



Caracterización de Cultivos en las Veredas Guarumales, Pirgua, Pitones, Ucatá
y Tembladal como Insumo para el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio
de Tona, Santander-2025

Modalidad: Trabajo de investigación

Alexandra García Mancilla.

CC:1006454487

Alexander Rondón García.

CC: 1005248362

Juan David Vargas Barajas

CC: 1005106599

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA
BUCARAMANGA (19/09/2025)



Caracterización de Cultivos en las Veredas Guarumales, Pirgua, Pitones, Ucatá
y Tembladal como Insumo para el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio
de Tona, Santander-2025

Modalidad: Trabajo de investigación

Alexandra García Mancilla.

CC:1006454487

Alexander Rondón García.

CC: 1005248362

Juan David Vargas Barajas

CC: 1005106599

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero en Topografía

DIRECTOR

M.Sc CLARA INES TORRES VASQUEZ

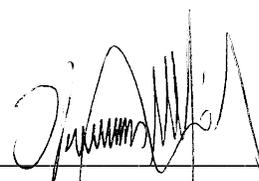
GRUPO DE INVESTIGACIÓN – GRIMAT

Unidades Tecnológicas de Santander
Facultad de ciencias naturales e ingenierías
Ingeniería en topografía
Bucaramanga (19/09/2025)

Nota de Aceptación

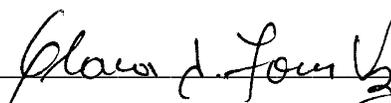
Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por
Las Unidades Tecnológicas de Santander para optar al título
de Ingeniero Topógrafo
Según acta #24 del Comité de Proyectos de Grado
Del 19-09-2025

Docente evaluador: Ing. Germán Alberto Suárez Arias
Docente directora: M.Sc Clara Inés Torres Vásquez



Ing. Germán Alberto Suárez Arias
Firma del Evaluador

Generado por CamScanner



M.Sc Clara Inés Torres Vásquez
Firma del Director

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con profundo agradecimiento y cariño, a mi madre y a mi hermana Dorainys, quienes han sido el pilar fundamental de mi formación, brindándome su amor incondicional, apoyo constante y enseñanzas que me han guiado en cada etapa de mi vida. A mi familia, por su paciencia y comprensión en los momentos de ausencia y esfuerzo. A mis docentes, por compartir su conocimiento y motivarme a dar siempre lo mejor de mí. Y, especialmente, a Dios, por darme la fortaleza y sabiduría necesarias para culminar este proceso.

-ALEXANDRA GARCÍA MANCILLA

Dedico este proyecto a mis padres, David y Cleo, quienes con su amor, esfuerzo y apoyo incondicional me han guiado en cada paso de mi vida. Gracias por enseñarme el valor del trabajo, la perseverancia y la honestidad. Este logro es también de ustedes.

-JUAN DAVID VARGAS BARAJAS

AGRADECIMIENTOS

Nos complace presentarles nuestro trabajo, el cual ha sido posible gracias al apoyo y la motivación de quienes nos han acompañado en esta travesía intelectual.

En primer lugar, expresamos nuestro más profundo agradecimiento a Dios, quien ha sido nuestra guía y fortaleza a lo largo de este proceso. Su amor y bendiciones nos han acompañado en cada paso del camino, y sin su divina intervención, este logro no habría sido posible.

También extendemos nuestro agradecimiento a las Unidades Tecnológicas de Santander por brindarnos la oportunidad de formarnos en un entorno académico de excelencia. Su compromiso con la educación y el apoyo constante han sido fundamentales para nuestro crecimiento profesional.

Asimismo, reconocemos con gratitud a la docente Clara Inés Torres por su colaboración y respaldo en el desarrollo de esta investigación. Su compromiso ha sido una fuente de inspiración para nuestro trabajo.

