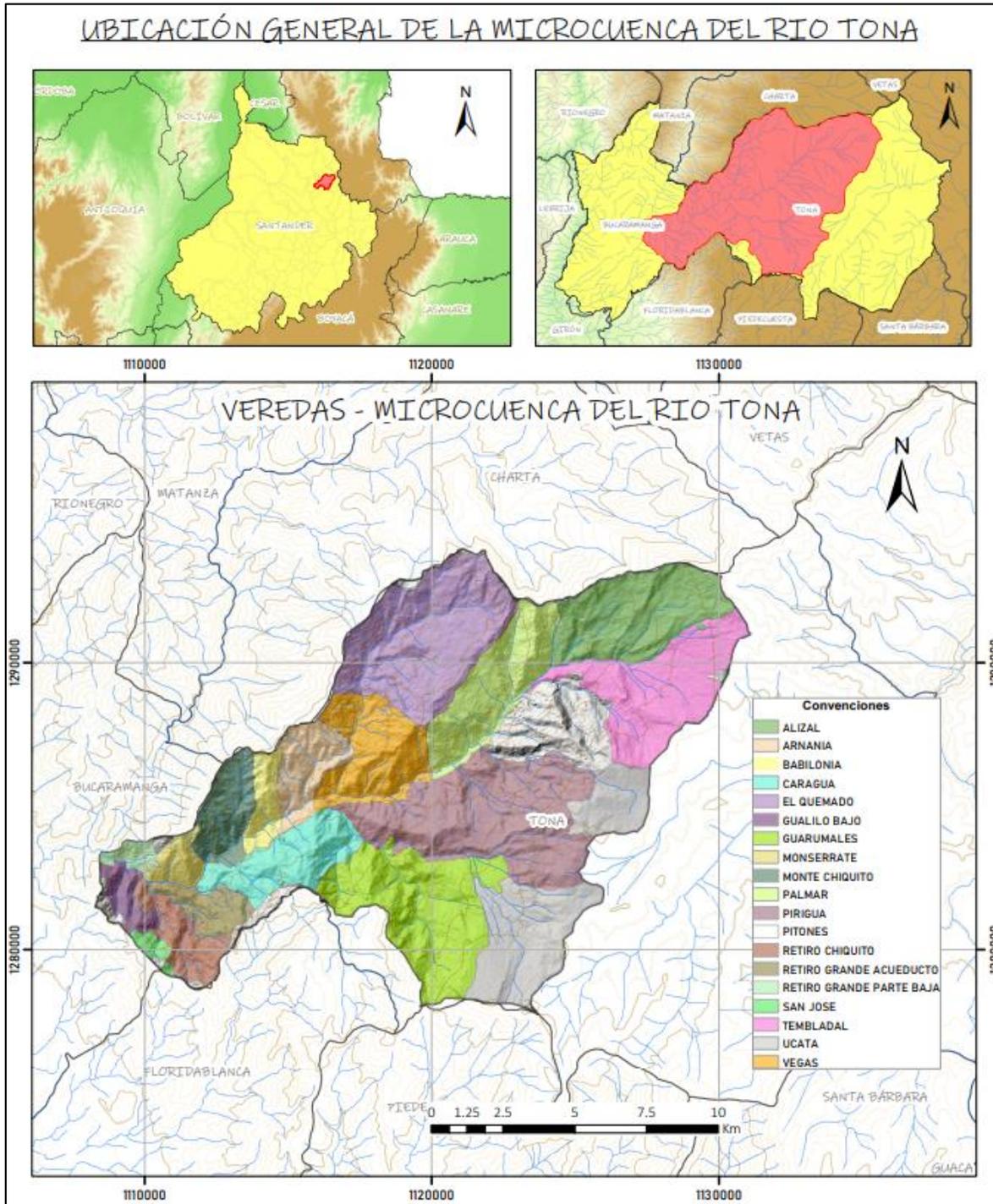


Figura 3. Veredas – Microcuenca Rio Tona

Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

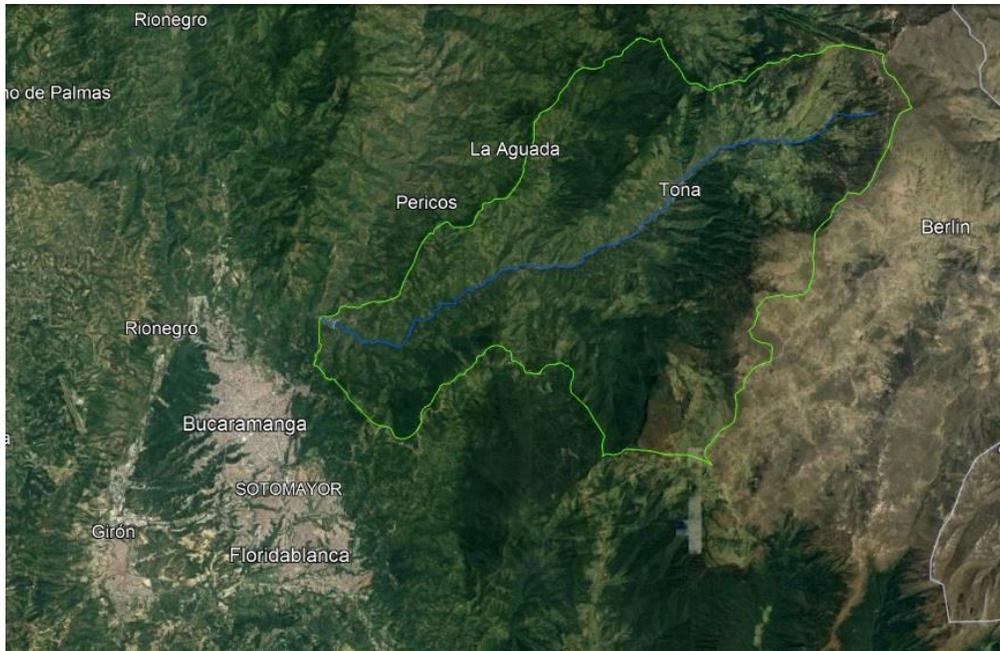


Figura 4. Imagen satelital de la sub-cuenca del río Tona.

Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

### Características de la sub-cuenca del río Tona

- **Área de la cuenca:** corresponde a la proyección en plano horizontal de la superficie delimitada por la divisoria de aguas o puntos más altos, con un valor de 193.50 Km<sup>2</sup> (Peña, 2018).
- **Longitud del cauce principal:** Longitud tomada de la superficie horizontal desde la salida hasta la parte superior de la cuenca con una longitud de 27.03 Km (Peña, 2018).
- **Forma de la cuenca:** La forma de la cuenca influye sobre los escurrimientos, es así como en una cuenca de forma oblonga y tipo embudo como la del Río Tona, los escurrimientos recorren los cauces secundarios hasta llegar a uno principal por lo que la duración del escurrimiento es superior (Peña, 2018).
-

## 4.2. Geomorfología

La microcuenca del río Tona se localiza en la Provincia Fisiográfica Cordillera Oriental y se distribuye en los pisos térmicos extremadamente frío, muy frío, frío y medio (CDBM, 2005). En el área de estudio se encuentran las siguientes Unidades Genéticas de Relieve:

- Relieve Montañoso Glacifluvial
- Relieve Montañoso Fluvioerosional
- Relieve Montañoso Estructural Denudativo
- Piedemonte Coluvial
- Valle aluvial

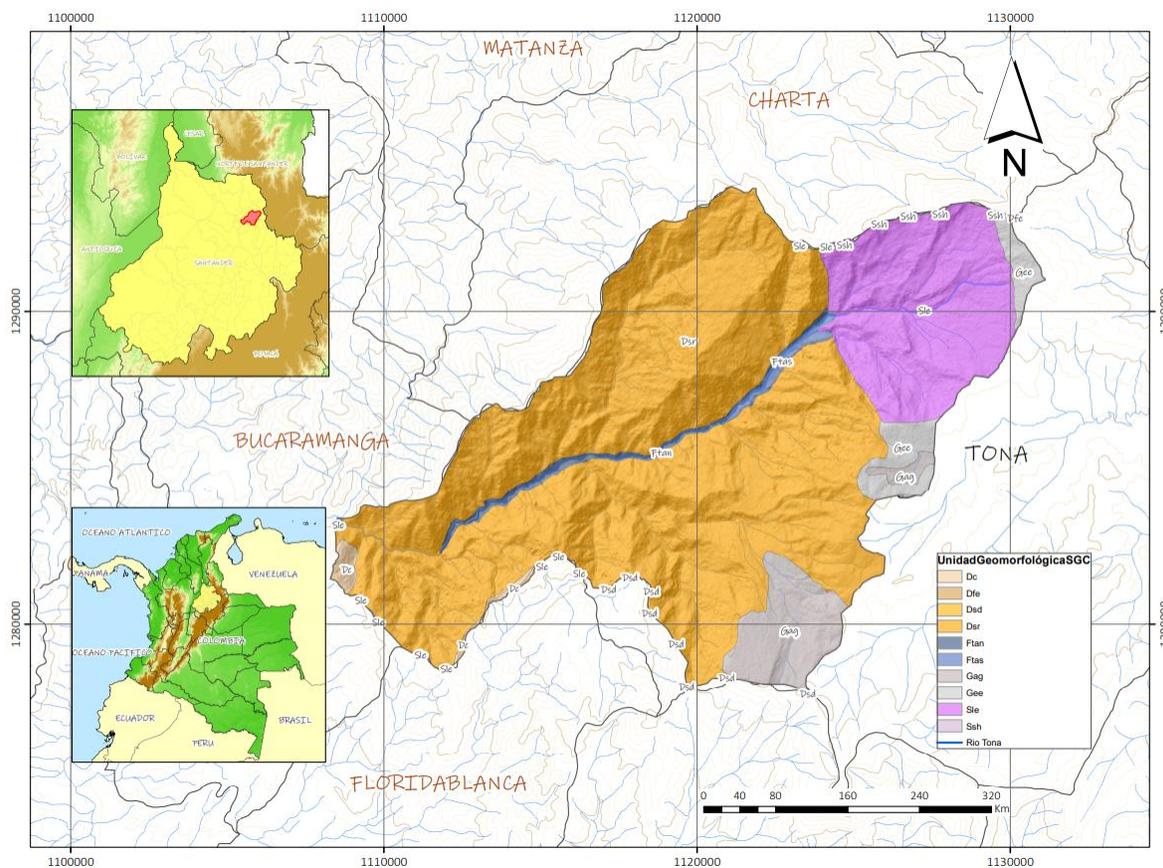


Figura 5. Geomorfología - Microcuenca Río Tona.  
Fuente: Tomada de la CDBM y modificada 2022.

Los paisajes fisiográficos que caracterizan la sub-cuenca son:

- 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, 2005).

## Unidades geomorfológicas de la sub-cuenca del río Tona

### 4.2.1. Ambiente Denudacional:

La disección de los paisajes por los procesos exógenos se manifiesta en procesos erosivos hídricos y gravitatorios o una combinación de los dos. Bajo condiciones climáticas secas, las formas erosivas relacionadas con disección y pérdida del suelo generan fenómenos de erosión en forma laminar, surcos y cárcavas. En cambio, condiciones húmedas favorecen la meteorización del subsuelo y los movimientos gravitatorios con sus deslizamientos y flujos de suelos y escombros. Indudablemente, los dos procesos interactúan para producir un sinnúmero de combinaciones. Aun así, los procesos erosivos hídricos y de remoción en masa, constituyen los dos subambientes dominantes del Ambiente Denudacional (IDEAM, 2013).

Tabla 2. Unidad Geomorfológica - Dc.

GEOMORFOLOGÍA		OBSERVACIONES
<b>Región</b>	Ambiente Denudacional	Esta unidad se caracteriza por una superficie amplia, Convexa a plana, con pendientes planas a inclinadas.
<b>Unidad</b>	Cerros Residuales	
<b>Subunidad</b>	Ladera denudada	
<b>componente</b>	Escarpes	
<b>Acrónimo</b>	Dc	
<b>Nombre</b>	Cima	
<b>Color</b>		

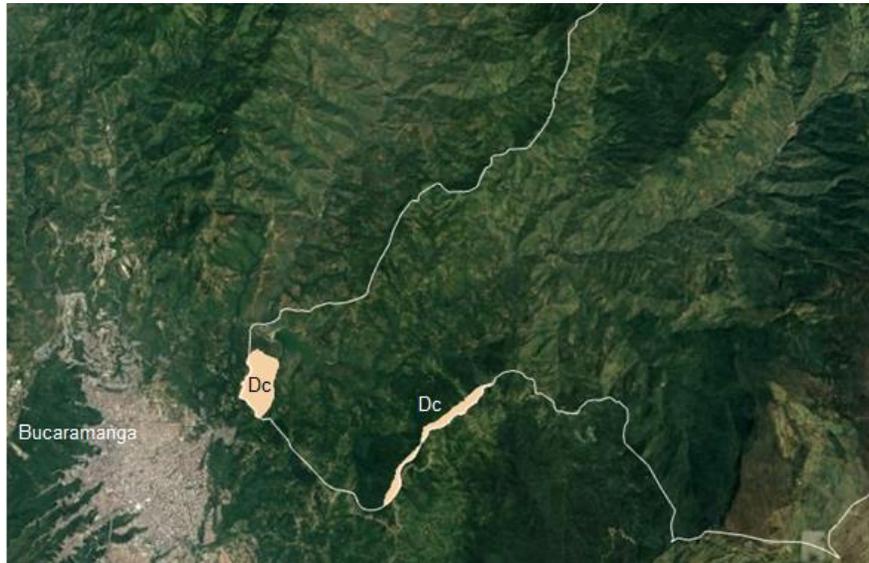


Figura 6. Unidad Geomorfológica - Dc.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

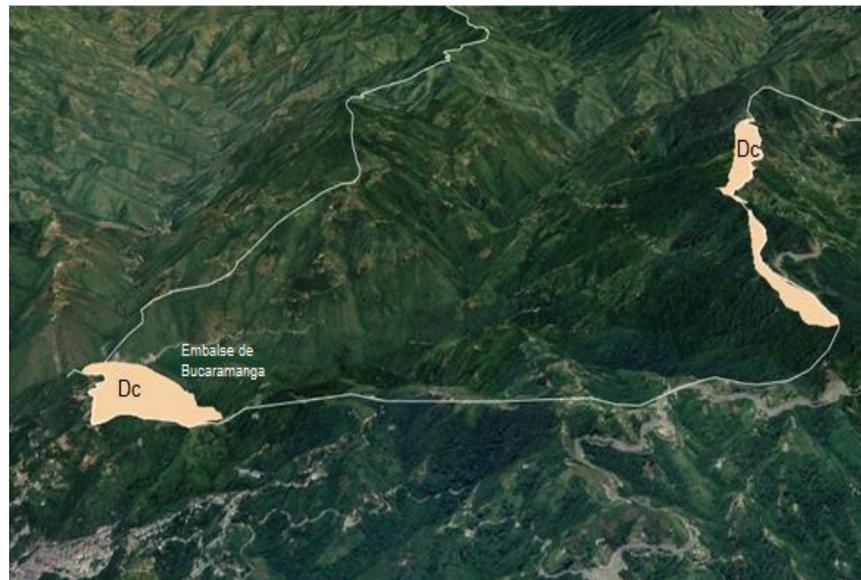


Figura 7. Unidad Geomorfológica - Dc.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.



Figura 8. Unidad Geomorfológica - Dc.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

Tabla 3. Unidad Geomorfológica - Dsr.

GEOMORFOLOGÍA		OBSERVACIONES
<b>Región</b>	Ambiente Denudacional	Esta unidad se caracteriza por tener prominencia topográfica de morfología montañosa y elongada, con pendientes muy inclinadas a abruptas, donde prevalecen los procesos de meteorización intensa en unidades generalmente ígneas, asociada con suelos residuales con espesores mayores a 3 metros.
<b>Unidad</b>	Cerros Residuales	
<b>Subunidad</b>	Sierra Residual	
<b>componente</b>	Escarpes	
<b>Acrónimo</b>	Dsr	
<b>Nombre</b>	Sierra Residual	
<b>Color</b>		

Esta unidad geomorfológica es la que más predomina en el área de estudio, áreas montañosas con pendientes muy inclinadas.



Figura 9. Unidad Geomorfológica - Dsr.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.



Figura 10. Unidad Geomorfológica - Dsr.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

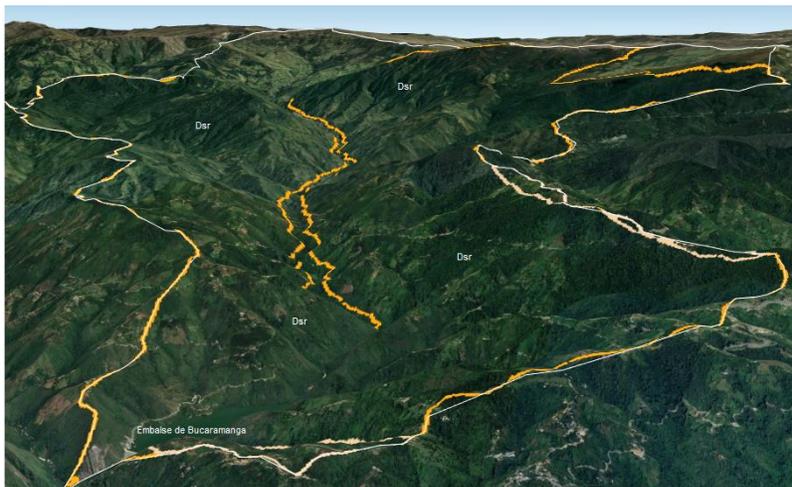


Figura 11. Unidad Geomorfológica - Dsr.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

Tabla 4. Unidad Geomorfológica - Dfe.

GEOMORFOLOGÍA		OBSERVACIONES
<b>Región</b>	Ambiente Denudacional	Se caracteriza por su estructura en forma de cono o lóbulo, tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de U, trenes de bloques rocosos y sectores con bloques individuales de gran dimensión.
<b>Unidad</b>	Cerros Residuales	
<b>Subunidad</b>	Laderas estructurales	
<b>componente</b>	Escarpes	
<b>Acrónimo</b>	Dfe	
<b>Nombre</b>	Cono de Flujo de detritos	
<b>Color</b>		



Figura 12. Unidad Geomorfológica - Dfe.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.



Figura 13. Unidad Geomorfológica - Dfe.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

Tabla 5. Unidad Geomorfológica - Dsd.

GEOMORFOLOGÍA		OBSERVACIONES
<b>Región</b>	Ambiente Denudacional	Se caracteriza por prominencia topográfica de morfología montañosa y elongada, con pendientes muy inclinadas a abruptas, donde prevalecen procesos de erosión o de movimientos en masa acentuados.
<b>Unidad</b>	Cerros Residuales	
<b>Subunidad</b>	Ladera denudada	
<b>componente</b>	Escarpes	
<b>Acrónimo</b>	Dsd	
<b>Nombre</b>	Sierra Denudada	
<b>Color</b>		



Figura 14. Unidad Geomorfológica - Dse.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.



Figura 15. Unidad Geomorfológica - Dse.  
 Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

#### **4.2.2. Ambiente estructural**

Corresponde a las zonas dominadas por los bloques tectónicos de rocas sedimentarias plegadas y los macizos ígneos – metamórficos sin geoformas marcadas de otros ambientes. En este contexto, tanto la litología como la estructura de deformación de las rocas inciden para favorecer una disección distintiva de los bloques levantados y plegados. Mientras el grado de plegamiento de las rocas sedimentarias favorece geoformas específicas tales como mesetas y crestas estructurales, la tendencia masiva de las rocas ígneas metamórficas tiende a generar la formación de cuchillas con pendientes similares y patrones de drenaje en función de los sistemas de diaclasas y fallas geológicas (IDEAM, 2013) .

Tabla 6. Unidad Geomorfológica - Sle.

GEOMORFOLOGÍA		OBSERVACIONES
<b>Región</b>	Ambiente Estructural	Se caracteriza por una superficie en declive, regular a irregular, definida por planos preferentes paralelos al sentido de la inclinación del terreno. Puede presentarse con longitud larga a extremadamente larga y con pendientes suavemente inclinadas a escarpadas.
<b>Unidad</b>	Sierras anticlinales	
<b>Subunidad</b>	Ladera estructurada glaciada	
<b>componente</b>	Crestas	
<b>Acrónimo</b>	Sle	
<b>Nombre</b>	Ladera Estructural	
<b>Color</b>		

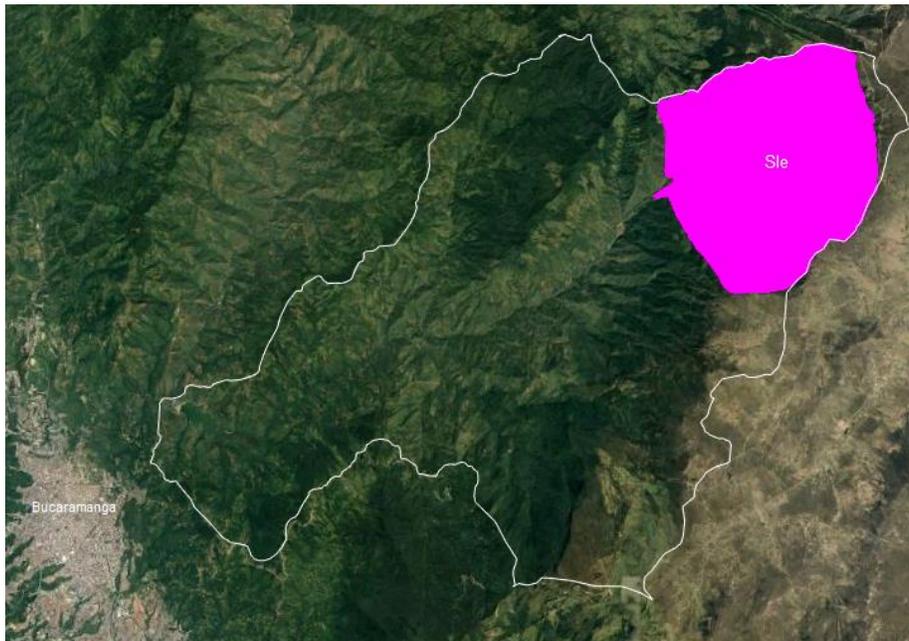


Figura 16. Unidad Geomorfológica - Dse.  
 Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.