Finalmente, agradecemos a todas las personas e instituciones que, de una u otra manera, han contribuido a nuestro crecimiento y éxito. Su apoyo, aliento y confianza han sido invaluableles en este camino.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	10
INTRODUCCIÓN.....	11
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN	14
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. ESTADO DEL ARTE	16
2. MARCO REFERENCIAL	20
2.1. MARCO LEGAL	20
2.2. MARCO AMBIENTAL	21
2.3. MARCO TEÓRICO	22
2.4. MARCO CONCEPTUAL	23
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	25
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....	27
4.1. UBICACIÓN	27
4.2. FASE I: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE	28
4.2.1. CULTIVOS AGRÍCOLAS	29
4.2.2. ETAPA I: ESTADO DEL ARTE	30
4.2.3. ETAPA II: BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL	31
4.2.4. ETAPA III: INFORMACIÓN DE CAMPO.	32
5. RESULTADOS.....	37
5.1. FASE II: ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	37
5.1.1. ANÁLISIS DE CULTIVOS BASADO EN INFORMACIÓN EXISTENTE	37
5.1.2. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL.....	39
5.1.3. CARTOGRAFIA.....	40
5.2. PROCESAMIENTO DE DATOS DE CAMPO- CARTOGRAFÍA.....	48

HALLAZGOS CLAVE	58
6. CONCLUSIONES.....	59
7. RECOMENDACIONES	60
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
9. ANEXOS.....	63

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Diagrama de flujo _____	26
Ilustración 2: Localización de la zona de estudio _____	28
Ilustración 3: Registro de fotos de salida a campo en la vereda de Ucatá	33
Ilustración 4 Registro de fotos de salida a campo en la vereda Pitones y Tembladal _____	34
Ilustración 5: Registro de fotos de salida a campo en la vereda de Guarumales y pigua. _____	35
Ilustración 6: Mapa de Coberturas _____	38
Ilustración 7 Mapa de pendiente _____	41
Ilustración 8: Mapa de tipos de relieve _____	42
Ilustración 9 Mapa de Clima _____	45
Ilustración 10: Modelo TIN _____	47
Ilustración 11: Fotografía Aérea de Cultivos _____	50
Ilustración 12: Café _____	52
Ilustración 13: Mapa de Cultivos _____	53
Ilustración 14: Área total por cultivo _____	55
Ilustración 15: Diagrama de Barras con datos de cultivos por vereda ____	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Cobertura y uso actual de las Tierras	29
Tabla 2 Resumen de área por cultivo	56
Tabla 3: Resumen por vereda	58

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar los cultivos establecidos en las veredas Guarumales, Pírgua, Pitones, Ucatá y Tembladal del municipio de Tona, Santander, mediante análisis de información existente y metodologías avanzadas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La finalidad es generar insumos técnicos para la formulación del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) y contribuir a la delimitación de la zona de páramo. Para ello, se emplearon herramientas de teledetección, sistemas de información geográfica (SIG) y aeronaves no tripuladas con el fin de recopilar datos precisos sobre la distribución y extensión de las áreas cultivadas. Se generó un inventario detallado en formato Excel, donde se identificaron y clasificaron los diferentes tipos de cultivos presentes en la zona. Además, se elaboró una base de datos georreferenciada que permitió delimitar con exactitud las áreas de producción agrícola. Finalmente, se desarrolló cartografía temática para representar visualmente la información obtenida y facilitar su uso en la planificación territorial.

En conclusión, este estudio brinda herramientas esenciales para fortalecer la planificación del territorio en el municipio de Tona, facilitando la formulación de políticas basadas en datos precisos y actualizados. La integración de tecnología en la caracterización agrícola representa un avance significativo para la gestión territorial y la conservación ambiental en la región.

PALABRAS CLAVE. Teledetección, Sistemas de Información Geográfica, análisis, planificación, agrícola.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, el uso y la ocupación del suelo rural ha sido un factor determinante para el desarrollo económico y territorial del país, especialmente en municipios con fuerte vocación agropecuaria como lo es Tona, Santander. La caracterización de los sistemas de producción agrícola, y en particular de los cultivos establecidos, permite conocer el estado actual del territorio y también planificar de manera más eficiente el uso del suelo en armonía con los ecosistemas estratégicos como el páramo (DNP, 2020). El ordenamiento territorial, en este sentido, se convierte en una herramienta fundamental para garantizar el equilibrio entre la producción agrícola, la conservación ambiental y el bienestar de las comunidades rurales (IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2019).

La actualización del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de Tona exige insumos técnicos confiables, actualizados y georreferenciados que reflejen las dinámicas reales del territorio. Sin embargo, actualmente existe una limitación en la disponibilidad de información espacial precisa sobre los cultivos presentes en las veredas Guarumales, Pirgua, Pitones, Ucatá y Tembladal, situación que dificulta la toma de decisiones informadas y sostenibles. Ante esta necesidad, el presente trabajo busca aportar al fortalecimiento de la base técnica del EOT mediante la caracterización de los cultivos establecidos en estas veredas, utilizando metodologías topográficas y geoespaciales.

El enfoque metodológico se basa en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), técnicas de teledetección y levantamientos de campo apoyados por aeronaves no tripuladas (drones), permitiendo una delimitación precisa de las áreas cultivadas y la generación de mapas temáticos. Su aplicación específica en estas veredas representa un aporte estratégico, tanto para el municipio como para futuras investigaciones relacionadas con el uso del suelo, la gestión ambiental y la planificación territorial.

De esta manera, el trabajo responde a una necesidad local y se articula con lineamientos recientes como el Decreto 0044 de 2024, que establece directrices para la gestión integral de los suelos rurales en Colombia, además de la política nacional de ordenamiento territorial. La integración de estas herramientas tecnológicas permite generar productos aplicables para la administración pública, la academia y los actores sociales, contribuyendo a la toma de decisiones orientadas hacia un desarrollo sostenible.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El municipio de Tona, Santander, carece de información pública sobre la caracterización precisa de los cultivos establecidos en las veredas Guarumales, Pirgua, Pitones, Ucatá y Tembladal, lo cual representa una debilidad en el proceso de formulación del nuevo Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT). Esta ausencia de información detallada y georreferenciada sobre los tipos de cultivos y su distribución limita la capacidad de los gestores territoriales para tomar decisiones basadas en datos concretos, afectando la planificación del uso del suelo en estas áreas rurales.

Esta situación tiene su origen en varios factores tales como el uso limitado de herramientas tecnológicas, como drones y SIG, para monitorear los cultivos; la ausencia de estudios específicos que consideren las dinámicas particulares de cada vereda; Además, la escasa actualización de la información disponible genera un vacío en el conocimiento del estado actual del uso agrícola del suelo en estas veredas, lo que podría impactar negativamente en la sostenibilidad del territorio y en las dinámicas socioeconómicas de la región.

¿Cómo caracterizar los cultivos en las veredas Guarumales, Pirgua, Pitones, Ucatá y Tembladal mediante levantamientos topográficos y análisis geoespacial como insumo para el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tona, ¿Santander para el año 2025?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La caracterización de los cultivos establecidos en las veredas Guarumales, Pirgua, Pitones, Ucatá y Tembladal del municipio de Tona es fundamental para fortalecer la planificación territorial y el ordenamiento del suelo rural. Este estudio se requiere porque actualmente no existe un levantamiento detallado y actualizado de las áreas cultivadas, lo que limita la toma de decisiones en materia de desarrollo agropecuario y sostenibilidad ambiental. Además, el Decreto 0044 de 2024, que regula la delimitación de áreas protegidas, exige información precisa sobre el uso del suelo para garantizar que las actividades agrícolas sean compatibles con la conservación ambiental.

Desde un enfoque tecnológico, este trabajo empleará herramientas avanzadas de topografía, drones y sistemas de información geográfica (SIG), lo que permitirá obtener datos georreferenciados de los cultivos con alta precisión. Esto contribuirá al desarrollo de metodologías innovadoras en el análisis territorial y podrá servir de base para futuros estudios en la región, empleando el uso de software libre como Q-Gis y licenciado como Arc-Gis.