Figura 17. Unidad Geomorfológica - Sle.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.



Figura 18. Unidad Geomorfológica - Sle.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

Tabla 7. Unidad Geomorfológica - Ssh.

GEOMORFOLOGÍA		OBSERVACIONES
<b>Región</b>	Ambiente Estructural	Se caracteriza por prominencia topográfica simétrica ligeramente elongada, montañosa a colinada de cimas agudas, producto del desarrollo o erosión de un solo flanco de una estructura geológica.
<b>Unidad</b>	Sierras homoclinales	
<b>Subunidad componente</b>	Laderas estructurales	
<b>Acrónimo</b>	Flancos	
<b>Nombre</b>	Ssh	
<b>Color</b>	Sierra Homoclinal	

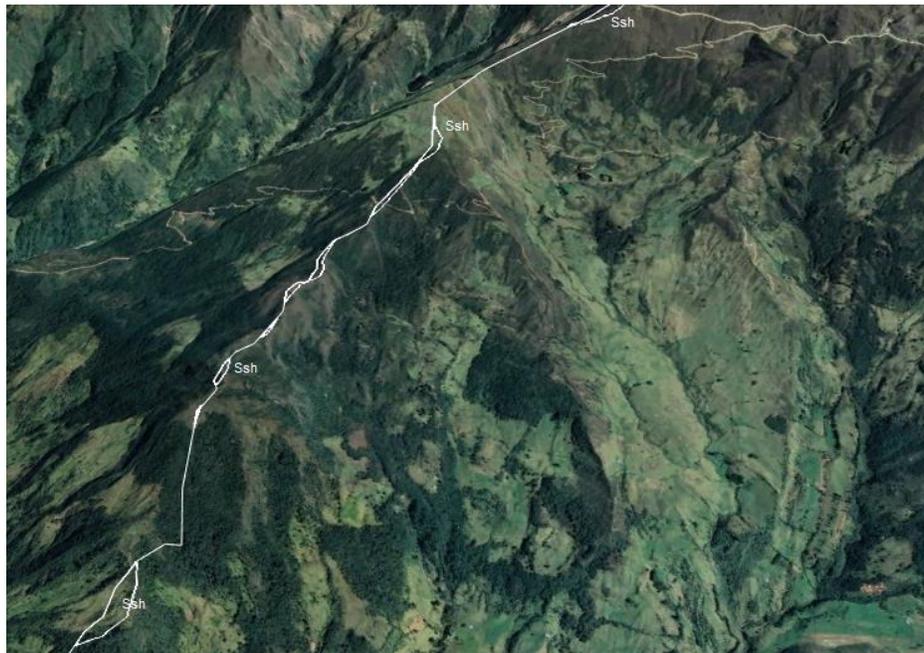


Figura 19. Unidad Geomorfológica - Ssh.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.



Figura 20. Unidad Geomorfológica - Ssh.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

#### 4.2.3. Ambiente Glacial

El Cuaternario ha sido periodo dominado por numerosos ciclos glaciales, periodos fríos que ha afectado la cordillera alta de los Andes con los procesos altamente erosivos y de acumulación asociados con la gelifracción y abrasión durante el avance de las lenguas glaciares. Como sub-ambientes, se destacan las depresiones semi-circulares llamadas “circos glaciales” con sus lagunas y artesas asociados, seguidos comúnmente por las morrenas glaciales, lomas alargadas de acumulaciones de detritos de gelifracción. Ladera abajo, ocasionalmente se puede conservar conos fluvio-glaciales de ablación y evidencias de actividad periglacial (IDEAM, 2013).

Tabla 8. Unidad Geomorfológica - Gag.

GEOMORFOLOGÍA		OBSERVACIONES
Región	Ambiente Glacial	Depresión continua e irregular limitada por laderas muy cortas a largas. Su perfil tiene forma en U y su origen se asocia con una masa de hielo canalizada que excava o excavó profundos valles.
Unidad	Cuestas	
Subunidad	Laderas estructurales	
componente	Escarpes	
Acrónimo	Gag	
Nombre	Artesa Glacial	
Color		



Figura 21. Unidad Geomorfológica - Gag.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.



Figura 22. Unidad Geomorfológica - Gag.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

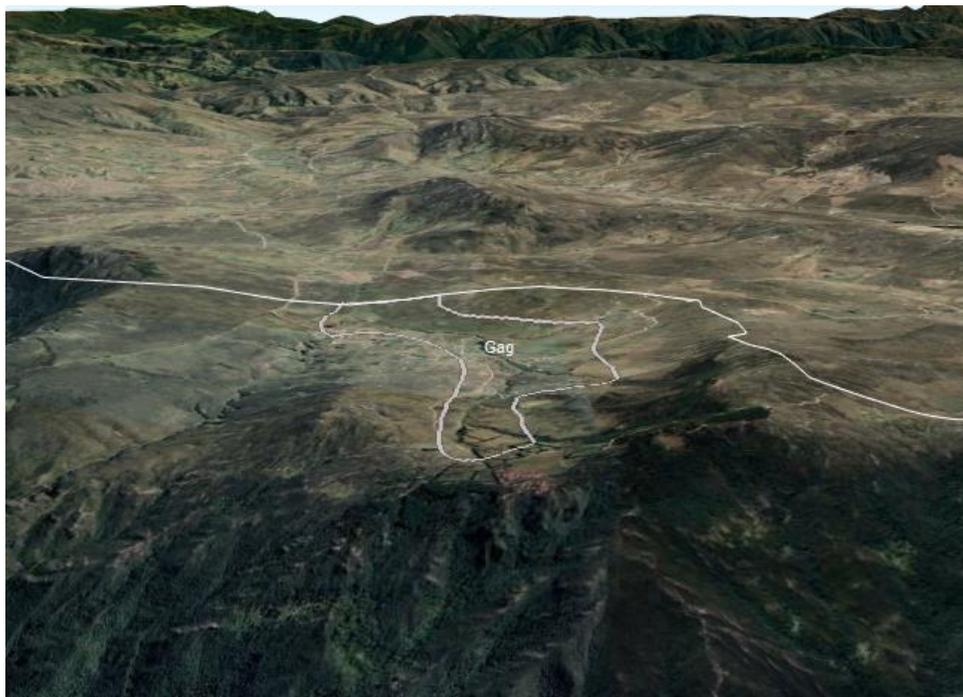


Figura 23. Unidad Geomorfológica - Gag.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

Tabla 9. Unidad Geomorfológica - Gee.

GEOMORFOLOGÍA		OBSERVACIONES
<b>Región</b>	Ambiente Glacial	Esta unidad se caracteriza por salientes simétricas agudas de morfología alomada y laderas cortas, de formas rectas y muy inclinadas a abruptas, limitan valles en forma de "U".
<b>Unidad</b>	Cuestas	
<b>Subunidad</b>	Espolón Estructural Glaciado	
<b>componente</b>	Escarpes	
<b>Acrónimo</b>	Gee	
<b>Nombre</b>	Espolón Estructural Glaciado	
<b>Color</b>		



Figura 24. Unidad Geomorfológica - Gee.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.



Figura 25. Unidad Geomorfológica - Gee.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

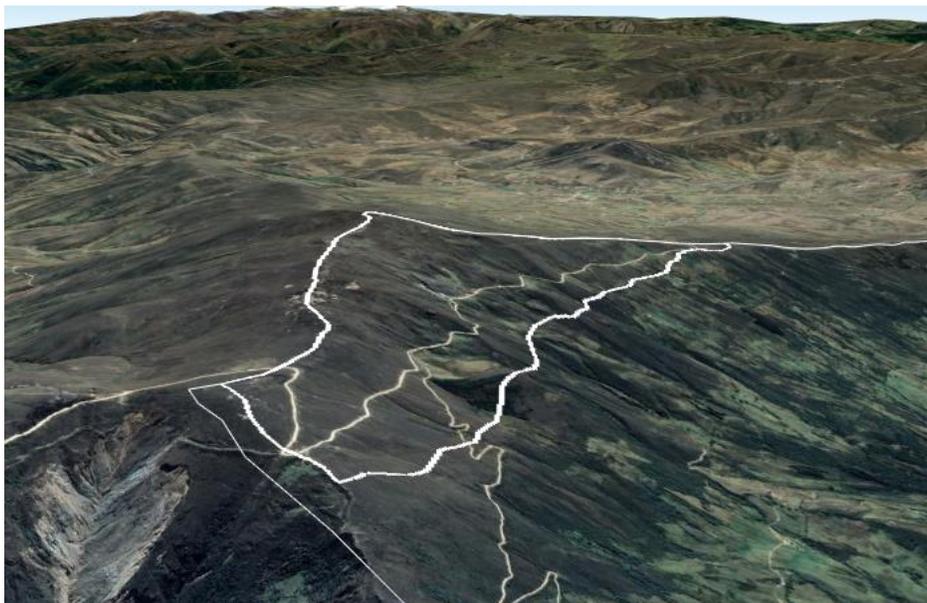


Figura 26. Unidad Geomorfológica - Gee.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

**4.2.4. Ambiente Fluvial**

Este ambiente está dominado por la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos sobre la superficie terrestre. Los ríos se encargan de transportar su carga líquida y sólida a lo largo del sistema fluvial generando procesos erosivos y de acumulación en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos. Estos procesos conllevan a la formación de las geoformas características del sistema fluvial, principalmente los Abanicos de piedemonte, las Vegas aluviales de divagación, los Albardones (o dique aluvial), las Llanuras aluviales de inundación, las Terrazas aluviales, los Conos torrenciales, y las Ciénagas fluviales (IDEAM, 2013).

Tabla 10. Unidad Geomorfológica - Ftan.

GEOMORFOLOGÍA		OBSERVACIONES
<b>Región</b>	Ambiente Fluvial	Esta unidad se caracteriza por superficies alomadas en forma de abanico de extensión kilométrica. Su origen es relacionado a la disección y tectonismo de abanicos y planicies aluviales antiguas.
<b>Unidad</b>	Terrazas fluviales	
<b>Subunidad</b>	Terrazas fluviales	
<b>componente</b>	Cauces	
<b>Acrónimo</b>	Ftan	
<b>Nombre</b>	Terraza de Acumulación Antigua	
<b>Color</b>		

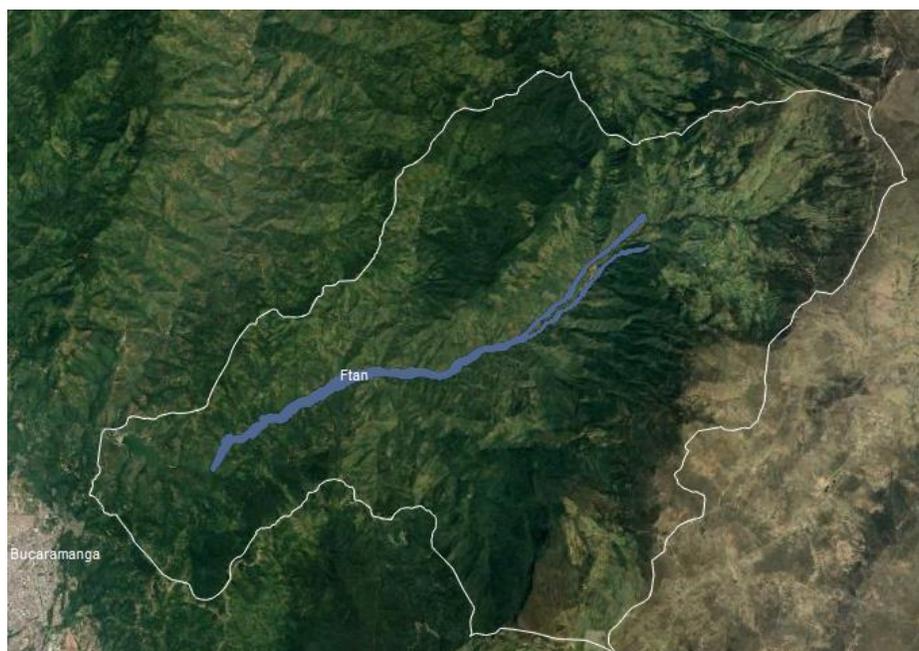


Figura 27. Unidad Geomorfológica - Ftan.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.



Figura 28. Unidad Geomorfológica - Ftan.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

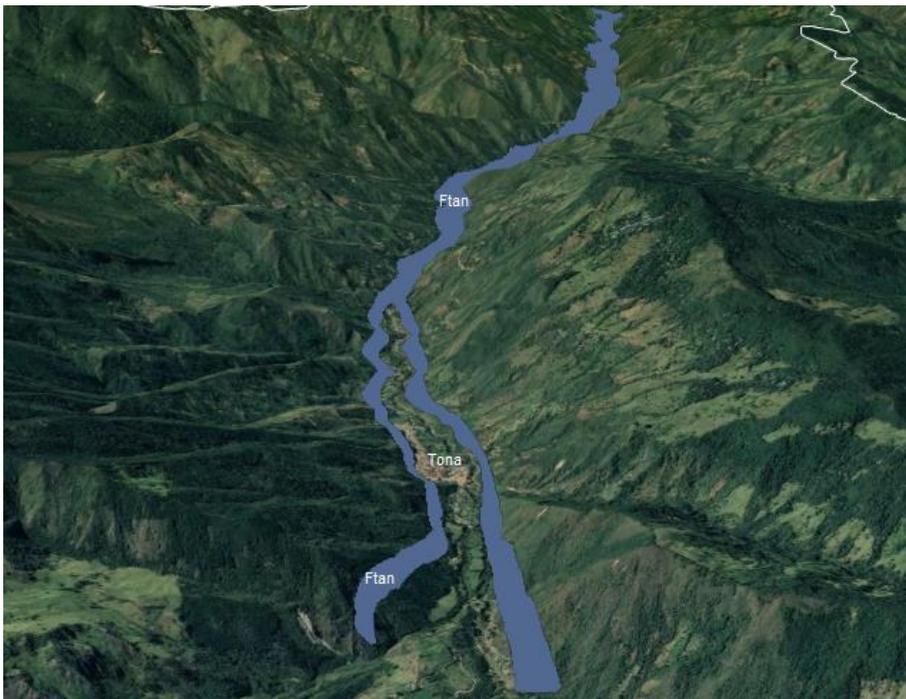


Figura 29. Unidad Geomorfológica - Ftan.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

Tabla 11. Unidad Geomorfológica - Fats.

GEOMORFOLOGÍA		OBSERVACIONES
<b>Región</b>	Ambiente Fluvial	Esta unidad se caracteriza por superficies planas a suavemente inclinada. Su origen es relacionado a la ampliación del valle de un río, al ganar importancia la erosión en sus márgenes.
<b>Unidad</b>	Terrazas fluviales	
<b>Subunidad</b>	Terraza de Acumulación Sub-reciente	
<b>componente</b>	Cauces	
<b>Acrónimo</b>	Ftas	
<b>Nombre</b>	Terraza de acumulación Sub-reciente	
<b>Color</b>		

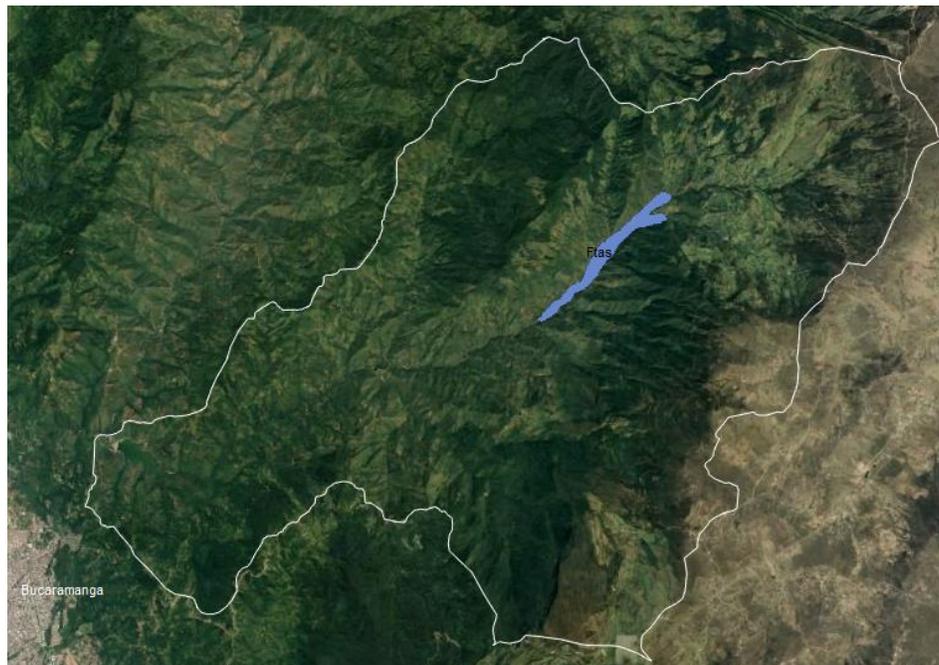


Figura 30. Unidad Geomorfológica - Fats.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

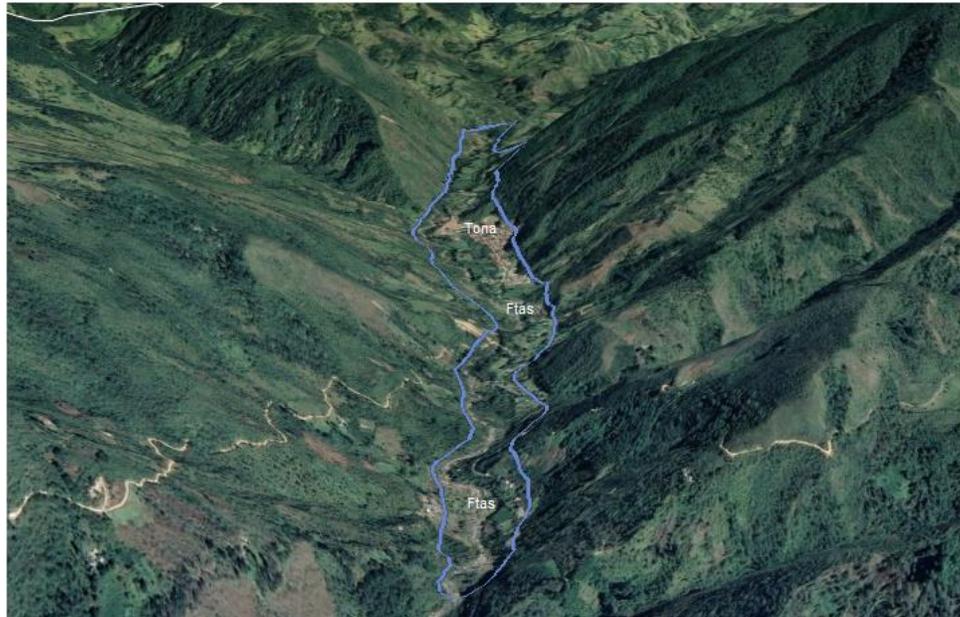


Figura 31. Unidad Geomorfológica - Ftas.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

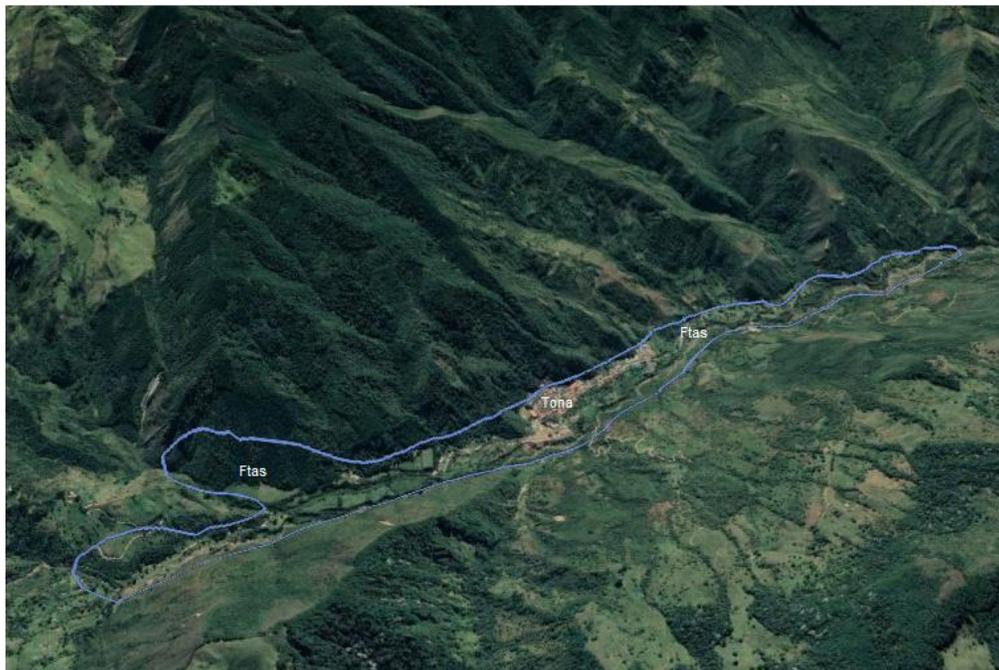


Figura 32. Unidad Geomorfológica - Ftas.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

### 4.3. Geología general de la subcuenca del río Tona

La microcuenca del río Tona es una cuenca intermontana localizada entre las cuencas sedimentarias de Maracaibo y del Valle Medio del Magdalena Medio, que tienen como basamento el denominado Macizo de Santander localizado al oriente de la falla de Bucaramanga y al occidente del sistema de fallas de Servita y Chitagá, en la cordillera oriental de Colombia (CDMB, 2005).