Este trabajo de grado se realiza dentro de las líneas de investigación de grupo GRIMATT, grupo medio ambiente y territorio, y el semillero CENITH de tecnología en levantamientos topográficos de las unidades tecnológicas de Santander, alineándose en ordenamiento territorial.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar los cultivos de las veredas Guarumales, Pirgua, Pitones, Ucatá y Tembladal mediante levantamientos topográficos, información existente, datos espaciales y metodologías avanzadas de SIG para determinar su potencial y limitaciones como insumo en la elaboración del Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tona, Santander y aporte en la delimitación de zona de páramo.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar los cultivos establecidos en las veredas Guarumales, Pirgua, Pitones, Ucatá y Tembladal del municipio de Tona y clasificar mediante levantamientos topográficos y análisis geoespacial.
- ✓ Delimitar y calcular la extensión de las áreas cultivadas utilizando herramientas de teledetección, sistemas de información geográfica (SIG) y aviones no tripulados para obtener datos precisos y georreferenciados.
- ✓ Generar mapas cartográficos que consoliden la información obtenida y que pueda ser utilizada como insumo para el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de Tona.

1.4. ESTADO DEL ARTE

El artículo **"DELIMITACIÓN DE ÁREAS ADECUADAS PARA CULTIVOS DE ALTERNATIVA: UNA EVALUACIÓN MULTICRITERIO-SIG"** Este artículo se enfoca en descubrir las mejores áreas para cultivar amaranto y nopal en el distrito de desarrollo rural de Toluca, en el Estado de México. Los autores aplicaron un enfoque de evaluación multicriterio, junto con sistemas de información geográfica (SIG), para analizar datos biofísicos como el clima, el tipo de suelo, el relieve y el uso del suelo. Los hallazgos revelan que hay 1,048 hectáreas con un alto potencial para el cultivo de amaranto y 4,747 hectáreas adecuadas para el nopal. Estas áreas se encuentran principalmente en terrenos que han sufrido degradación física del suelo y en zonas de agricultura de temporal, lo que abre la puerta a oportunidades interesantes para diversificar y mejorar la producción agrícola en la región. (Alejandro & Jorge, enero 2005)

El artículo **"IDENTIFICACIÓN DE CULTIVOS MEDIANTE TELEDETECCIÓN Y TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING EN EL ÁMBITO TERRITORIAL DE LA COMARCA DE LA RIBERA BAJA, VALENCIA"** investiga cómo identificar cultivos en la comarca de la Ribera Baja (Valencia) usando imágenes de satélite Sentinel-2 y técnicas de machine learning. Se extraen índices espectrales (como NDVI y EVI) para diferenciar cultivos, y se aplican algoritmos como Random Forest, Support Vector Machine y redes neuronales. La validación se realiza con datos SIGPAC y ortofotos, lo que permite crear una cartografía precisa de los cultivos y mejorar la gestión agrícola. (Cerezo, 25 septiembre 2023.)

El artículo **“IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON CULTIVOS DENTRO DEL ÁREA PROTEGIDA PARQUE NACIONAL NATURAL SUMAPAZ EMPLEANDO TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN CASO PILOTO MUNICIPIO DE PASCA”**. El estudio emplea técnicas de teledetección y análisis geoespacial para identificar y mapear zonas de cultivo dentro del Parque Nacional Natural Sumapaz, en el municipio de Pasca. Se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución y herramientas SIG para clasificar el uso del suelo. La metodología incluyó procesamiento digital de imágenes, clasificación supervisada y validación mediante fotointerpretación y datos de referencia geoespacial. Esto permitió evaluar el impacto de la actividad agrícola en el área protegida. (MARIA & LAURA, 2018)

El artículo titulado **"ESTUDIO GEOESPACIAL DEL MUNICIPIO DE PITALITO: CARACTERIZACIÓN DEL USO DE SUELOS MEDIANTE SIG"** Este estudio se enfoca en examinar a fondo el uso del suelo en Pitalito, Huila, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) con el software QGIS 3.34.0. Su objetivo principal es crear un mapa preciso que permita visualizar y clasificar los distintos tipos de suelos en la región. Se ha identificado que el 80% del suelo tiene una vocación inadecuada para su uso actual, lo que subraya la urgencia de implementar estrategias sostenibles para reducir la erosión y fomentar prácticas agrícolas responsables. Además, se sugiere establecer un sistema de monitoreo continuo con herramientas de SIG para evaluar la efectividad de las estrategias implementadas y hacer ajustes en tiempo real. (Vargas, Diaz, & Segura, 18 Diciembre 2023)

El estudio titulado **“CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LAS ISLAS MÚCURA Y TINTIPÁN, ARCHIPIÉLAGO DE SAN BERNARDO, COLOMBIA”** Este estudio se centra en la evaluación integral de los ecosistemas que se encuentran en las islas del Caribe colombiano, utilizando un enfoque que combina análisis ecológico, cartográfico y biofísico. Mediante herramientas de sistemas de

información geográfica (SIG) y trabajo de campo, se lograron identificar las principales coberturas del suelo, los ecosistemas marino-costeros y las presiones humanas que impactan la biodiversidad local. La investigación permitió definir áreas de conservación, zonas de uso restringido y lugares críticos debido a la intervención humana, ofreciendo información clave para una gestión ambiental sostenible del archipiélago. Este tipo de caracterización es un aporte significativo para el ordenamiento territorial en contextos insulares, subrayando la necesidad de proteger ecosistemas estratégicos frente al turismo desmedido y el cambio climático. (Rodríguez & Gómez, 2021)

El artículo **“ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS AGROFORESTALES: CACAO (THEOBROMA CACAO L.) APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG EN EL MUNICIPIO DE CARMEN DE CHUCURI (SANTANDER)”** Destaca el uso inadecuado del suelo y la falta de normativas en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT). A través del análisis con SIG, se identificaron zonas altamente aptas para el cultivo de cacao (31.20% del área del municipio) y áreas con aptitud moderada (11.78%). Esta clasificación busca optimizar el uso del suelo y promover la sostenibilidad agrícola. (Jeyson & John, Diciembre 2023)

El documento **“DISEÑO METODOLÓGICO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES PARA EL CULTIVO DE CAFÉ (COFFEA ARABICA L.) EN LA VEREDA SAN JOSÉ, MUNICIPIO DE SAN GIL, SANTANDER”** plantea una metodología de análisis espacial mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) para determinar zonas aptas para el cultivo de café. El estudio integra criterios ambientales, condiciones del suelo y su clima, asignando valores de aptitud a través de capas vectoriales y herramientas de geoprocésamiento en QGIS. Entre los

resultados se destaca la identificación de áreas óptimas, restringidas y moderadamente aptas, priorizando la sostenibilidad agrícola y el uso eficiente del suelo. Este enfoque contribuye al ordenamiento territorial rural y ofrece un modelo replicable para otros cultivos en condiciones similares.

El estudio **“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LAS ZONAS CACAOTERAS Y SU CRECIMIENTO ECONÓMICO EN EL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURI DEPARTAMENTO DE SANTANDER”** Este estudio analiza cómo ha crecido la superficie sembrada con cacao en el municipio de San Vicente de Chucurí, Santander, desde 2010 hasta 2023. Para ello, se utilizó un enfoque multitemporal que se basa en imágenes satelitales de Landsat y Sentinel, así como en sistemas de información geográfica como ArcGIS. Mediante la metodología Corine Land Cover, adaptada para el contexto colombiano, se lograron identificar cambios importantes en el uso del suelo y la cobertura vegetal, lo que permitió actualizar el porcentaje de áreas dedicadas al cultivo de cacao. Además, la investigación evaluó el impacto económico de este cultivo en la comunidad local, relacionando el crecimiento de las plantaciones con indicadores tanto productivos como sociales. Este trabajo ofrece información valiosa para la toma de decisiones en la planificación territorial y el diseño de políticas agrícolas, destacando la importancia del análisis espacial en los estudios de productividad rural en el nororiente colombiano. Carvajal (2024).

2. MARCO REFERENCIAL

Este capítulo presenta las bases legales, ambientales, conceptuales y técnicas que sustentan la caracterización de los cultivos en las veredas de Guarumales, Pírgua, Pitones, Ucatá y Tembladal, que se encuentran en el municipio de Tona, Santander. Cada esquema trata diferentes elementos esenciales para comprender la dinámica territorial y la conexión entre la utilización agrícola del terreno y la preservación del ecosistema páramo. Esta información resultará útil para guiar la renovación del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) para el 2025.