El principal rasgo geológico lo constituyen los cerros de composición ígnea metamórfica y los sistemas de fallas de dirección sur norte que los separan afectan principalmente las rocas ígneas metamórficas del macizo de Santander, los procesos geomorfológicos antiguos principales corresponden a los flujos de escombros y lodos producto de los deshielos procedentes del páramo de Guariba - Pescadero, que conformaron las terrazas fluvio glaciares y/o coluvio aluviales, colgadas, que se extienden hasta 4 kilómetros aguas abajo del municipio de Tona (CDMB, 2005).

#### 4.3.1. Unidades Geológicas

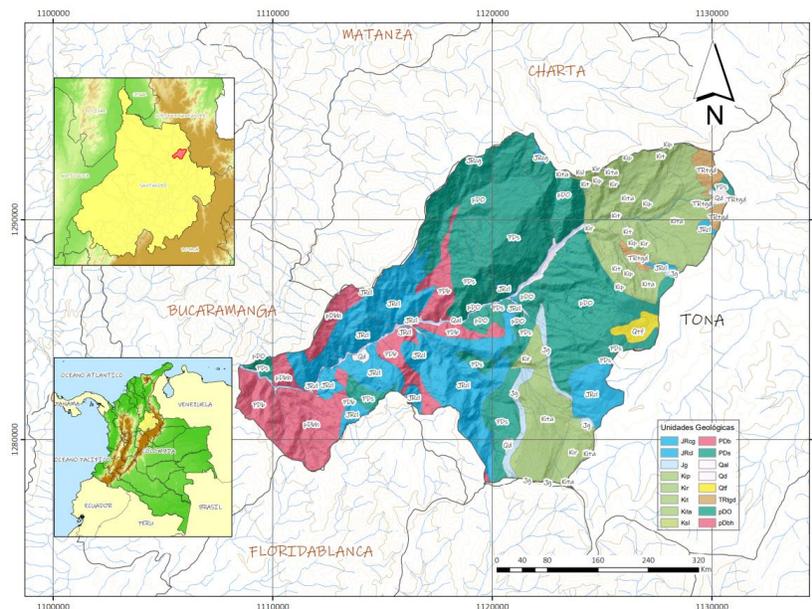


Figura 33. Unidades Geológicas - Microcuenca Río Tona.

Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

El análisis de las unidades geológicas de la zona de estudio se realiza a partir de la información brindada por la CDMB.

Tabla 12. Unidades Geológicas - Microcuenca Río Tona.

	EONOTEMA	ERA	PERIODO	EPOCA	NOMBRE	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
	Fanerozoico-PH	Mesozoico-MZ	Jurásico-J	Superior Tardío-J3	Formación Girón	Jg	Arenisca conglomerática y Conglomerado.
	Fanerozoico-PH	Paleozoico-PZ	Ordovícico-O		Formación Silgará	JRcg	Filita, esquistos y cuarcitas: menor cantidad de metavolcánicos: de bajo a media de meta-morfismo
	Fanerozoico-PH	Mesozoico-MZ	Jurásico-J	Inferior Temprano-J1	Cuarzo - Monzonita La Corcova	JRcl	Cuarzo Monzonita y Granito, biotítico y gris claro a rosado pálido de grano medio muscovito
	Fanerozoico-PH	Mesozoico-MZ	Cretácico-K	Inferior Temprano-K1	Formación Rosa Blanca	Kip	Caliza gris oscura, masiva, fosilífera; lutita gris oscura.
	Fanerozoico-PH	Mesozoico-MZ	Cretácico-K	Inferior Temprano-K1	Formación Rosa Blanca	Kir	Caliza gris oscura, masiva, fosilífera; lutita gris oscura.
	Fanerozoico-PH	Paleozoico-PZ	Ordovícico-O		Formación Silgará	Kit	Filita, esquistos y cuarcitas: menor cantidad de meta volcánicos: de bajo a media de meta- morfismo.
	Fanerozoico-PH	Mesozoico-MZ	Jurásico-J	Superior Tardío-J3	Formación Girón	Kita	Arenisca conglomerática y Conglomerado.
	Fanerozoico-PH	Cenozoico-CZ	Cuaternario-Q	Holoceno-Q2	Deslizamientos	Ksl	Fragmentos rocosos dispersos en la ladera y/o en forma de flujo.
	Fanerozoico-PH	Mesozoico-MZ	Jurásico-J	Inferior Temprano-J1	Cuarzo - Monzonita La Corcova	PDb	Cuarzo Monzonita y Granito, biotítico y gris claro a rosado pálido de grano medio moscovita.
	Fanerozoico-PH	Mesozoico-MZ	Jurásico-J	Inferior Temprano-J1	Cuarzo - Monzonita La Corcova	pDbh	Cuarzo Monzonita y Granito, biotítico y gris claro a rosado pálido de grano medio muscovito
	Fanerozoico-PH	Mesozoico-MZ	Cretácico-K	Inferior Temprano-K1	Formación Tambor	pDO	Arenisca cuarzosa e intercalaciones limolita y arenisca parda-rojiza.
	Fanerozoico-PH	Paleozoico-PZ	Ordovícico-O		Formación Silgará	PDs	Filita, esquistos y cuarcitas: menor cantidad de meta volcánicos: de bajo a media de meta- morfismo.
	Fanerozoico-PH	Paleozoico-PZ	Ordovícico-O		Formación Silgará	Qal	Filita, esquistos y cuarcitas: menor cantidad de meta volcánicos: de bajo a media de meta- morfismo.
	Fanerozoico-PH	Cenozoico-CZ	Cuaternario-Q	Holoceno-Q2	Deslizamientos	Qd	Fragmentos rocosos dispersos en la ladera y/o en forma de flujo
	Fanerozoico-PH	Paleozoico-PZ	Ordovícico-O		Formación Silgará	Qtf	Filita, esquistos y cuarcitas: menor cantidad de meta volcánicos: de bajo a media de meta- morfismo.
	Fanerozoico-PH	Mesozoico-MZ	Jurásico-J	Superior Tardío-J3	Formación Girón	TRtgd	Arenisca conglomerática y Conglomerado.

### 4.3.2. Fallas Geológicas

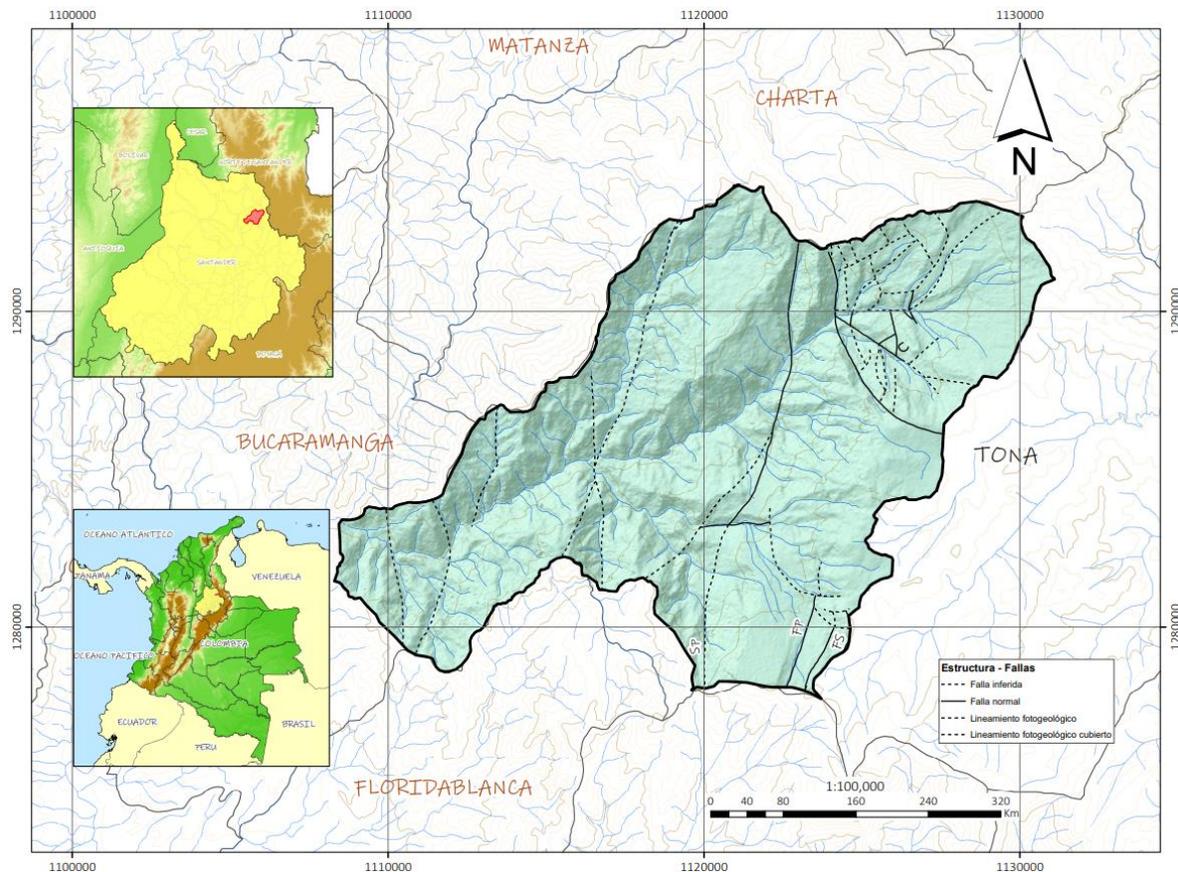


Figura 34. Fallas Geológicas - Microcuenca Río Tona.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

Dentro de la sub-cuenca del río Tona se presentan varios tipos de fallas geológicas, dentro de los estudios ya realizados por la corporación para la defensa de la meseta de Bucaramanga CDMB, se han encontrado varios tipos de fallas inferidas, que son conocidas por encontrarse mediante estudios de imágenes satelitales, el anterior gráfico se muestran las fallas de la zona.

Dentro estos tipos de fallas encontramos fallas como las de Sevilla y el Picacho. A continuación, una serie de imágenes de Google Earth con el modelo de fallas, y una vista 3D.

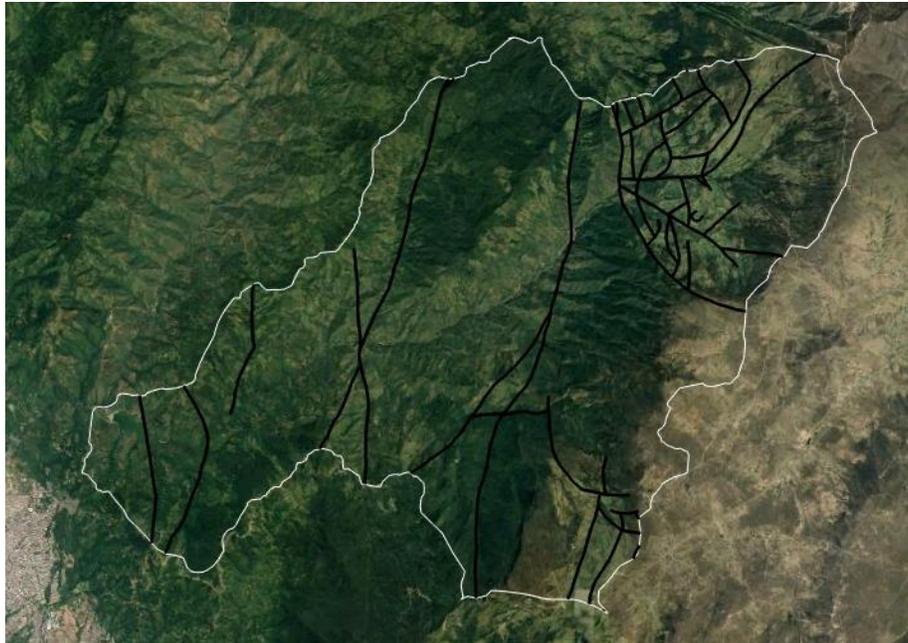


Figura 35. Fallas Geológicas.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.



Figura 36. Fallas Geológicas vista 3D.  
Fuente: Tomada de la CDMB y modificada 2022.

#### 4.4. Adquisición de Imágenes

En esta fase inicialmente se adquieren las imágenes de la zona de estudio en el periodo de tiempo establecido, dichas imágenes:

Se obtuvieron a través del Servicio Geológico de los Estado Unidos.

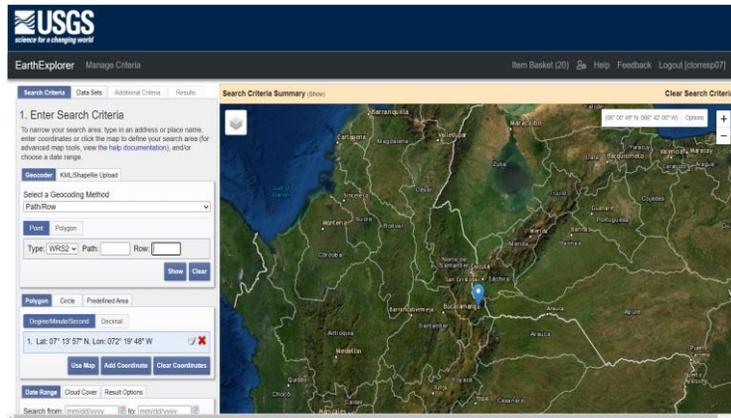


Figura 37. Earth Explorer (Servicio Geológico de los Estado Unidos).

Fuente: Earth Explorer.

Se realiza la búsqueda por Path/Row: identifica cada imagen de forma unívoca por un Path (franja vertical) y un Row (fila horizontal).

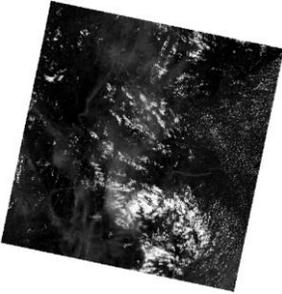
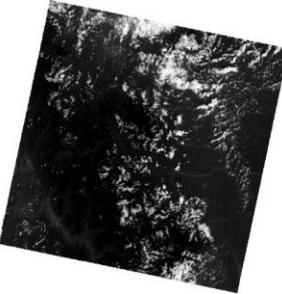
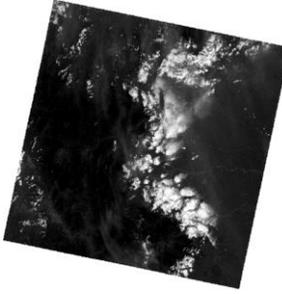


Figura 38. Cuadrícula Landsat para Colombia

Fuente: ArcGIS

La zona de estudio se encuentra ubicada los Path 7 y en el Row 55, por lo que para cada año se descargó una imagen, el porcentaje de nubosidad se filtró con valores menores al 20% .

Tabla 13. Imágenes Satelitales Landsat 8.

Imágenes Satelitales			
Path/Row	Landsat 8 (2013)	Landsat 8 (2017)	Landsat 8 (2021)
07/55			

La utilización de imágenes Landsat tiene varias ventajas, se trata de uso sensores acreditados y contrastados, son datos disponibles de acceso libre. La adquisición de imágenes Landsat o resolución espacial es de 16 días para Landsat 7 y 8.

#### Landsat 8

Conformada por 10 bandas de trabajo + 1 banda pancromática cuyas resoluciones se encuentran en 15, 30 y 100 metros, Aunque su máxima resolución se encuentra en 30 metros, la banda pancromática permite equiparar todas las bandas a una resolución de 15 metros a través de la técnica pansharpening, una particular forma de remuestrear sus bandas a un tamaño homogéneo de 15 metros más pequeños. En caso de no emplear esta técnica de refinado pancromático, el juego de bandas te obligará a trabajar con resoluciones de 30 metros para todas sus bandas y 100 metros para las bandas térmicas (TIR). (Dirección General de Geografía y medio ambiente (INEGI))

Tabla 14. Características de las imágenes Landsat 8.

	LANDSAT 8	
	Longitud de onda (µm)	Resolución (m)
Banda 1 - Coastal Aerosol	0,435 - 0,451	30
Banda 2 - Blue	0,452 - 0,512	30
Banda 3 - Green	0,533 - 0,590	30
Banda 4 - Red	0,636 - 0,673	30
Banda 5 - Near Infrared (NIR)	0,851 - 0,879	30
Banda 6 - Short-wave Infrared (SWIR) 1	1,566 - 1,651	30
Banda 7 - Short-wave Infrared (SWIR) 2	2,107 - 2,294	30
Banda 8 - Panchromatic	0,503 - 0,676	15
Banda 9 - Cirrus	1,363 - 1,384	30
Banda 10 - TIR 1	10,60 - 11,19	100
Banda 11 - TIR 2	11,50 - 12,51	100

Fuente: GIS & BEERS

Las bandas permiten ver mejor: La B1 permite ver Agua poco profunda, partículas finas de polvo, la B2 Agua profunda, atmosfera, B3 vegetación, B4 objetos fabricados por el hombre, suelo, vegetación, B5 Costas, vegetación, B6 Penetración mejorada de las nubes, humedad del suelo y vegetación, B8 imágenes en blanco y negro (detalles nítidos), B9 nubes de tipo cirro, B10 representación térmica, humedad estimada del suelo, b11 Representación térmica mejorada. (ArcGIS)

## 4.5. Preparación

Una vez obtenidas las imágenes se procede a prepararlas, para ello se debe realizar las correcciones radiométricas y atmosféricas.

### 4.5.1. Corrección Radiométrica



Figura 39. Corrección Radiométrica.  
Fuente: GIS & BEERS

La corrección radiométrica trata de corregir problemas mecánicos en el sensor que generan valores erróneos en píxeles concretos, considera las variaciones en la intensidad del píxel (niveles digitales) causados por el objeto o la escena que se escaneó (mal funcionamiento del sensor, efectos atmosféricos o efectos topográficos. (Corrección de imágenes de satélites., (s. f))

El primer paso es convertir los Niveles Digitales (ND) almacenados por el sensor en valores de radiancia. Este proceso permite convertir la información de la imagen original (bruta) de cada píxel, de Niveles Digitales -ND- a Niveles de Reflectancia captada por el sensor en el tope de la atmósfera, es decir, sin los efectos de la misma, lo que permite disminuir los efectos de dispersión o absorción causados por la presencia de partículas en la atmósfera. Adicionalmente, se busca remover el efecto de los diferentes ángulos de incidencia de la energía solar y de la distancia Tierra - Sol, que se producen como consecuencia de las diferencias de tiempo de

adquisición de las imágenes. En general con estas correcciones se busca minimizar los errores que influyen en la radiación o en el valor radiométrico de cada elemento captado en la escena.

#### **4.5.2. Corrección atmosférica.**

La corrección atmosférica trata de evaluar y eliminar las distorsiones que la atmósfera introduce en los valores de radiancia que llegan al sensor desde la superficie terrestre.

El proceso de corrección atmosférica puede aplicar opcionalmente la corrección de neblina y del enmascaramiento de nubes, por lo cual es necesario inspeccionar previamente la imagen para detectar la presencia de nubes o neblina evidente. Como resultado final de este subproceso, se obtiene una imagen en valores de reflectancia que mejora la separabilidad espectral de los objetos presentes en la imagen corregida (coberturas de la Tierra) respecto a la imagen original, mejorando los resultados finales del proceso de clasificación digital. (IGAC, 2008)

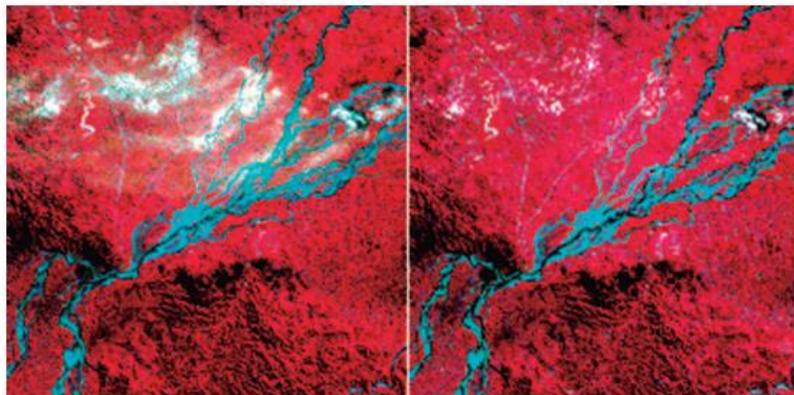


Figura 40. Corrección Atmosférica.  
 Fuente: (IDEAM, 2011)

#### 4.5.3. Corrección de Radianza con corrección atmosférica Landsat 8.

Teniendo en cuenta que la radianza es la energía enviada en una dirección dada hacia el sensor (Breve introducción a la teledetección., s.f.), para realizar las correcciones de radianza de nuestras imágenes satelitales, usando la extensión de Landsat 8 en ArcGis.