2.1. MARCO LEGAL

Este marco recopila las normas que determinan cómo deben utilizarse los suelos rurales, especialmente en zonas cercanas a ecosistemas estratégicos como los páramos y los bosques nativos.

Ley 1930 de 2018: establece un régimen de protección especial para los páramos, limitando las actividades agrícolas y ganaderas en su interior. Es crucial aplicarlo en Tona para determinar qué áreas están legalmente habilitadas para la producción agropecuaria. (Ley 1930 de 2018, (Julio 27))

Decreto 0044 de 2024: publicado por la Alcaldía de Tona, este decreto establece normas para el uso del suelo en zonas rurales, dividiéndolas en categorías como conservación, áreas con regulación especial y uso productivo restringido. Evaluar la conformidad de los cultivos actuales con las regulaciones locales es una función primordial de esta herramienta normativa. (Decreto 044 de 2024, agosto 5, 2024)

Resolución 57 de 2025: en desarrollo de la Ley 2294 de 2023, promueve las concesiones forestales campesinas, una figura que permite a comunidades rurales desarrollar actividades forestales sostenibles con criterios de conservación, restauración y uso racional. Este mecanismo ofrece alternativas productivas en territorios con cobertura boscosa, lo cual puede ser útil para diversificar el uso del suelo en ciertas veredas. (RESOLUCIÓN 057 DE 2025, (Enero 17))

2.2. MARCO AMBIENTAL

Este marco examina los planes e instrumentos ambientales que establecen las condiciones ecológicas del territorio y guían la manera en que las actividades humanas deben llevarse a cabo en áreas rurales, fomentando de igual modo la conservación de recursos naturales esenciales como el agua y las áreas boscosas del páramo, que son claves para la sustentabilidad del ecosistema y el bienestar de las comunidades locales.

Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Tona (POMCA 2005): determina las zonas de recarga hídrica, conservación y resguardo en la microcuenca que suministra agua al municipio. Este instrumento es fundamental para determinar si las zonas que se cultivan actualmente están en áreas con limitaciones de uso o con fragilidad ambiental. (POMCA, 2005)

Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (PMGRD): detecta las amenazas naturales existentes en el área, incluyendo sequías, desbordamientos o deslaves. Estos riesgos deben considerarse al proponer cambios en el uso del suelo o al sugerir medidas para la sostenibilidad agrícola.

Este marco proporciona el contexto ecológico y de vulnerabilidad del territorio, permitiendo identificar qué áreas requieren mayor protección ambiental y cuáles podrían ser aptas para uso agropecuario.

2.3. MARCO TEÓRICO

Este marco compila los fundamentos técnicos y metodológicos que orientan el estudio de la utilización del suelo y la caracterización de los cultivos en áreas rurales. Contiene herramientas de planificación, tácticas para la extensión agrícola y ganadera, así como guías sobre sostenibilidad en zonas con sensibilidad medioambiental.

Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del Municipio de Tona establecido en 2000, representa la herramienta principal para la planificación a nivel local. Las categorías de uso del suelo, como las áreas productivas, las zonas de conservación y los sectores para la recuperación ecológica, se determinan en su contenido. Asimismo, incorpora conceptos fundamentales como "zonificación ambiental", "conectividad ecológica" y "suelos de protección", que posibilitan la evaluación de la adecuación entre las políticas territoriales actuales y las actividades agrícolas. (EOT, 2000)

Plan Departamental de Extensión Agropecuaria (PDEA) 2020-2023: En el que propone tácticas para robustecer el sector agropecuario en las áreas rurales de Santander a través de prácticas sostenibles, tecnología adecuada y métodos de apoyo técnico. Además, determina directrices metodológicas para la caracterización de los cultivos, lo que lo hace un referente significativo para esta investigación. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023)

Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Tona (POMCA 2005):

aporta elementos técnicos relevantes para este marco. En su contenido se detallan los usos del suelo permitidos, las zonas de protección ambiental y los criterios para el manejo de las microcuencas. El POMCA incluye además información geográfica y normativa útil para analizar si las áreas cultivadas en las veredas objeto de estudio coinciden con zonas vulnerables, de recarga hídrica o con restricciones de uso por razones ecológicas. (POMCA, 2005)

2.4. MARCO CONCEPTUAL

En este último marco se muestran los términos más relevantes que se utilizan a lo largo del trabajo, con el fin de asegurar claridad y coherencia conceptual.