En primer lugar, se aplica Pan Sharpened composit, esta herramienta permite combinar un raster con la resolución del raster pancromático. Para desarrollar el procedimiento anteriormente mencionado, se pica en la opción Pan – sharpened composit, se asigna el lugar de trabajo donde se guardará este, posteriormente el metadato de la imagen identificada por las mayúsculas MTL y con extensión .txt, acto seguido se ingresa el shp de área de estudio y finalmente se da el nombre a la composición (figura 41). Debido a que esta herramienta permite combinar la imagen raster con la banda pancromática, se obtiene un efecto visual de resolución espacial de 15 – 15, como se puede observar en las propiedades (figura 42). A diferencia de la imagen raster original que tiene una resolución espacial 30 – 30

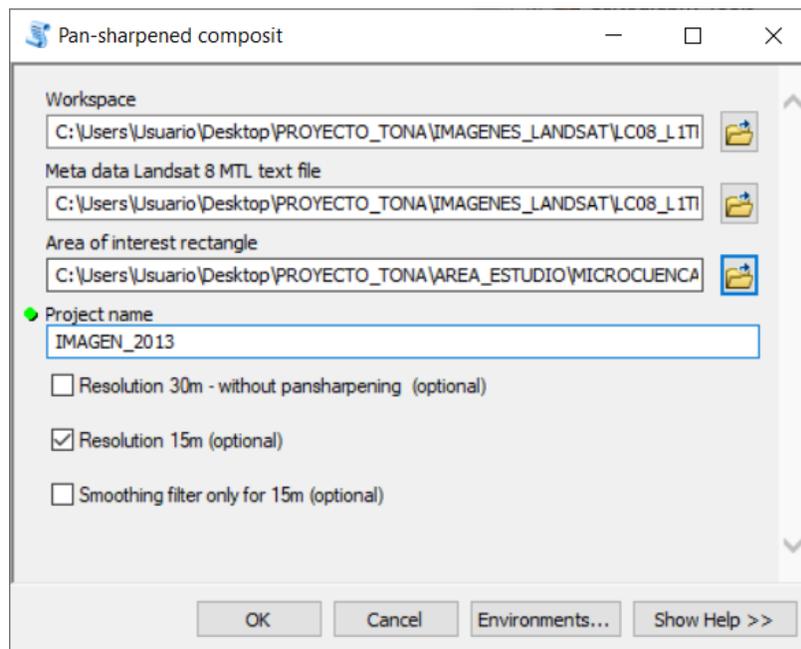


Figura 41. Proceso Pan-sharpened composit. Software ArcGIS

Fuente: Autores.

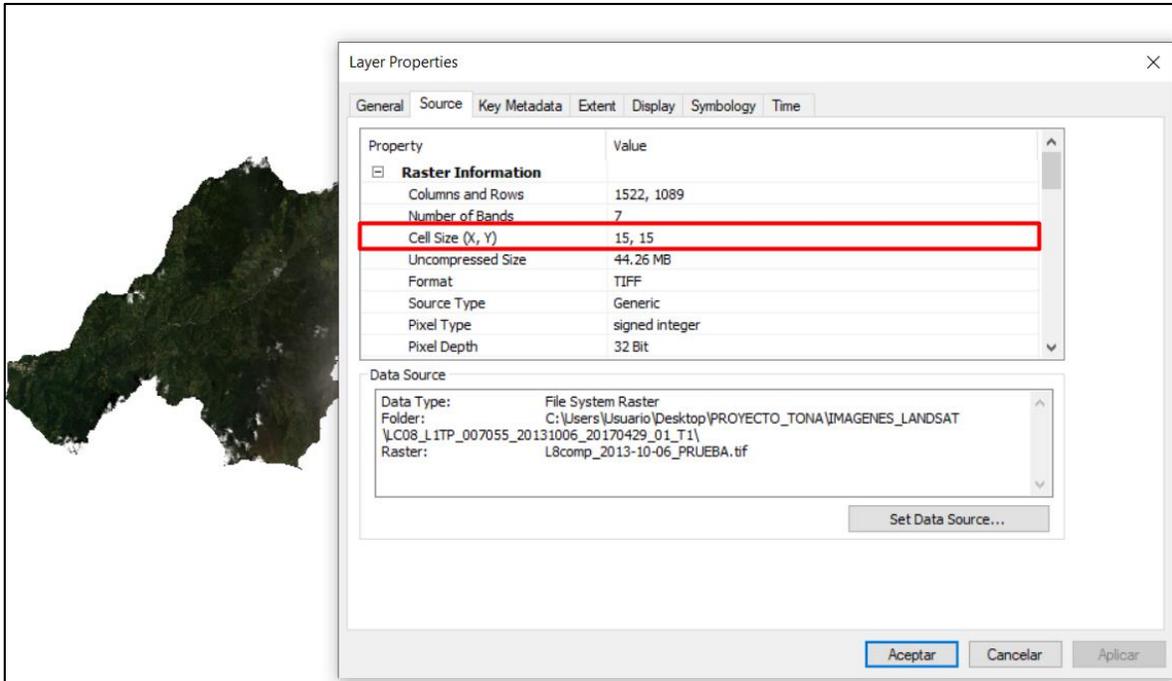


Figura 42. Resultado Pan-Sharpned Composit

Fuente: Autores.

Posteriormente se utiliza la herramienta Radiance with atmospheric corrections, esta permite la restauración de líneas o píxeles perdidos y además el bandeo de la imagen (a través de la radiancia), además permite eliminar la distorsión generada por la atmósfera en el sensor y los valores de radiancia. Finalmente se usa la herramienta Reflectance with atmospheric correction para corregir los errores de reflectancia.

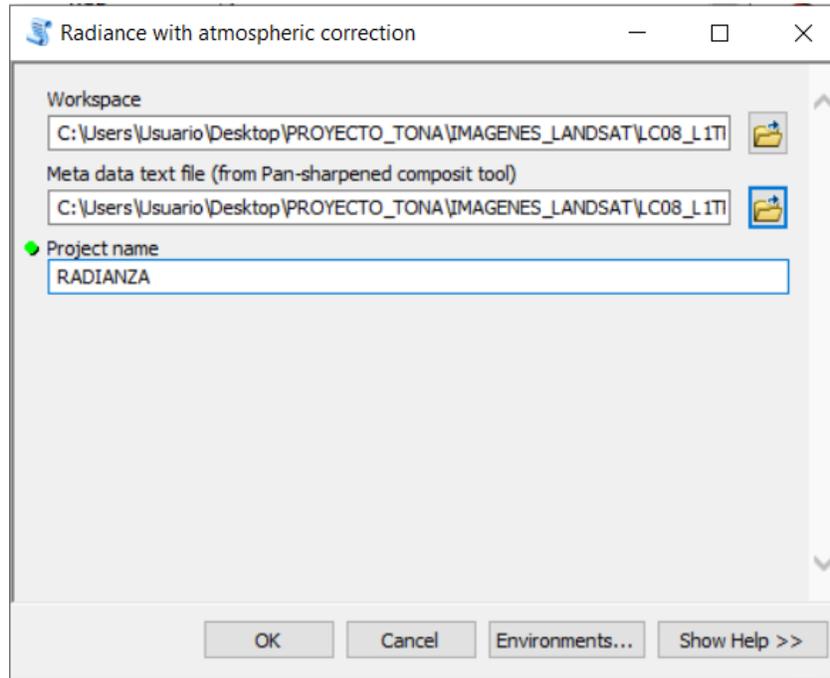


Figura 43. Proceso Radiancia. Software ArcGIS.

Fuente: Autores

#### **4.5.4. Cálculo reflectancia con corrección atmosférica.**

Teniendo en cuenta que la reflectancia es la relación de la energía reflejada contra la potencia total de la energía. Ahora bien, para corregir estos errores se usa la herramienta Reflectance with atmospheric correction, en ella se ingresa el área de trabajo, el metadato de la imagen producto del Pan sharpened, y se asigna un nombre al proyecto como se observa en la figura 44.

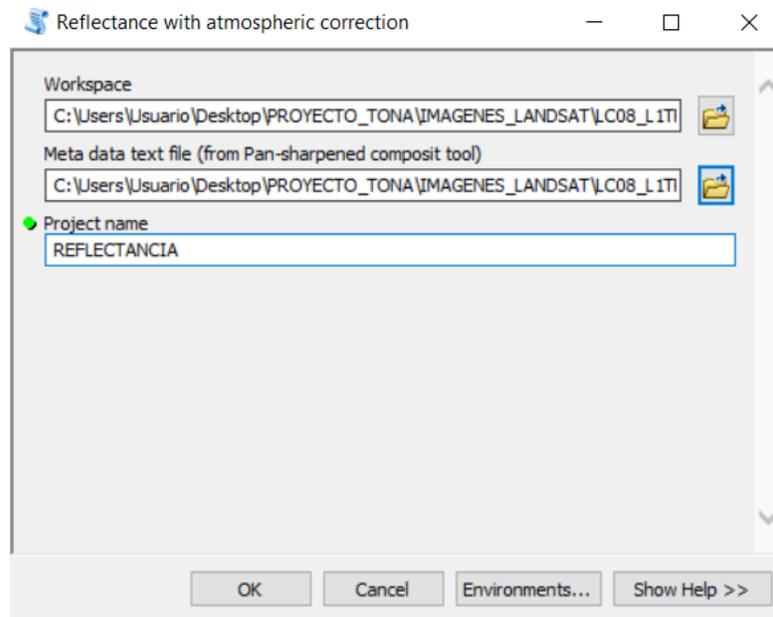


Figura 44. Proceso Reflectancia. Software ArcGIS.

Fuente: Autores

#### 4.6. Clasificación Supervisada y Procesamiento Digital de Imágenes Landsat.

En la clasificación supervisada es necesario definir el número de clases a asociar a los píxeles de identidad conocida. Por lo mismo la primera acción fue seleccionar las coberturas a identificar en el Área de Estudio:

##### 1.1 Zonas Urbanizadas

###### 1.1.1 Tejido urbano continuo

###### 1.1.2 Tejido urbano discontinuo

##### 2.3 Pastos

- 2.3.1 Pastos limpios

- 2.3.3 Pastos enmalezados

##### 2.4 Áreas agrícolas heterogéneas

- 2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos

- 2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
- 2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales

### 3.1 Bosques

- 3.1.1 Bosque denso
- 3.1.2 Bosque abierto
- 3.1.3 Bosque fragmentado
- 3.1.4 Bosque de galería y ripario
- 3.1.5 Plantación forestal

### 3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva

- 3.2.1. Herbazal
- 3.2.2. Arbustal
- 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición

### 5.1. Aguas continentales

Tabla 15. Coberturas Leyenda Corine Land Cover.

Coberturas de segundo nivel Leyenda Corine Land Cover		
	1.1. Zonas urbanizadas	204-000-000
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	204-077-042
	2.2. Cultivos permanentes	242-204-166
	2.3. Pastos	204-255-204
	2.4. Areas agricolas heterogeneas	255-230-166
	3.1. Bosque	071-143-000
	3.2. Areas con vegetacion herbacea y/o arbustiva	204-242-078
	3.3. Areas abiertas, sin o con poca vegetacion	194-194-194
	5.1. Aguas continentales	000-000-248

La clasificación supervisada es un método de procesamiento de imágenes que permite la identificación de materiales en una imagen a partir de sus firmas espectrales. Se conocen distintos tipos de algoritmo de clasificación, pero su propósito general es producir un mapa temático de la cobertura del suelo.

Este método determina uno o más vectores prototipos de categorías conocidas, asignándole un identificador único a cada tipo de cobertura. Estas clases son llamadas 'sitios de entrenamiento' o 'etapa de entrenamiento' y son usadas para elaborar el algoritmo de clasificación.

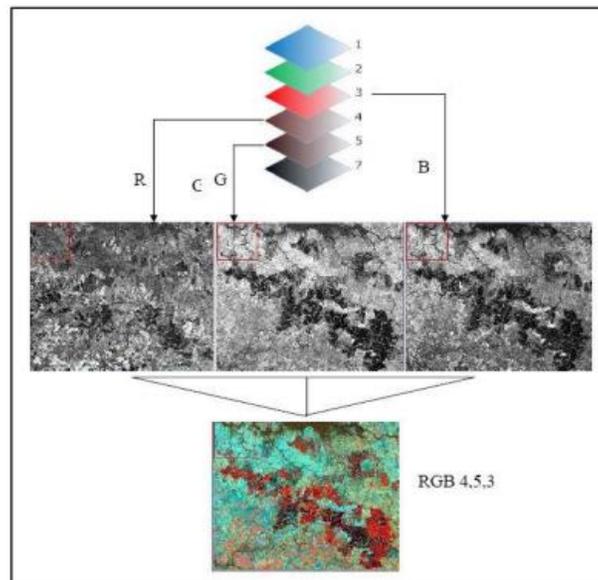


Figura 45. Combinación de Bandas. Forestación Paysandú.  
Fuente: Teledet

Para crear los sitios de entrenamiento, se realizó combinaciones de bandas con el fin de identificar las zonas urbanizadas, las coberturas de vegetación tales como: bosques densos, bosques fragmentados y arbustales, así mismo, para identificar la cobertura de Agricultura.

En este sentido, para identificar las zonas urbanizadas se utiliza la combinación de bandas 4, 3,2 para la Landsat 8 como se observa en la figura 46.



Figura 46. Combinación 4,3,2. RGB Color Natural.

Fuente: Autores

Para identificar las coberturas de vegetación tales como: bosques densos, bosques fragmentados y arbustales se realiza la combinación 5, 4, 3 para Landsat 8 como se puede observar en la figura . Esta combinación de bandas tiene buena sensibilidad a la vegetación verde (la cual aparecerá representada en una tonalidad roja), debido a la alta *reflectividad* en el *infrarrojo* y la baja en el *visible*, y representa de forma clara caminos y masas de agua.

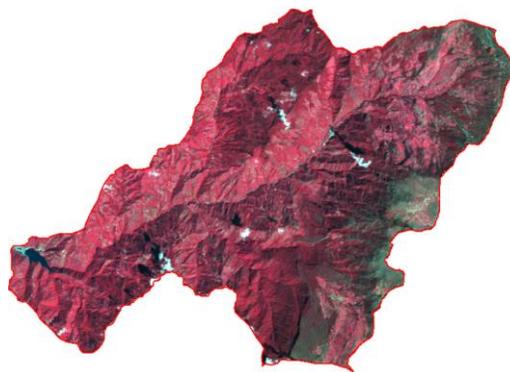


Figura 47. Infrarrojo. RGB 5,4,3 Falso color.

Fuente: Autores

Para identificar las coberturas de usos agrícolas tales se realiza la combinación 6, 5, 2 para Landsat 8 como se puede observar en la figura . Donde los campos con estos fines aparecerán representados en tonalidad Verde Brillante.

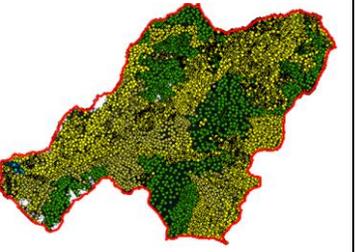


Figura 48. Usos agrícolas. RGB 5,6,2.

Fuente: Autores

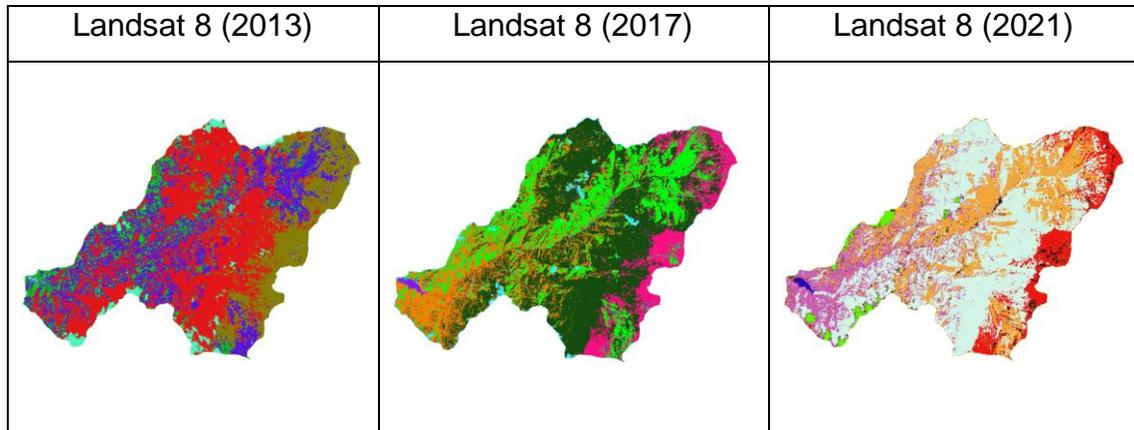
Posteriormente se procede a tomar los puntos (Sitios de entrenamiento) para cada una de las imágenes Landsat 8, en las coberturas conocidas asignándoles un identificador único a cada tipo de cobertura según lo establecido por la Corine Land Cover, como se puede observar en la Cuadro , teniendo apoyó de las combinaciones de bandas y de Google Earth.

Tabla 16. Sitios de Entrenamiento.

Landsat 8 (2013)	Landsat 8 (2017)	Landsat 8 (2021)
		

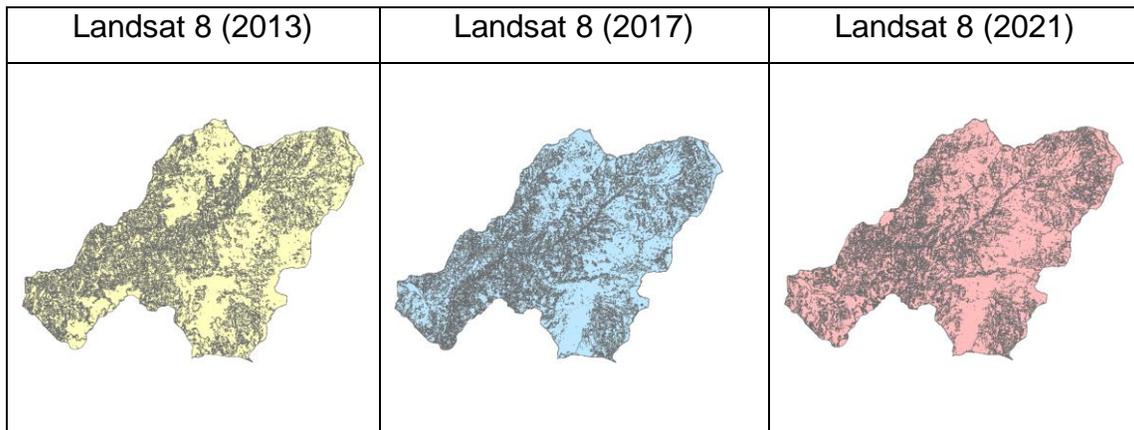
Seguido se realiza la Clasificación Supervisada a cada una de las imágenes Landsat 8, a través del software ArcGIS. El producto de la clasificación es un ráster (Ver Tabla 17)

Tabla 17. Ráster - Clasificación Supervisada.



Los Ráster se convierte a polígono a través de una herramienta del software.

Tabla 18. Vector - Clasificación Supervisada.



Todos los procesos se automatizaron con el Model Builder (El Model Builder es un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo de geoprocésamiento. Los modelos de geoprocésamiento automatizan y documentan los procesos de análisis espacial y de administración de datos. (ArcGIS Pro)). Inicialmente se realiza

la corrección atmosférica y radiométrica esto a través de la herramienta (Landsat8\_1.pyr), luego se procede a hacer la combinación de bandas corregidas, posteriormente y una vez teniendo los puntos de la “zona de entrenamiento” se realizan los procesos para finalmente obtener el Shapefile tipo polígono de la clasificación de las coberturas de la Tierra para cada año respectivamente.

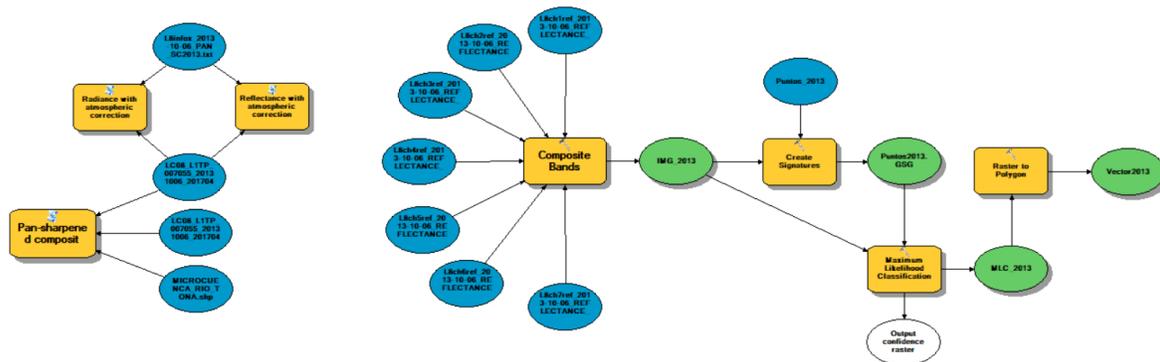
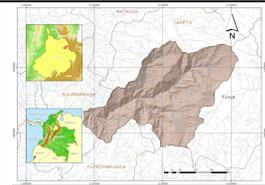


Figura 49. Model Builder - Cobertura 2013  
Fuente: Autores

#### 4.7. Visita a Campo – Encuesta.

Esta fase del desarrollo consiste en la realización de una encuesta que llevara a cabo en la zona de estudio, a una muestra de 72.