Páramo: ecosistema de alta montaña con funciones fundamentales en la regulación hídrica, cuya intervención está limitada por la legislación ambiental.

Zona de recarga hídrica: espacios naturales donde se infiltra el agua hacia acuíferos subterráneos; suelen ser protegidos por planes como el POMCA.

Límite agrícola: frontera máxima establecida para la actividad agropecuaria en zonas con alto valor ecológico.

Microcuenca: unidad hidrográfica menor dentro de una cuenca, que permite una gestión ambiental más detallada.

Zonificación: proceso técnico mediante el cual se asignan usos específicos al suelo de acuerdo con su vocación, capacidad o nivel de protección requerido.

Caracterización: proceso técnico que posibilita la descripción y clasificación de un sistema productivo, en este caso el agrícola, basándose en variables como el tipo de cultivo, las prácticas empleadas, la localización, las condiciones ecológicas y el grado de sostenibilidad. Su objetivo es crear un diagnóstico exhaustivo que sirva como fundamento para tomar decisiones en la planificación rural.

Sistemas de Información Geográfica (SIG): instrumentos informáticos que posibilitan la recolección, análisis y representación gráfica de datos espaciales. En el presente estudio, se emplean los SIG para cartografiar las áreas de cultivo, determinar su conexión con ecosistemas clave como el páramo y examinar la ocupación territorial en relación con los límites establecidos por medioambientales y normativos.

Fotogrametría: método que emplea fotografías tomadas desde el aire o desde satélites para conseguir datos exactos acerca del terreno. Ayuda a examinar el espacio y a crear mapas temáticos, lo cual es particularmente útil para comprobar cómo están distribuidos y cuán extensos son los cultivos en áreas rurales.

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación está organizada de manera descriptiva y con un enfoque cuantitativo, con el objetivo de recolectar, procesar y mostrar información técnica acerca de los cultivos presentes en las veredas Guarumales, Pigua, Pitones, Ucatá y Tembladal del municipio de Tona, Santander. Su objetivo es determinar con exactitud la localización, el tamaño y las características de las zonas cultivadas, de modo que esta información se utilice como insumo esencial para los procesos de delimitación del páramo y el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT).

Para llevar a cabo esta investigación, hemos decidido trabajar con un enfoque inductivo. Esto quiere decir que partiremos de la observación directa en el territorio, del levantamiento topográfico y del análisis de imágenes aéreas y satelitales, para identificar patrones y relaciones entre el uso del suelo agrícola y las zonas con importancia ecológica. Más que aplicar una fórmula ya definida, queremos construir el conocimiento desde lo que vemos y analizamos en campo. Para organizarnos mejor, todo el proceso seguirá una serie de fases que se describen en el siguiente diagrama, el cual nos servirá de guía para avanzar paso a paso desde la recopilación de información hasta el análisis final.