#### Encuesta sobre el uso del suelo y conservación en la Microcuenca del Rio Tona

	Departamento		Lugar de encuesta	
	Municipio			
	Fecha		Coordenadas	
	Encuestador		Latitud	Longitud
	Encuestado			

#### Presentación

La siguiente encuesta se realiza con el fin de captar información para un proyecto de investigación que se está llevando a cabo por un grupo de estudiantes de Ingeniería en Topografía de la Unidades Tecnológicas de Santander, sede Bucaramanga, cuyo propósito es obtener información ambiental de la sub-cuenca por medio de las personas residentes de la zona. Saber si realizan actividades de cuidado y recuperación del bosque, que uso le están dando a sus terrenos y si saben cómo conservar el suelo. Esta encuesta es completamente confidencial y anónima, todas las respuestas serán usadas solo para el análisis de esta investigación.

### Cuestionario

Responda Sí, No o No Sabe de acuerdo con lo que considere

Marque con una X la respuesta que considere.

<p>1. ¿Ha visto o presenciado en algún momento contaminación en el río Tona?</p> <p>a) Sí b) No c) No Sabe</p>	<p>2. ¿Existen fuentes naturales de agua (nacimiento, arroyo, río, lago) en su predio?</p> <p>a) Sí b) No c) No Sabe</p>
<p>3. ¿Considera que la tierra está en buen estado de conservación?</p> <p>a) Sí b) No c) No Sabe</p>	<p>4. ¿Estaría dispuesto a desarrollar acciones para proteger el Medio Ambiente?</p> <p>a) Sí b) No c) No Sabe</p>
<p>5. ¿Se ha incentivado por parte de las corporaciones ambientales a conservar la microcuenca del Río Tona?</p> <p>a) Sí b) No c) No Sabe</p>	<p>6. ¿Cuál es el uso de suelo en su predio Actualmente?</p> <p>a) Agrícola b) Pecuario c) Bosques d) Reserva Forestal e) Otro ¿Cuál? _____</p>
<p>7. Sabe usted Sí en el área de la Microcuenca del Río Tona se ha deforestado en los últimos 10 años.</p> <p>a) Sí b) No c) No Sabe</p>	<p>8. Considera usted que los procesos de deforestación causan impactos ambientales negativos en la Microcuenca del Río Tona</p> <p>a) Sí b) No c) No Sabe</p>
<p>9. ¿Cuáles son causas de la deforestación en la Micro cuenta del Río Tona?</p> <p>a) Sustitución de los bosques para la agricultura y la ganadería b) Urbanización c) La minería y la actividad petrolera d) Construcción de infraestructuras e) Cultivos Ilícitos f) Incendios forestales g) Otro Cual _____</p>	<p>10. Cree usted que la deforestación en la Microcuenca del Río Tona podría ser controlada mediante un plan de restauración y conservación de los ecosistemas</p> <p>a) Sí b) No c) No Sabe</p>

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Análisis de coberturas.

Para el análisis de resultados se tomó en cuenta el área total de los tres municipios correspondiente a 19352.35 Ha, dicha área se comparó con el área resultante de la clasificación supervisada. Debido a que durante este procedimiento las imágenes tienen nubosidad en las imágenes de 2013, 2017 y 2021, esta área fue calculada y denominada 9.9. Nubes.

Es importante resaltar que al tomarse el nivel 2 de clasificación de la metodología Corine Land Cover. En este sentido en las áreas urbanizadas, se agrupó el tejido urbano continuo (casco urbano del municipio) y discontinuo (veredas, corregimientos, etc.). En el caso de los bosques fueron agrupadas los bosques densos, bosques abiertos, bosque de galería y plantaciones forestales. De igual manera en las áreas con vegetación herbácea y arbustiva, fueron integradas las áreas de herbazal, arbustal, vegetación secundaria.

A continuación, es realizado un análisis porcentual de los hallazgos del proyecto.

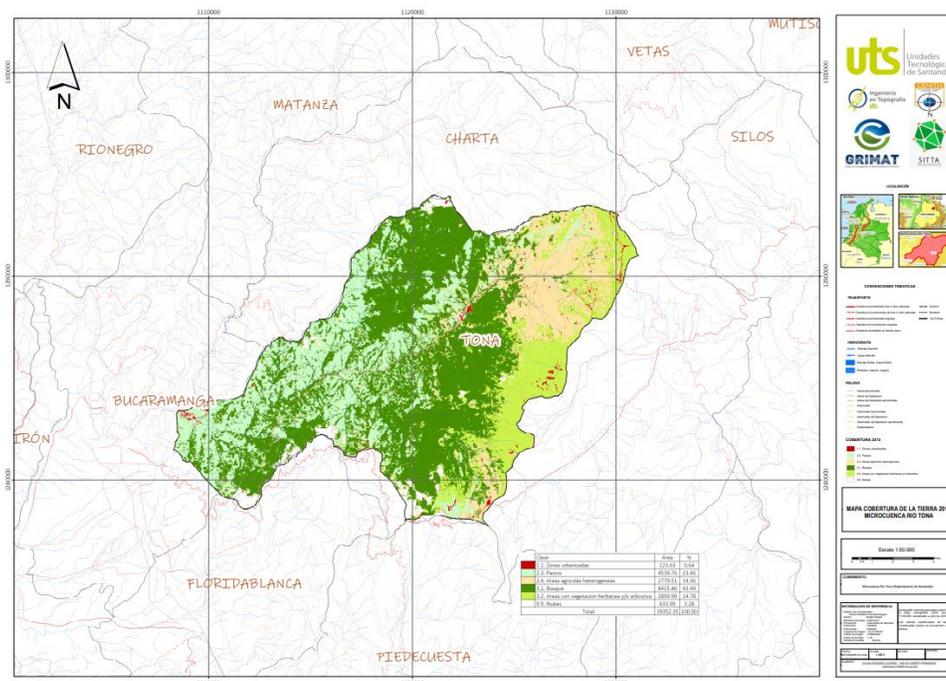


Figura 50. Mapa de la Cobertura de la tierra 2013.

Fuente: Autores

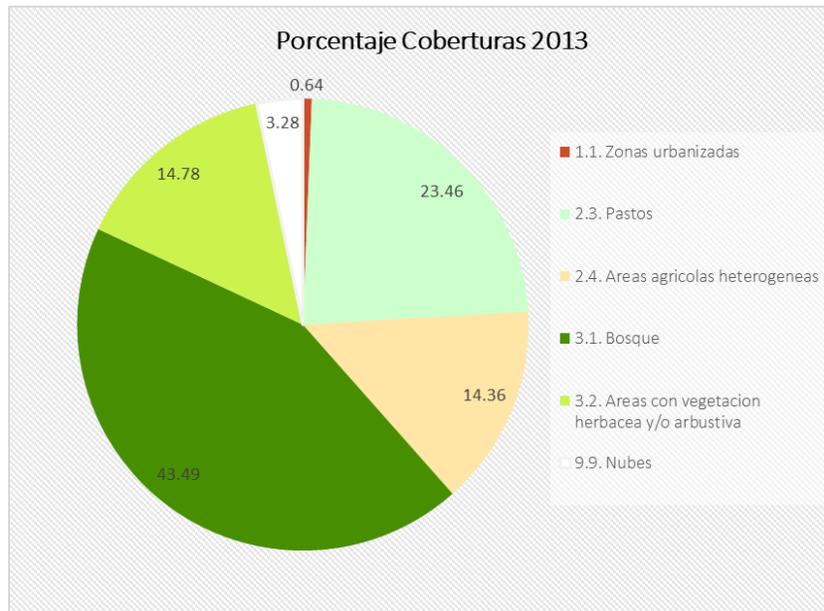


Figura 51. Cobertura de la tierra 2013.  
Fuente: Autores

En 2013 encontramos que el mayor porcentaje de distribución de coberturas se encuentra en la cobertura de bosques con un 43%, en segundo lugar pastos con 23%, seguido de las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva con 15%, en cuarto lugar las áreas agrícolas heterogéneas 14% y por ultimo las zonas urbanizadas con 0.64%.

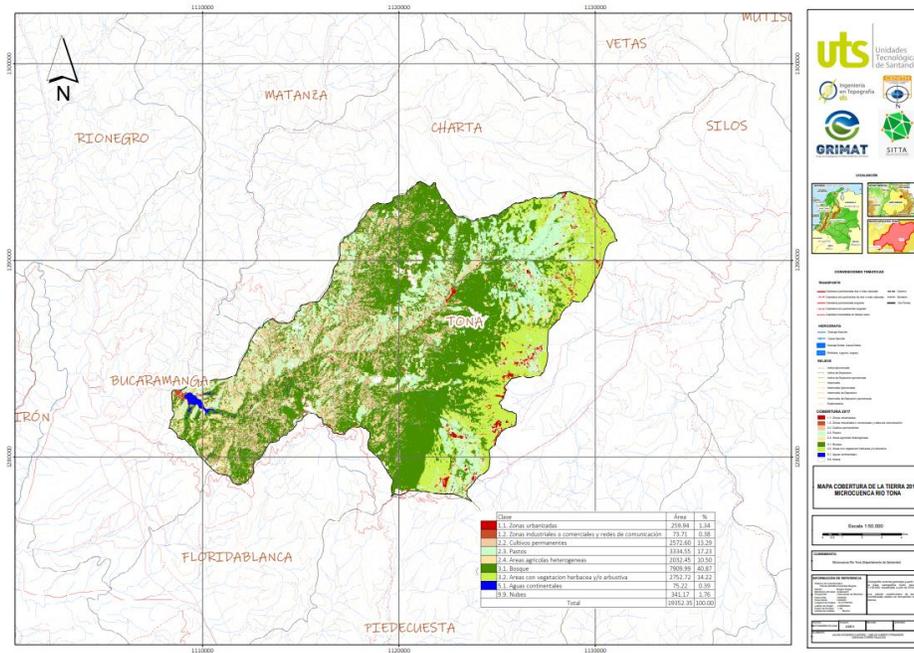


Figura 52. Mapa de la Cobertura de la tierra 2017.  
Fuente: Autores.

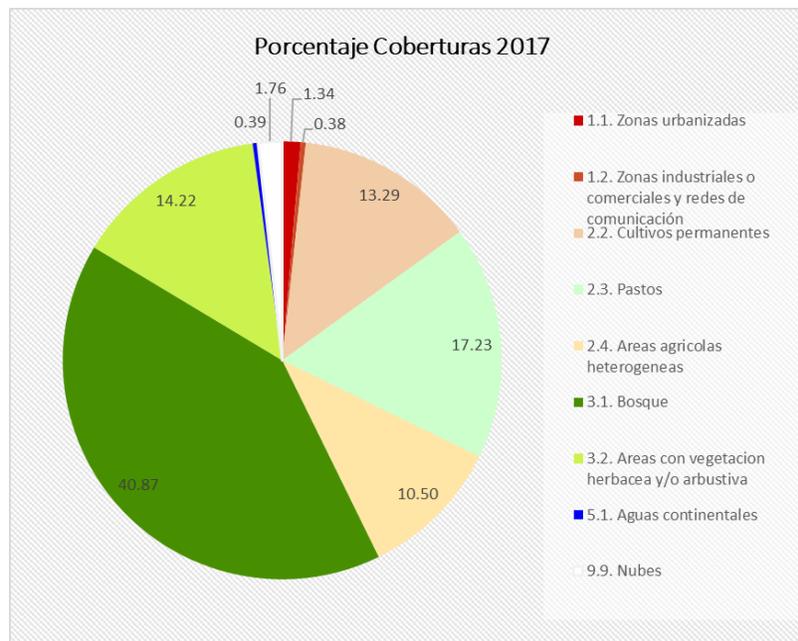


Figura 53. Cobertura de la tierra 2017.  
Fuente: Autores

Ahora bien, en el 2017 encontramos que el mayor porcentaje de distribución de coberturas se encuentra en la cobertura de bosques con un 41%, en segundo lugar pastos con 17%, seguido de las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva con 14%, en cuarto lugar los cultivos permanentes con 13%, seguido de las áreas agrícolas heterogéneas 11%, continuando con las zonas urbanizadas 1.34% y finalmente la cobertura de aguas con 0.39%.

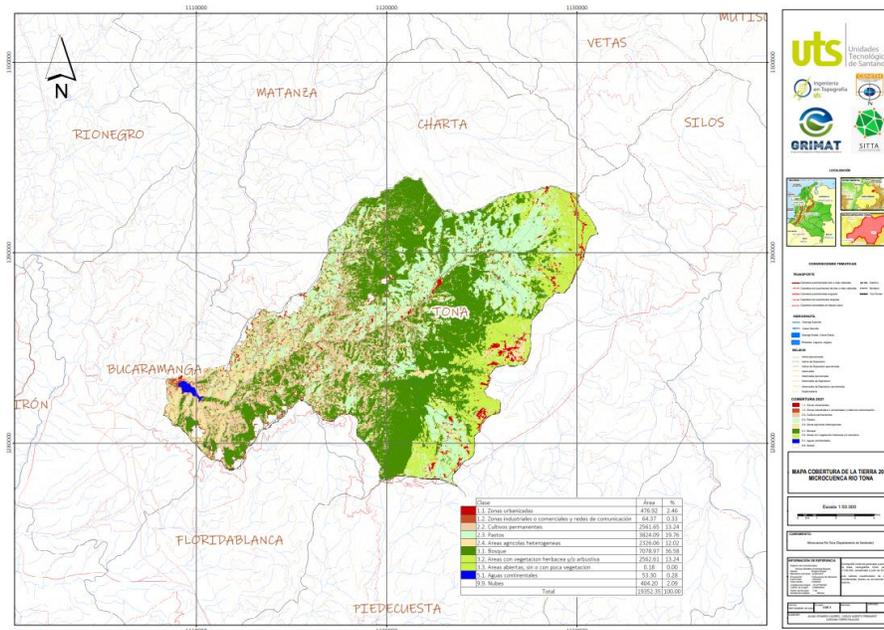


Figura 54. Mapa de la Cobertura de la tierra 2021.  
Fuente: Autores

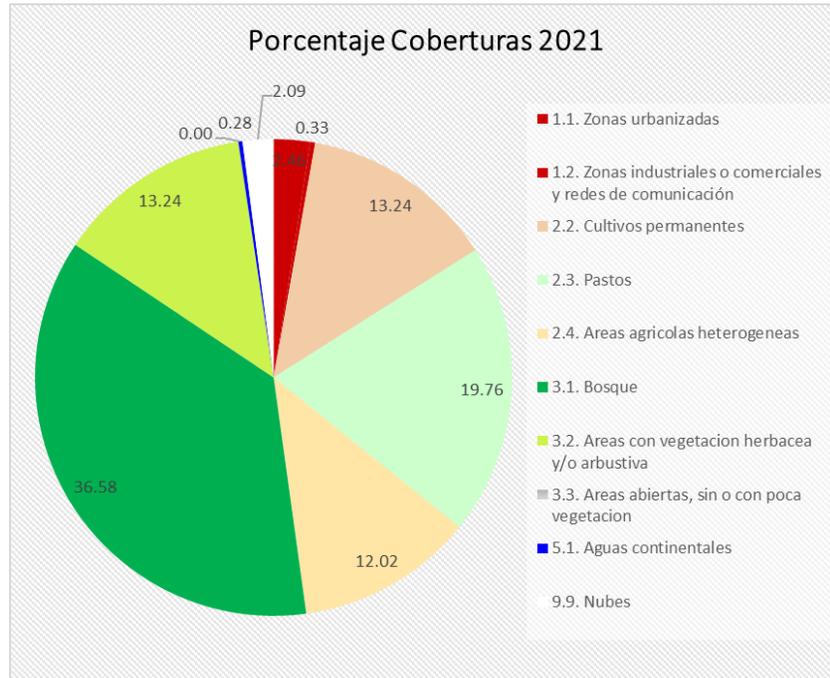


Figura 55. Cobertura de la tierra 2021.  
Fuente: Autores

En la cobertura del 2021 encontramos que el mayor porcentaje de distribución de coberturas se encuentra en la cobertura de bosques con un 37%, en segundo lugar pastos con un 20%, seguido de las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva con 13%, en cuarto lugar los cultivos permanentes con 13%, seguido de las áreas agrícolas heterogéneas 12%, continuando con las zonas urbanizadas 2.46% y finalmente la cobertura de aguas con 0.28%.

## 5.2. Dinámica de las coberturas.

A continuación, realizaremos un análisis según el tipo de cobertura identificada y su dinámica en el periodo 2013 – 2021.

### 5.2.1. Zona Urbanizada

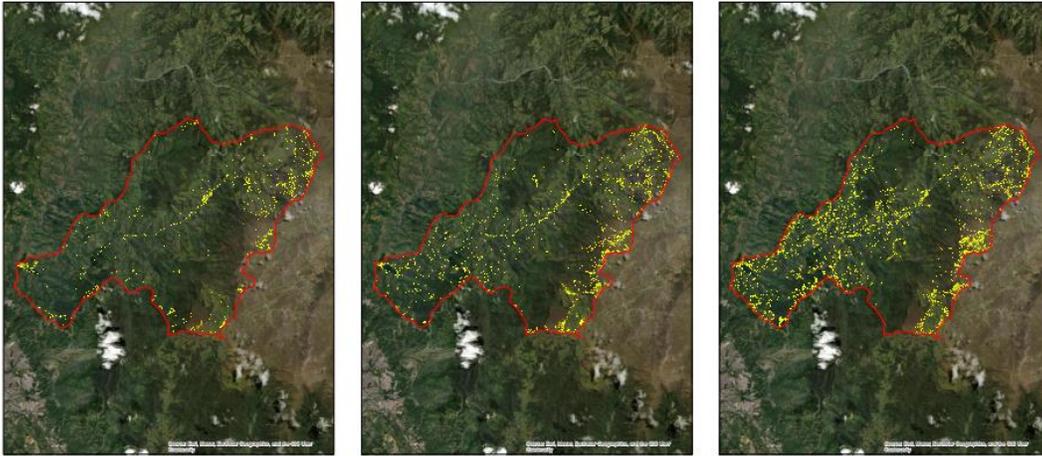


Figura 56. Dinámica de las zonas urbanizada 2013 – 2021.  
Fuente: Autores

Como puede apreciarse en la figura 5, el aumento en el tejido urbano continuo y discontinuo es notorio, se observa por la densidad del color y por las hectáreas que aumentan 123.63 a 476.92.

### 5.2.2. Pastos

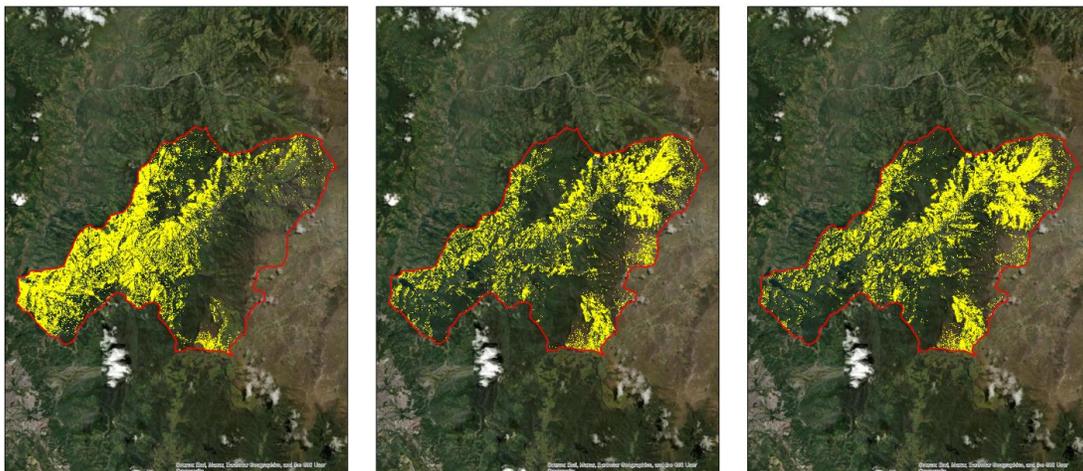


Figura 57. Dinámica cobertura Pastos 2013 - 2021  
Fuente: Autores

El área de pastos presento una disminución del 2013 con 4539.76 ha con respecto al 2021 con 3824.09. Es de destacar que dentro de las coberturas de pastos se encuentran: pastos limpios, destinado a ganadería.

### 5.2.3. Áreas agrícolas heterogéneas.

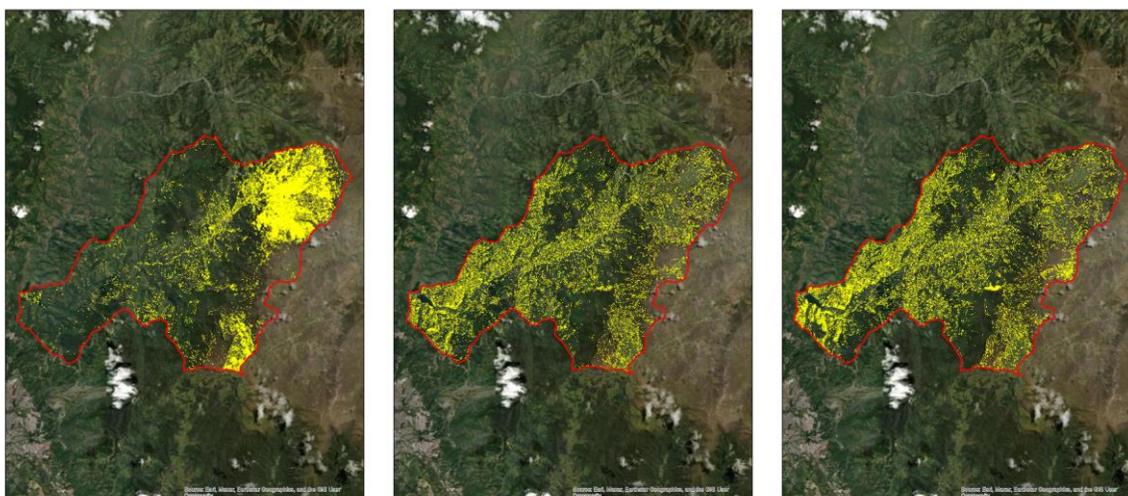


Figura 58. Dinámica cobertura Áreas agrícolas heterogéneas 2013 – 2021  
Fuente: Autores

La dinámica de las áreas agrícolas heterogéneas presenta una dispersión y disminución del periodo 2013 – 2021, pasando 2779.51 ha a 2326.06 ha .

### 5.2.4. Áreas de Bosques

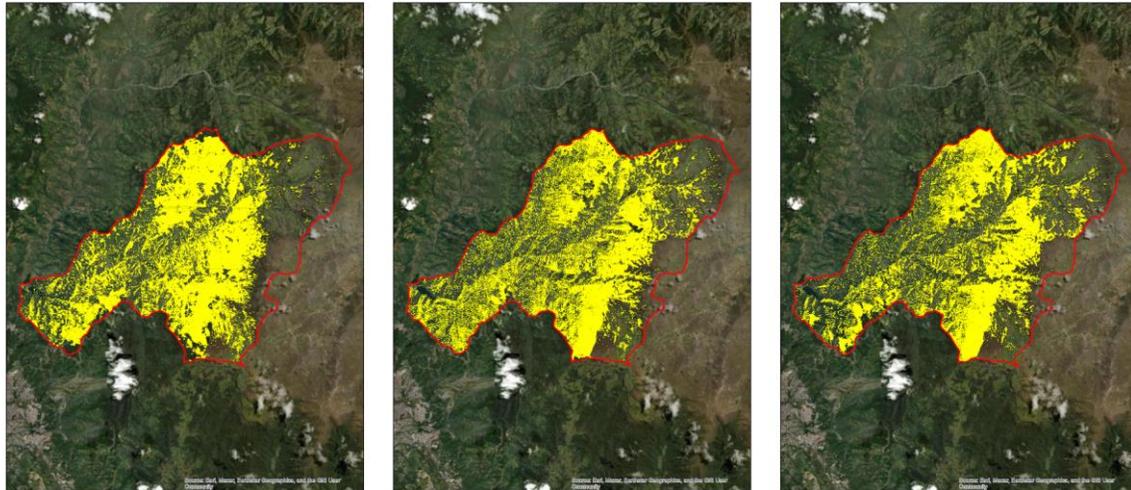


Figura 59. Dinámica cobertura Bosques 2013 – 2021  
 Fuente: Autores

El área de bosques en la zona de estudio presenta una disminución de 2013 al 2021, 8415.46 ha al 7909.99 ha, esto coincide con la aparición de la cobertura de cultivos permanentes que aumento casi 2572.60 hectáreas.

En la zona de estudio una de las problemáticas que se identifica es la Deforestación, con ello se ha visto afectado el ecosistema, la flora, fauna, reservas forestales, ampliación de la frontera agrícola, como consecuencia de esto se presenta degradación y pérdida de las propiedades del suelo.

### 5.2.5. Área de vegetación herbácea y/o arbustiva

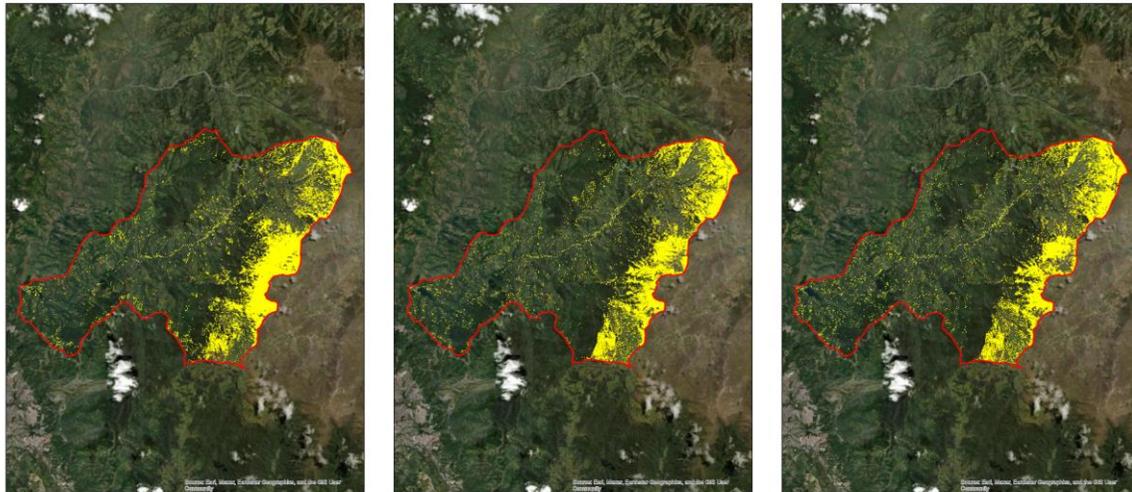


Figura 60. Dinámica cobertura herbácea y/o arbustiva 2013 – 2021  
 Fuente: Autores

Respecto al área con vegetación herbácea y arbustiva encontramos que hay una disminución del periodo de 2013 a 2021 pasando de 2859.99 Ha a 2562.61 Ha, también un aumento en las áreas abiertas sin o con poca vegetación de 0.18 Ha.

### 5.3. Tasa de Deforestación

La cuantificación de la deforestación para Colombia, se realiza aplicando una relación de cobertura boscosa en un lapso de tiempo que se basa en el mapa de cambio de coberturas de Bosque/No Bosque para el periodo de análisis en formato Raster. (IDEAM, 2011) La unidad de medida es en Hectáreas, para este proyecto se aplicará la siguiente formula:

$$TAMD_{t1-t2} = \frac{(ABjt1 - ABjt2)}{n}$$

Donde:

$TAMD_{t1-t2}$ : Es la tasa promedio anual de deforestación en la zona de estudio, en el periodo de tiempo establecido.

$ABjt1$ : Es la superficie de coberturas Boscosa del área de estudio en el primer año, en este caso (2013)

$ABjt2$ : Es la superficie de cobertura boscosa del área de estudio en el último año, del periodo de tiempo establecido, en este caso (2021)

$n$ : Es la diferencia de años.

$$TAMD_{t1-t2} = \frac{(84.155 - 70.790)}{9}$$

$$TAMD_{t1-t2} = 1.485$$

La superficie de bosque promedio que se ha perdido anualmente en el periodo de tiempo de 2013 a 2021 es de 1.485 km<sup>2</sup> por año

## 5.4. Resultados de la Encuesta

### 5.4.1. Tamaño de la muestra

Para el cálculo de la muestra en la encuesta a hacer, se revisaron parámetros como el tipo de población y el tipo de variable en este caso cualitativa con población finita. El dato de la población de la sub-cuenca del río Tona se extrajo del plan de ordenamiento y manejo ambiental microcuenca realizado por la CDMB. Partiendo de esta información calcularemos la muestra o número de encuestas para nuestra investigación a partir de la siguiente fórmula.

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

$n$  = *Tamaño de la muestra*

$N$  = *Total de la población*

$Z$  = *Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza*

$e$  = *Error de estimación máximo aceptado*

$p$  = *Probabilidad de que ocurra el evento estudiado*

$q$  = *Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado = (1-p)*

Para nuestra investigación determinamos que el nivel de confianza va ser de un 95% siendo Zeta igual a 1,96. Para  $p$  siendo la probabilidad positiva le dimos 5% y siendo  $q$  la probabilidad negativa le dimos también un 5%. Estos valores de probabilidad son criterio del investigador. Y error máximo aceptado de un 5% también criterio el investigador.

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPREDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

<b>N=</b>	<b>3978</b>	
<b>Z=</b>	1,96	
<b>p=</b>	5%	0,05
<b>q=</b>	1 - 5%	0,95
<b>e=</b>	5%	0,05

$$n = \frac{3978 * (1,96)^2 * 0,05 * 0,95}{(0,05)^2 * (3978 - 1) + (1,96)^2 * 0,05 * 0,95}$$

<b>n=</b>	71,6929628	
<b>n=</b>	72	Muestras

UBICACIÓN GENERAL DE LA MICROCUENCA DEL RIO TONA

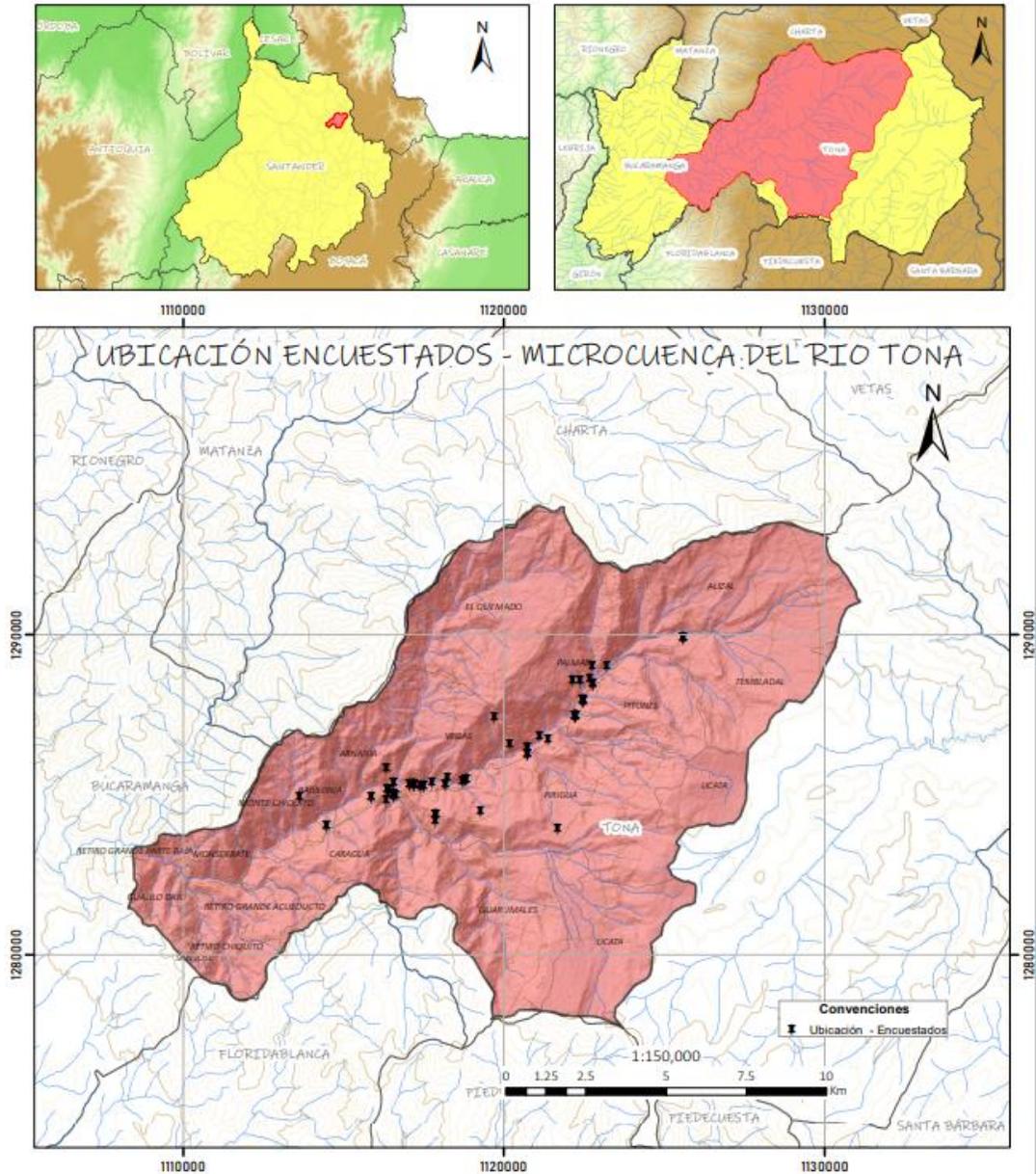


Figura 61. Mapa de ubicación de las personas encuestadas.

Fuente: Autores

A continuación, se muestra los resultados de cada pregunta realizada en la encuesta:

**5.4.2. ¿Ha visto o presenciado en algún momento contaminación en el río Tona?**

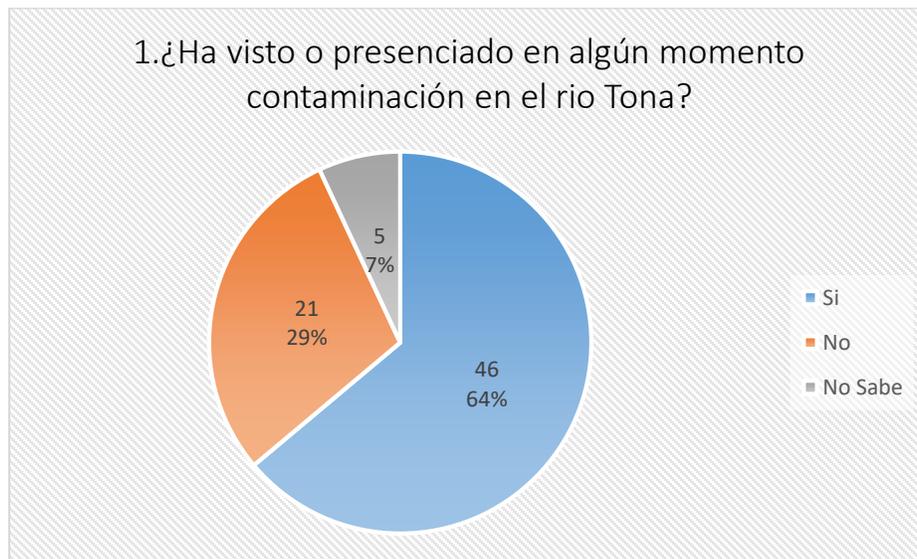


Figura 62. ¿Ha visto o presenciado en algún momento contaminación en el río Tona?

Fuente: Autores

De la población encuestada dentro de la microcuenca del río Tona, el 64% en algún momento ha presenciado o visto alguna contaminación sobre algún afluente de esta misma, el 29 % no ha visto ningún tipo de contaminación y el 7% no sabe.

**5.4.3. ¿Existen fuentes naturales de agua (nacimiento, arroyo, río, lago) en su predio?**

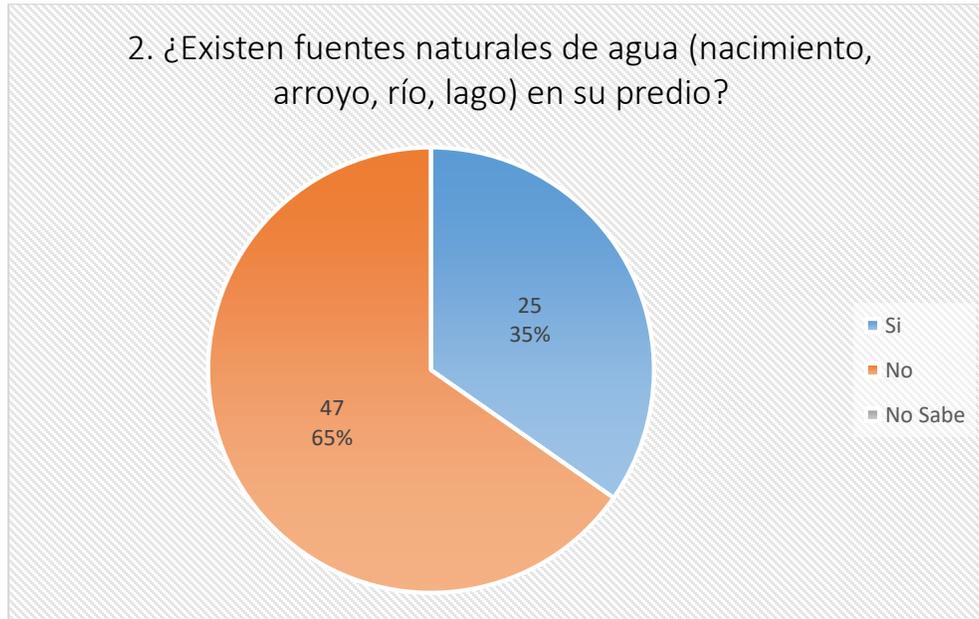


Figura 63. ¿Existen fuentes naturales de agua (nacimiento, arroyo, río, lago) en su predio?

Fuente: Autores

Dentro de esta encuesta, y como resultado de la pregunta el 65% de las personas encuestadas afirman que dentro de su predio no existe ningún tipo de afluente mientras que el 35% restantes afirman que sí.

#### 5.4.4. ¿Considera que la tierra está en buen estado de conservación?

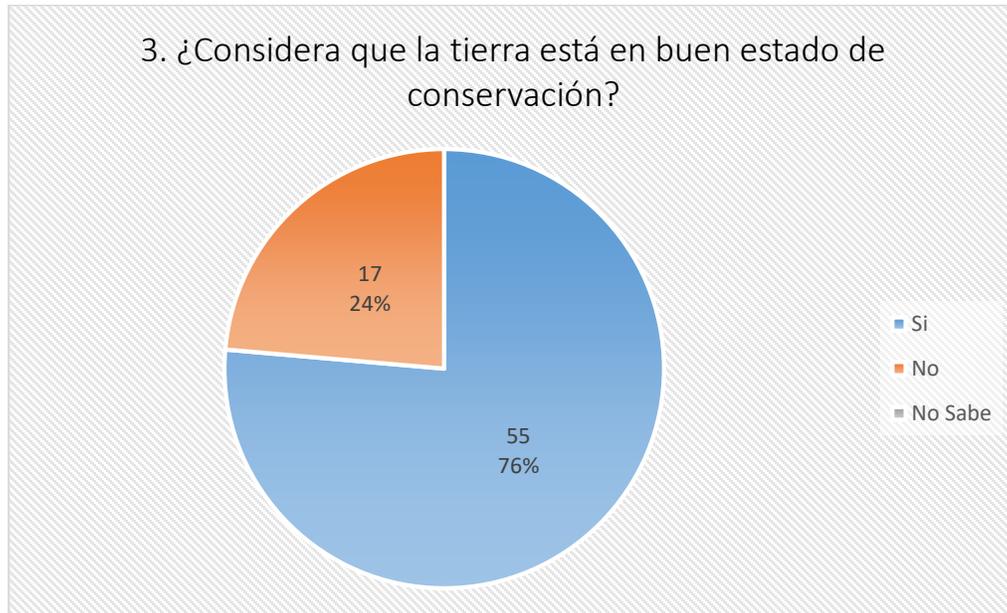


Figura 64. ¿Considera que la tierra está en buen estado de conservación?  
Fuente: Autores

El 76% de la población encuestada considera que la tierra de la microcuenca del río Tona se encuentra en un buen estado de conservación. 55 personas de la muestra consideran que la tierra actualmente está en buen estado, mientras el 24% no consideran lo anteriormente dicho.

#### 5.4.5. ¿Estaría dispuesto a desarrollar acciones para proteger el Medio Ambiente?

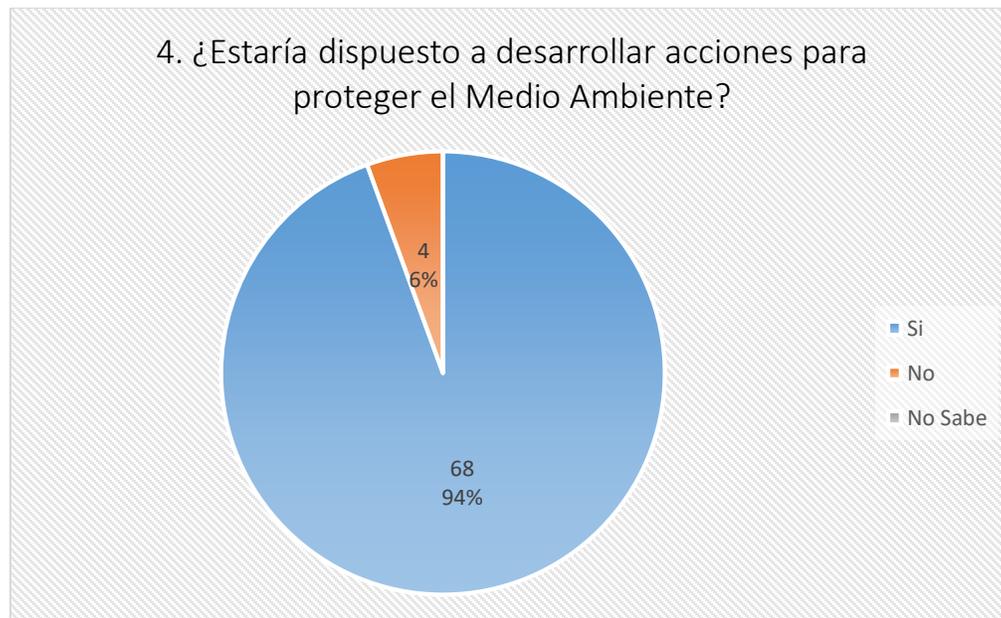


Figura 65. ¿Estaría dispuesto a desarrollar acciones para proteger el Medio Ambiente?

Fuente: Autores

El 94% de la población encuestada estaría dispuesta a desarrollar o implementar planes para proteger la microcuenca del río Tona. Mientras el 6% no estarían dispuestos a desarrollar ningún tipo de acción para proteger el medio ambiente.

**5.4.6. ¿Se ha incentivado por parte de las corporaciones ambientales a conservar la microcuenca del Río Tona?**

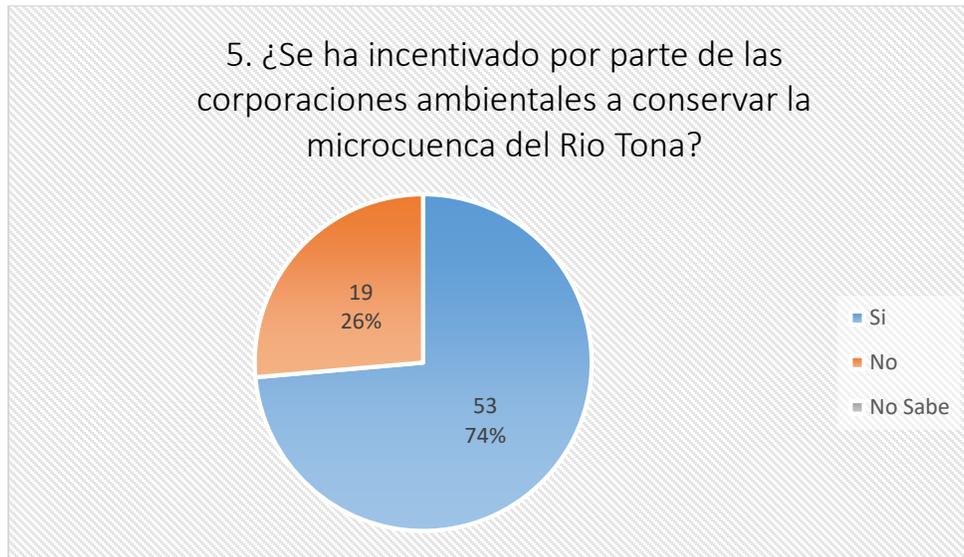


Figura 66. ¿Se ha incentivado por parte de las corporaciones ambientales a conservar la microcuenca del Río Tona?

Fuente: Autores

El 74% de los encuestados afirma que las entidades municipales y corporaciones ambientales si incentivan a el cuidado y conservación de la microcuenca del rio Tona, y se siente respaldados por estas. Mientras que el 26% no lo consideran así.

**5.4.7. ¿Cuál es el uso de suelo en su predio Actualmente?**

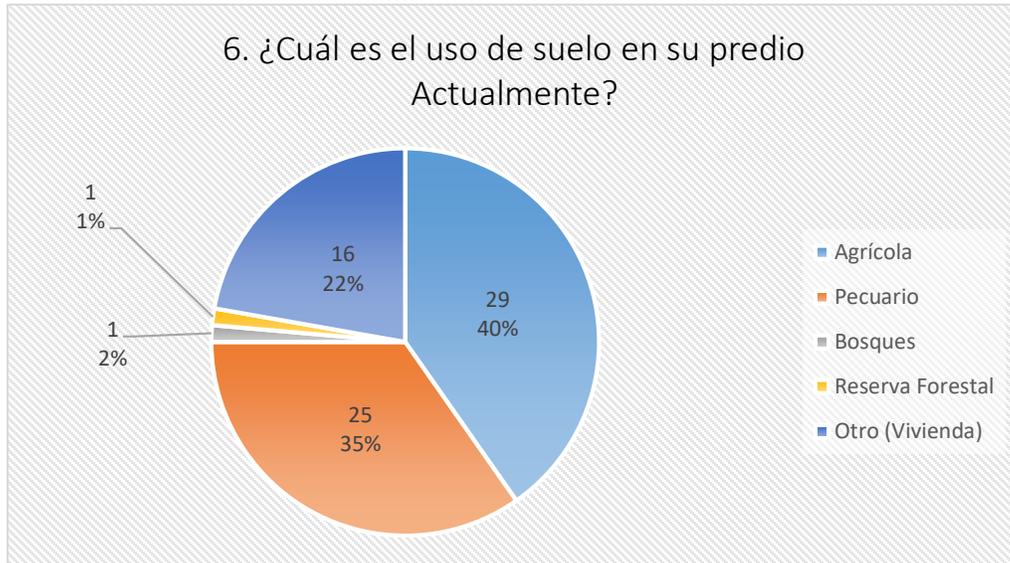


Figura 67. ¿Cuál es el uso de suelo en su predio Actualmente?  
 Fuente: Autores

El uso de suelo predominante es el agrícola con un 40%, seguido por el pecuario con 35% y un 16% para uso de tipo vivienda.

**5.4.8. Sabe usted Sí en el área de la Microcuenca del Rio Tona se ha deforestado en los últimos 10 años.**

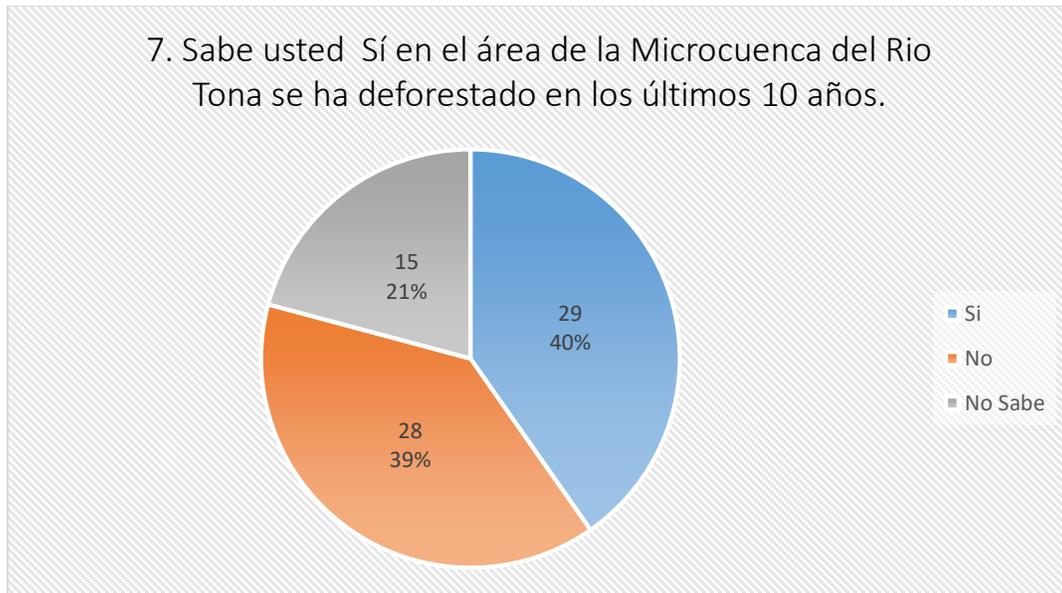


Figura 68. Sabe usted Sí en el área de la Microcuenca del Rio Tona se ha deforestado en los últimos 10 años.

Fuente: Autores

De la población encuestada podemos decir que un 40% considera que en algún momento dentro de los últimos 10 años se ha visto deforestación en la microcuenca del rio Tona, y el 60% restante no ha visto y no sabe del tema.

**5.4.9. Considera usted que los procesos de deforestación causan impactos ambientales negativos en la Microcuenca del Río Tona**

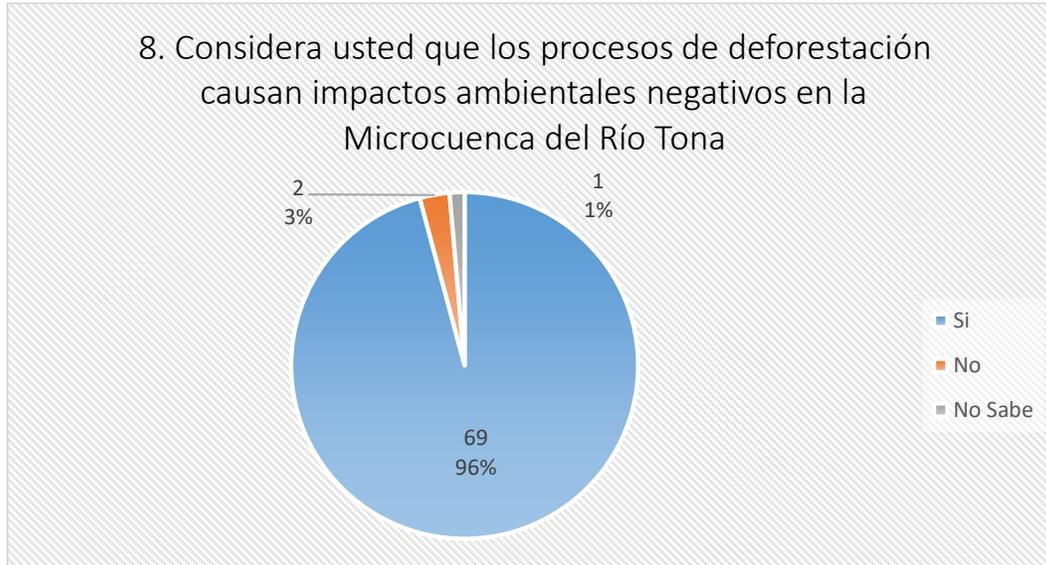


Figura 69. Considera usted que los procesos de deforestación causan impactos ambientales negativos en la Microcuenca del Río Tona  
Fuente: Autores

El 96% de los encuestados afirman que los procesos de deforestación si causan impactos ambientales negativos al medio. Y el 4% no sabe o no considera esa afirmación.

**5.4.10. ¿Cuáles son causas de la deforestación en la Micro cuenta del Río Tona?**

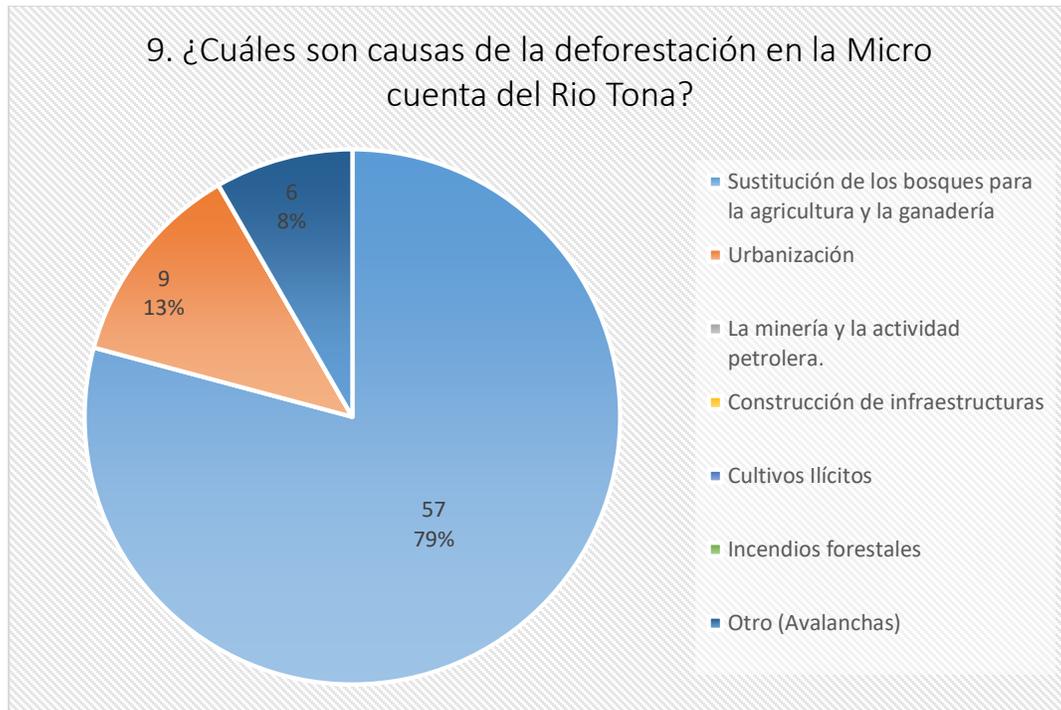


Figura 70. ¿Cuáles son causas de la deforestación en la Micro cuenta del Río Tona?  
Fuente: Autores

En esta pregunta las respuestas reflejan que el 79% de los encuestados consideran que la principal causa de deforestación en la zona, es la sustitución de los bosques para agricultura y la ganadería, seguido del 13% por urbanización, y el 8% restante ve a las avalanchas como un problema de deforestación.

**5.4.11. Cree usted que la deforestación en la Microcuenca del Rio Tona podría ser controlada mediante un plan de restauración y conservación de los ecosistemas.**



Figura 71. Cree usted que la deforestación en la Microcuenca del Rio Tona podría ser controlada mediante un plan de restauración y conservación de los ecosistemas.

Fuente: Autores

Deduciendo que todos los pobladores de la microcuenca del rio Tona, en este caso 3978 habitantes, siendo 3262 personas el 82%, consideran que los focos de deforestación en la zona podrían ser controlados mediante un plan de restauración y conservación de los ecosistemas.

## 6. CONCLUSIONES

El empleo de las imágenes satelitales Landsat en este tipo de proyectos es muy frecuente debido a su fácil acceso ya que no representa un costo monetario, sin embargo, seleccionar la imagen según la temporalidad y los criterios es complejo, y más en la zona de estudio por el tema porcentaje de nubosidad. Las imágenes Landsat tienen resolución de 30 m esto dificulta un poco la interpretación de coberturas. Sin embargo, a través del análisis multitemporal realizado con las imágenes del satélite Landsat en diferentes años se logró determinar la tasa de deforestación y el cambio de cobertura de la tierra para el periodo de 2013 – 2021 en el sector definido de la Microcuenca del Río Tona, la cual corresponde a 1.4 km<sup>2</sup> anualmente. Durante el lapso de tiempo de 9 años ocurrieron cambios significativos de la cobertura de los bosques, es así que para 2013 se tenía un 43,4% y para el año 2021 se redujo al 36% (disminución del 10%), esto porque ocurrieron procesos antrópicos que ocasionaron cambios drásticos de la cobertura vegetal.

Estos análisis multitemporales a través de imágenes satelitales se convierten en una herramienta clave para llevar un registro de los cambios de cobertura de la tierra, así mismo facilita a los entes territoriales una perspectiva objetiva al momento de proponer proyectos encaminados en el desarrollo, conservación sostenible de los recursos ambientales y la planificación del territorio; todo esto teniendo como base el Plan de Ordenamiento Territorial (POT). Por lo anterior, los análisis multitemporales son de gran importancia para tener una vista extensa de la dinámica que hay entre los municipios y la zona de estudio.

Ahora bien , los ecosistemas naturales constituyen el sistema de soporte de vida del planeta (Maass), es precisamente por eso que se vuelve imprescindible frenar el deterioro del mismo, restaurarlo y conservarlo. Con la encuesta logramos analizar

que la comunidad está dispuesta a desarrollar e implementar planes de restauración y conservación para proteger el ecosistema natural de la Microcuenca del Río Tona, por lo que es importante diseñar y ejecutar programas de concientización, impartir cursos de capacitación y talleres en relación al aprovechamiento de los recursos, entre otras. (Carmona Díaz, Morales Mávila, & Rodríguez Luna, 2004)

## 7. RECOMENDACIONES

Para realizar análisis de los cambios de uso del suelo, se recomienda trabajar con imágenes de mayor resolución. Para este estudio se utilizaron las imágenes del satélite Landsat 8 por su facilidad de acceso, sin embargo no fue sencillo seleccionar la temporalidad de las imágenes ya que la zona de estudio presenta mucha nubosidad no siendo recomendable. Por tal motivo se proponer trabajar con imágenes de mayor resolución.

También se recomienda realizar verificación de campo para la identificación de las coberturas, para tener así mayor veracidad y confiabilidad en los sitios de entrenamiento en el momento de la interpretación y análisis de la información.

Por último se recomienda ampliar esta investigación teniendo en cuenta otras variables tanto ambientales como topográficas con el fin de contar con la información necesaria para estructurar proyectos de restauración y conservación de los ecosistemas. Información tal como lo son los inventarios de los recursos existentes en el área, conocer los factores químicos y ambientales que forman parte integral de la microcuenca, entre otros.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre Dávila, C. (2016). "Caracterización de Agentes, Motores y Causas Subyacentes de la Deforestación Región A4: Santander, Colombia. Recuperado el 2022
- Alcaldía de Tona en Santander. (20 de Abril de 2018). *Tona-Santander.gov.co*. Obtenido de <http://www.tona-santander.gov.co/municipio/vias>
- Alonso, D. ((s.f)). Combinación de bandas en imagenes de satélite Landsat y Sentinel. Recuperado el Mayo de 2020, de <https://mappinggis.com/2019/05/combinaciones-de-bandas-en-imagenes-de-satelite-landsat-y-sentinel/>
- ArcGIS. (s.f.). Comparar combinaciones de bandas. Recuperado el Mayo de 2020, de <https://learn.arcgis.com/es/projects/assess-burn-scars-with-satellite-imagery/lessons/compare-band-combinations.htm>
- ArcGIS Pro. (s.f.). ¿Qué es ModelBuilder? Recuperado el Mayo de 2020, de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/help/analysis/geoprocessing/modelbuilder/what-is-modelbuilder-.htm>
- Breve Introducción a la Teledección. (s.f.). Recuperado el Mayo. de 2020, de [https://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/es/latest/remote\\_sensing.html](https://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/es/latest/remote_sensing.html)
- Carmona Díaz, G., Morales Mávil, J. E., & Rodríguez Luna, E. (2004). Plan de manejo para el manglar de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz, México: una estrategia para la conservación de sus recursos naturales. Xalapa, México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61709901>
- CDMB - Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. (Diciembre de 2005). *PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO AMBIENTAL MICROCUENCA RIO TONA*. Obtenido de <https://economia.uniandes.edu.co/sites/default/files/webproyectos/santurban/PLAN-DE-ORDENAMIENTO-Y-MANEJO-RIO-TONA.pdf>

CDMB. (2005). *PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA RIO TONA*. Obtenido de <https://economia.uniandes.edu.co/sites/default/files/webproyectos/santurban/PLAN-DE-ORDENAMIENTO-Y-MANEJO-RIO-TONA.pdf>

CDMB. (s.f). Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental Microcuenca Rio Tona. Recuperado el agosto de 2022

Colombia Turismo web. (s.f.). *Colombia Turismo web*. Recuperado el Julio de 2022, de <http://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/SANTANDER/MUNICIPIOS/TONA/TONA.htm>

Congreso de Colombia. (22 de Diciembre de 1993). *Ley 99 de 1993*. Obtenido de <https://justiciaambientalcolombia.org/wp-content/uploads/2012/10/ley-99-de-1993.pdf>

Congreso de Colombia. (22 de diciembre de 1993). *Ley 99 de 1993*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

Congreso de Colombia. (22 de Diciembre de 1993). *LEY 99 DE 1993*. Obtenido de <https://justiciaambientalcolombia.org/wp-content/uploads/2012/10/ley-99-de-1993.pdf>

Congreso de Colombia. (18 de Julio de 1997). *Ley 388 de 1997*. Recuperado el 2022, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339#:~:text=1%2C%20Ley%20902%20de%202004,la%20administraci%C3%B3n%20de%20estos%20procesos>.

Congreso de Colombia. (18 de Julio de 1997). *Ley 388 de 1997*. Recuperado el 2022, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339#:~:text=1%2C%20Ley%20902%20de%202004,la%20administraci%C3%B3n%20de%20estos%20procesos>.

Congreso de Colombia. (2 de Agosto de 2012). Decreto 1640 de 2012. Obtenido de  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

Congreso de Colombia. (24 de Abril de 2012). Ley 1523 de 2012. Obtenido de  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>

Congreso de Colombia. (24 de Abril de 2012). *Ley 1523 de 2012*. Obtenido de  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>

Congreso de Colombia. (27 de Julio de 2018). *Ley 1930 de 2018*. Obtenido de  
Gestor Normativo:

[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765  
#:~:text=La%20presente%20ley%20tiene%20por,las%20acciones%20de%  
20adaptaci%C3%B3n%20al](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765#:~:text=La%20presente%20ley%20tiene%20por,las%20acciones%20de%20adaptaci%C3%B3n%20al)

Congreso de Colombia. (27 de Julio de 2018). *Ley 1930 de 2018*. Obtenido de  
[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87764  
#:~:text=Se%20proh%C3%ADbe%20el%20uso%20de,plan%20de%20man  
ejo%20del%20p%C3%A1ramo](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87764#:~:text=Se%20proh%C3%ADbe%20el%20uso%20de,plan%20de%20manejo%20del%20p%C3%A1ramo).

Congreso de Colombia. (27 de Julio de 2018). *Ley 1930 de 2018*. Obtenido de  
Gestor Normativo:

[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765  
#:~:text=La%20presente%20ley%20tiene%20por,las%20acciones%20de%  
20adaptaci%C3%B3n%20al](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765#:~:text=La%20presente%20ley%20tiene%20por,las%20acciones%20de%20adaptaci%C3%B3n%20al)

Congreso de Colombia. (27 de julio de 2018). *Ley 1930 de 2019*. Obtenido de  
[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87764  
#:~:text=Por%20medio%20de%20la%20cual,sostenible%20y%20generaci  
%C3%B3n%20de%20conocimiento](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87764#:~:text=Por%20medio%20de%20la%20cual,sostenible%20y%20generaci%C3%B3n%20de%20conocimiento).

Corrección de imagenes de satélites. ((s.f)). Recuperado el Mayo de 2020, de  
<https://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema07.pdf>

Daza Torres, M. C., Hernández Florez, F., & Triana, F. A. (2014). *Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico*. Obtenido de  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v67n1/v67n1a06.pdf>

Dirección General de Geografía y medio ambiente (INEGI). (s.f.). Aspectos Tecnicos de las imagenes Landsat. Recuperado el Mayo de 2020, de [https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/imgLANDSAT/doc/Aspectos\\_tecnicos\\_landsat.pdf](https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/imgLANDSAT/doc/Aspectos_tecnicos_landsat.pdf)

Duque Márquez, I. (02 de Septiembre de 2020). *Decreto 1210 de 2020*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=141359>

Editorial Etecé. (14 de Julio de 2022). *Concepto.co*. Obtenido de <https://concepto.de/ecosistemas/>

EOT Esquema De Ordenamiento Territorial - Municipio de Tona. (2003). Recuperado el 28 de Julio de 2022, de <https://serviciosgeovisor.igac.gov.co:8080/Geovisor/descargas?cmd=download&token=eyJhbGciOiJIUzUxMiJ9.eyJzdWIiOiI0Nzg0MyIsImV4cCI6MTY2MDE3OTI4OSwianRpljoiZG9jdW1lbnRvLTM5NTI3In0.9LijQ1MD4rIFQUgM BYAGqaw0JclZHvWWlaVRUPsSW6bd5KdH4RhTfC0rcLKWmlv51zqaW3pTFjuZp>

Espilco, Y., & Arana, C. (2020). *repositorio universidad privada del norte, Peru*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27240/Espilco%20Perez%2c%20Yessica%20Marleny.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Esquema de Ordenamiento Territorial EOT - Municipio de Tona. (2002). *Esquema de Ordenamiento Territorial - Municipio de Tona*. Obtenido de <https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/11812/7792-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Galindo, L. M., Samaniego, J., Beltrán, A., Ferrer Carbonell, J., & Alatorre, J. E. (2017). *Portafolio de políticas públicas de adaptación al cambio climático y mitigación de sus efectos con beneficios adicionales o “sin arrepentimiento” en América Latina*. Santiago: Naciones Unidas.

- Geographic, R. N. (22 de noviembre de 2021). *National Geographic*. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/>
- Gonzales Iwanciw, J., Paz Rada, O., Zaballa Romero, M., & Trujillo, R. (2006). *Mitigación del Cambio Climático. Estrategia de participación en el Mecanismo de Desarrollo Limpio y en otros esquemas de comercio de emisiones de gases de efecto invernadero en el marco del Plan Nacional de Desarrollo de Bolivia de 2006-2012*. La Paz, Bolivia: Impresiones Quality S.R.L.
- González, B. (22 de Febrero de 2019). *Ecología Verde* . Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/conservacion-y-proteccion-del-medio-ambiente-importancia-y-medidas-1804.html>
- González , M., Carreño, C., & De Pablo, M. (2007). Aplicación de imágenes Landsat (tm y etm+) en estudios geoestructurales en el NO del Macizo Ibérico. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/61899163.pdf>
- Gutiérrez Bastida, J. M. (2013). *De rerum natura. Hitos para otra historia de la educación ambiental*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/historiaeducacionambiental/home?authuser=0>
- Hernández-Gómez, A., Sánchez-Calderón, F. V., & Rojas-Robles, R. (22 de Julio de 2013). *Cambios en el uso del suelo asociados a la expansión urbana y la planeación en el corregimiento de Pasquilla, zona rural de Bogotá (Colombia)*. Obtenido de Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía.: <https://doi.org/10.15446/rcdg.v22n2.37024>.
- Hurtado Sánchez, M. d. (2019). *repositorio.unal.edu.co*. Obtenido de Diagnóstico del efecto de diferentes usos del suelo en el almacenamiento del carbono del piedemonte amazónico y simulación de escenarios alternativos: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69725>
- IDEAM. (2011). Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación. Recuperado el Mayo de 2020, de <http://www.ideam.gov.co/documents/13257/13817/Protocolo+Subnacional+PDI.pdf>

- IDEAM. (Diciembre de 2013). *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS GEOMORFOLÓGICOS A ESCALA 1:100.000*. Obtenido de GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS GEOMORFOLÓGICOS A ESCALA 1:100.000: [http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152722/Guia\\_Enero\\_201401+%281%29.pdf/501aa421-a0e4-4a1d-a5c8-d6cb1b0de520](http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152722/Guia_Enero_201401+%281%29.pdf/501aa421-a0e4-4a1d-a5c8-d6cb1b0de520)
- IDEAM. (2015). Moniteo y seguimiento al fenómeno de la deforestación en Colombia. Recuperado el 28 de Julio de 2022, de <http://www.ideam.gov.co/web/bosques/deforestacion-colombia>
- IGAC. (Septiembre de 2008). Manual de procedimientos. Recuperado el Mayo de 2020, de <http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/UserFiles/File/procedimientos/procedimientos%202008/P320-12-2008V1%20Produccion%20de%20ortoimagenes%20de%20satelite%20OPTICAS%20usando%20MDT.pdf>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2014). *Humboldt Colombia*. Recuperado el 2022, de <http://www.humboldt.org.co/en/noticias-2/current-events/item/1489-en-colombia-mas-de-la-mitad-de-sus-ecosistemas-se-encuentran-en-riesgo>
- IPCC. (2007). Cambio climático 2007. Suiza. Recuperado el 2022, de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4\\_syr\\_sp.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf)
- Iturralde , P., & Holgan, V. (30 de septiembre de 2020). *Humans for abundance*. Obtenido de <https://www.humansforabundance.com/post/los-impactos-ambientales-del-cambio-de-uso-del-suelo>
- Jiménez Ferrer, G., Soto Pinto, L., Pérez Luna, E., Kú Vera, J. C., Ayala Burgos, A., Villanueva López, G., & Alayon Gamboa, A. (2015). Ganadería y cambio climático: Avances y retos de la mitigación y la adaptación en la frontera sur de México. *SOCIEDADES RURALES, PRODUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTE*, Vol 15.

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

Jimenez, D. C. (08 de Julio de 2021). *AGENCIA ANADOLU*. Obtenido de <https://www.aa.com.tr/es/econom%C3%ADa/deforestaci%C3%B3n-en-colombia-aument%C3%B3-un-8-por-ciento-en-2020/2297600>

La secretaría de la CMNUCC. (s.f.). *United Nations Climate Change*. Recuperado el Julio de 2022, de [https://unfccc.int/es/kyoto\\_protocol#:~:text=En%20concreto%2C%20el%20Protocolo%20de,con%20las%20metas%20individuales%20acordadas](https://unfccc.int/es/kyoto_protocol#:~:text=En%20concreto%2C%20el%20Protocolo%20de,con%20las%20metas%20individuales%20acordadas).

Maass, M. (s.f.). Principios generales sobre manejo de Ecosistemas. Morelia, Mexico. Recuperado el 2022, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/395/maass.html>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (diciembre de 2016). Plan Integral de Gestión de Cambio Climático Territorial de Santander 2030. Colombia. Obtenido de <https://e3asesorias.com/wp-content/uploads/documentos/santander.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia. (s.f.). *Planes y programas de conservación*. Recuperado el Agosto de 2022, de <https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/planes-y-programas-de-conservacion-2/>

Mogrovejo Jaramillo, P. R. (2017). *Cambio Climatico*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10644/5862>

ONU. (29 de Noviembre de 2006). *Noticias ONU*. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2006/11/1092601>

Organización de las Naciones Unidas ONU. (Junio de 1992). *Departamento de Asuntos Económicos y Sociales*. Obtenido de <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

Ortíz Mendez, L. (Noviembre de 2009). Obtenido de <https://www.uv.mx/gestion/files/2013/01/LORENA-MENDEZ-ORTIZ.pdf>

- Peña, G. A. (Julio de 2018). *Repositorio UPB*. Obtenido de [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5505/digital\\_37329.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5505/digital_37329.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Richards, P. W. (1952). *The Tropical Rain Forest*. Cambridge University Press, Cambridge. Reino Unido.
- Rodríguez Eraso, N., Pabón Caicedo, J. D., Bernal Suárez, N. R., & Martínez Collantes, J. (2010). *Cambio climático y su relación con el uso del suelo en los Andes colombianos*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11761/31370>
- Rowe, J. S. (1961). *The Level-of-Integration Concept and Ecology*.
- Sánchez, L., & Reyes, O. (2015). *Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas, Santiago de Chile : Copyright © Naciones Unidas.
- SIAT-AC. ((s.f)). Tasa promedio anual de deforestación (TMAD). Colombia. Recuperado el Mayo de 2020, de <http://siatac.co/web/guest/tasa-deforestacion>
- Tansley, A. G. (1935). *The use and abuse of vegetational concepts and terms*, Ecology.
- Therán Nieto, K. R., & Rodríguez Potes, L. (01 de 11 de 2018). *MÓDULO ARQUITECTURA CUC*. Obtenido de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/moduloarquitecturacuc/about>
- United States Department of Agriculture. (2010). *Natural Resources Conservation Service*. Obtenido de <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/pa/about/outreach/?cid=nrcseprd1205208>
- Uribe Botero, E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295\\_en.pdf?sequence=1](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_en.pdf?sequence=1)

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPREDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

Vanguardia. (09 de Febrero de 2010). *Vanguardia*. Obtenido de  
<https://www.vanguardia.com/entretenimiento/salud/tona-bella-postal-de-santander-IAVL52974>

Zillman\*, J. W. (31 de Diciembre de 2008). *Historia de las actividades en torno al clima*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/217343878.pdf>

### 9. APENDICES



**INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA**  
**ENCUESTA SOBRE EL USO DEL SUELO Y CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DEL RIO TONA**

	Departamento		Lugar de encuesta	
	Municipio			
	Fecha		Coordenadas	
	Encuestador		Latitud	Longitud
	Encuestado			

**CUESTIONARIO**

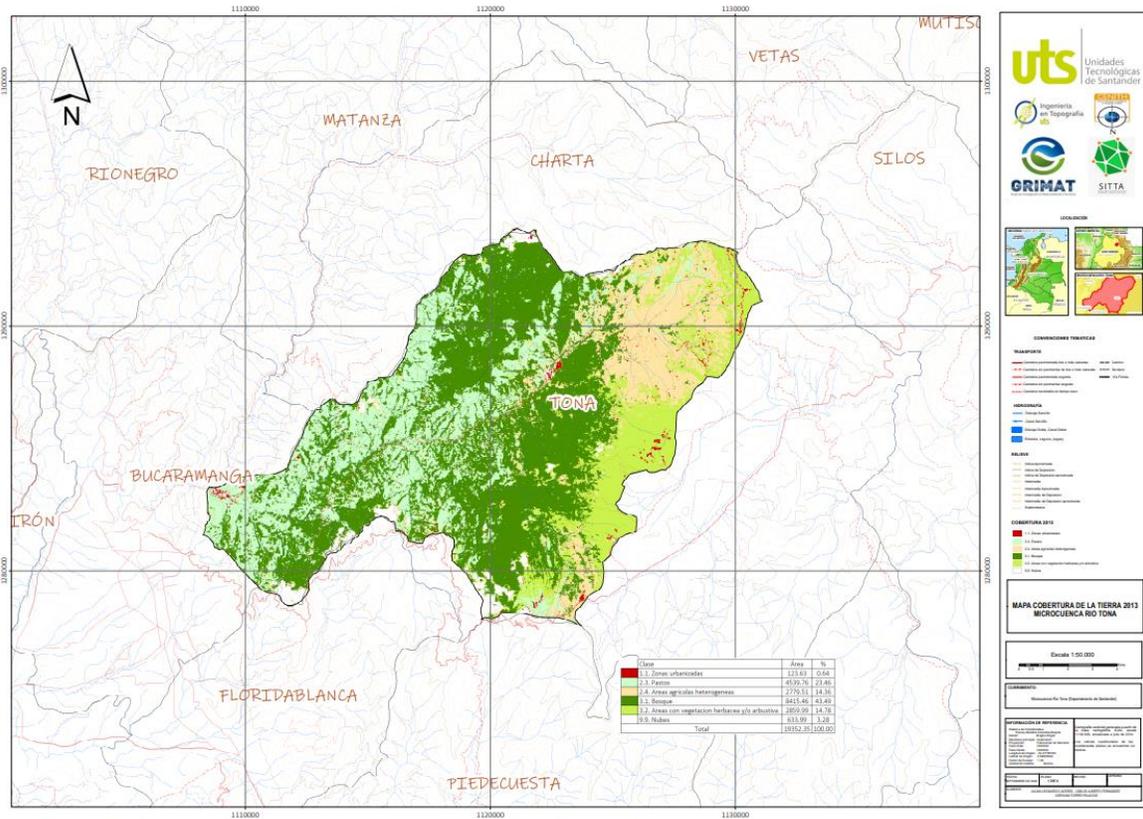
Responda Sí, No o No Sabe de acuerdo con lo que considere

Marque con una X la respuesta que considere.

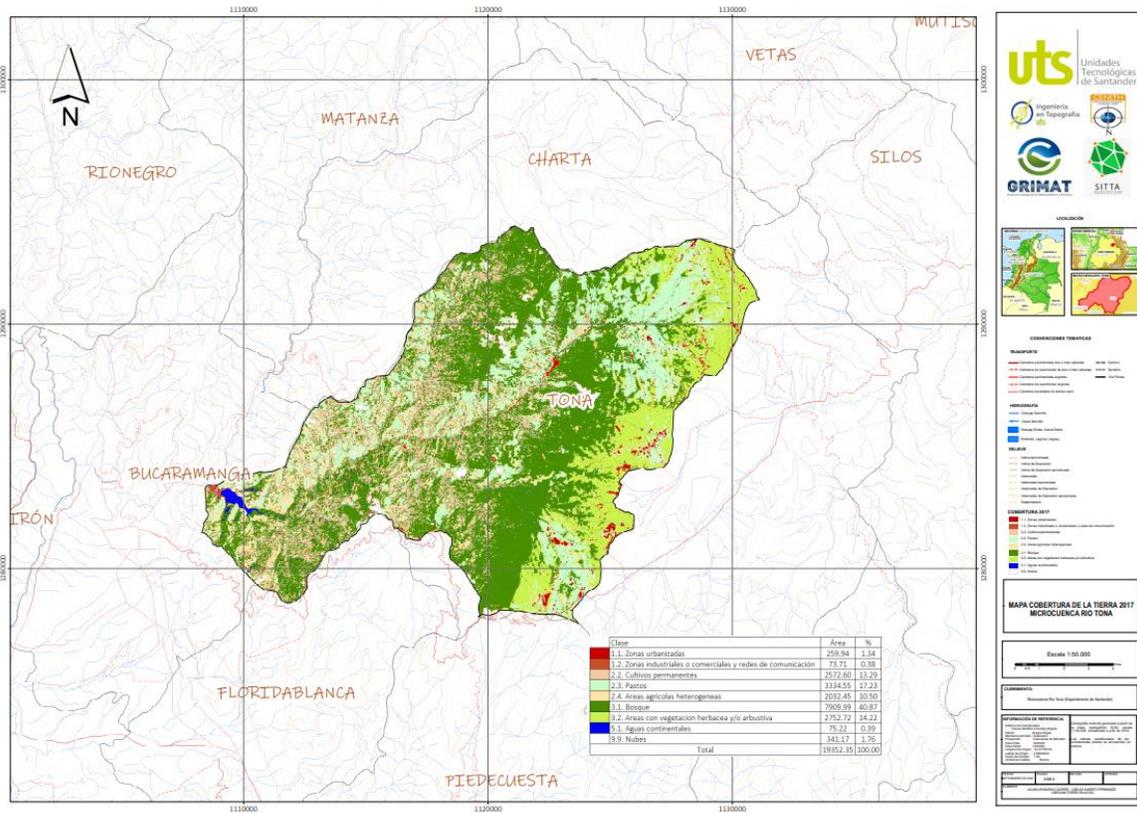
1. ¿Ha visto o presenciado en algún momento contaminación en el río Tona? a) Sí b) No c) No Sabe	2. ¿Existen fuentes naturales de agua (nacimiento, arroyo, río, lago) en su predio? a) Sí b) No c) No Sabe
3. ¿Considera que la tierra está en buen estado de conservación? a) Sí b) No c) No Sabe	4. ¿Estaría dispuesto a desarrollar acciones para proteger el Medio Ambiente? a) Sí b) No c) No Sabe
5. ¿Se ha incentivado por parte de las corporaciones ambientales a conservar la microcuenca del Río Tona? a) Sí b) No c) No Sabe	6. ¿Cuál es el uso de suelo en su predio Actualmente? a) Agrícola b) Pecuario c) Bosques d) Reserva Forestal e) Otro ¿Cuál? _____
7. Sabe usted Sí en el área de la Microcuenca del Río Tona se ha deforestado en los últimos 10 años. a) Sí b) No c) No Sabe	8. Considera usted que los procesos de deforestación causan impactos ambientales negativos en la Microcuenca del Río Tona a) Sí b) No c) No Sabe
9. ¿Cuáles son causas de la deforestación en la Micro cuenta del Río Tona? a) Sustitución de los bosques para la agricultura y la ganadería b) Urbanización c) La minería y la actividad petrolera d) Construcción de infraestructuras e) Cultivos Ilícitos f) Incendios forestales g) Otro Cual _____	10. Cree usted que la deforestación en la Microcuenca del Río Tona podría ser controlada mediante un plan de restauración y conservación de los ecosistemas a) Sí b) No c) No Sabe

Apéndice A. Formato de encuesta sobre uso de suelo y conservación.

10. ANEXOS



Anexo A. Mapa de cobertura de la tierra 2013.

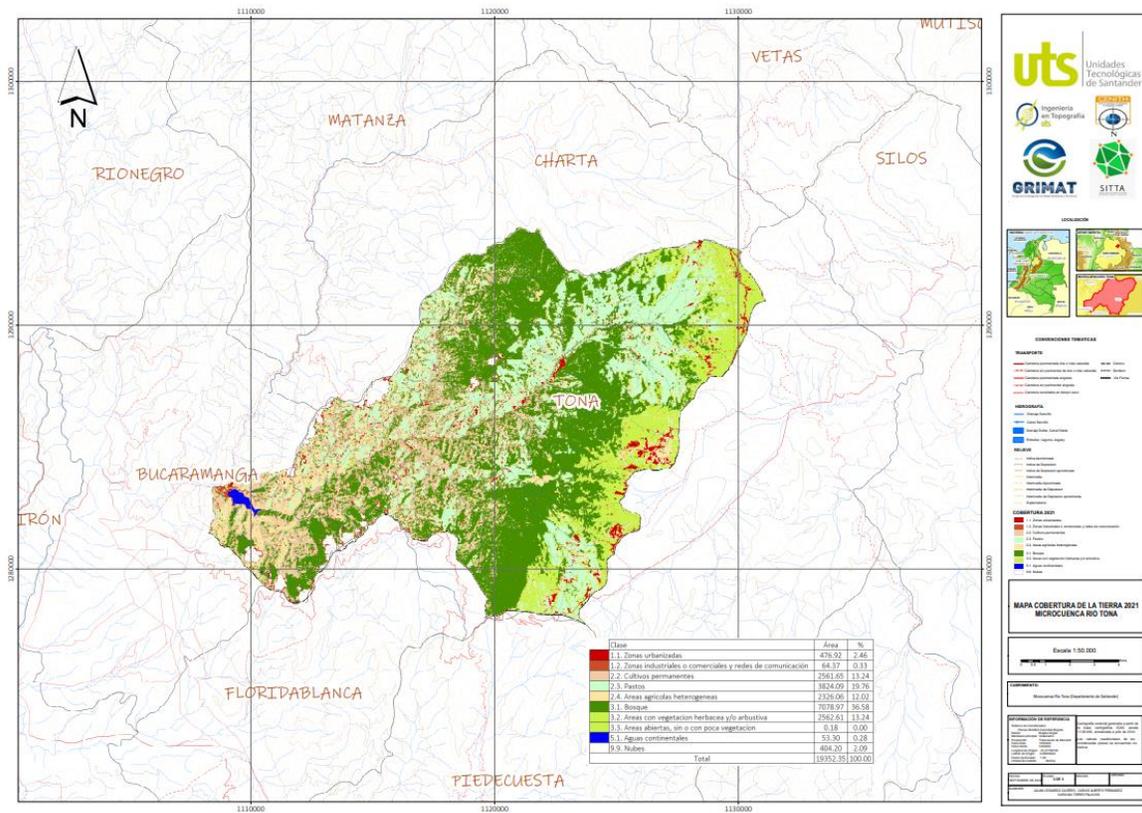


Anexo B. Mapa de cobertura de la tierra 2017.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:



Anexo C. Mapa de cobertura de la tierra 2021.