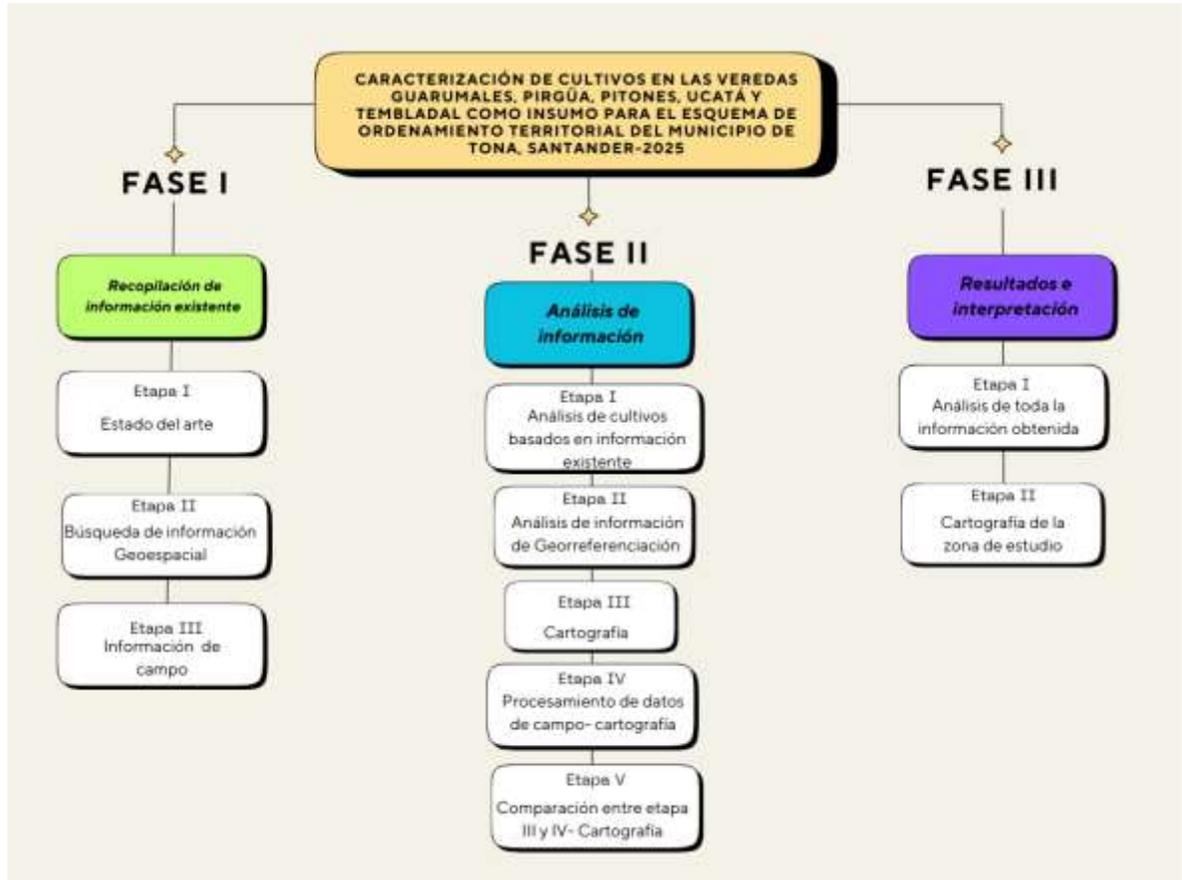


Ilustración 1: Diagrama de flujo

Fuente: Autores

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. UBICACIÓN

La zona de estudio se ubica en el municipio de Tona, provincia de Soto Norte, departamento de Santander, Colombia, e incluye las veredas Guarumales, Pirgua, Pitones, Ucatá y Tembladal. Este territorio se localiza en la cuenca alta del río Lebrija, a aproximadamente 37 km de Bucaramanga, se encuentra entre los 1.100 y los 3.700 m.s.n.m., posee temperaturas medias entre los 6 y los 22°C y precipitaciones entre 760 y 1.020 mml, con épocas de veranos cortos a principios y mediados del año, predominan los climas fríos a muy fríos, ubicado en las zonas de vida Bosque húmedo premontano, bosque húmedo montano bajo y páramo subandino. (EOT, 2000).

La zona es notoria por su relieve que tiene muchas montañas, con cuevas muy altas e interfluvios delgados, que muestran que es muy frágil al nivel del medio ambiente. Hacia arriba, cerca al páramo, el suelo se vuelve más llano o un poco ondulado; creando áreas relativamente estables que chocan con la topografía irregular de las partes bajas. Estas situaciones afectan directamente tanto lo que puede crecer en esta tierra como como se usa el suelo. También la zona está en un lugar importante de conexión entre los bosques andinos y los ecosistemas de páramo; esto garantiza el agua para las áreas grandes y pequeñas de Bucaramanga. (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor)., 2010) Su localización, en un espacio de transición entre áreas urbanas y zonas de conservación, le otorga gran relevancia para la seguridad alimentaria, la protección de los recursos naturales y la planificación territorial del municipio.

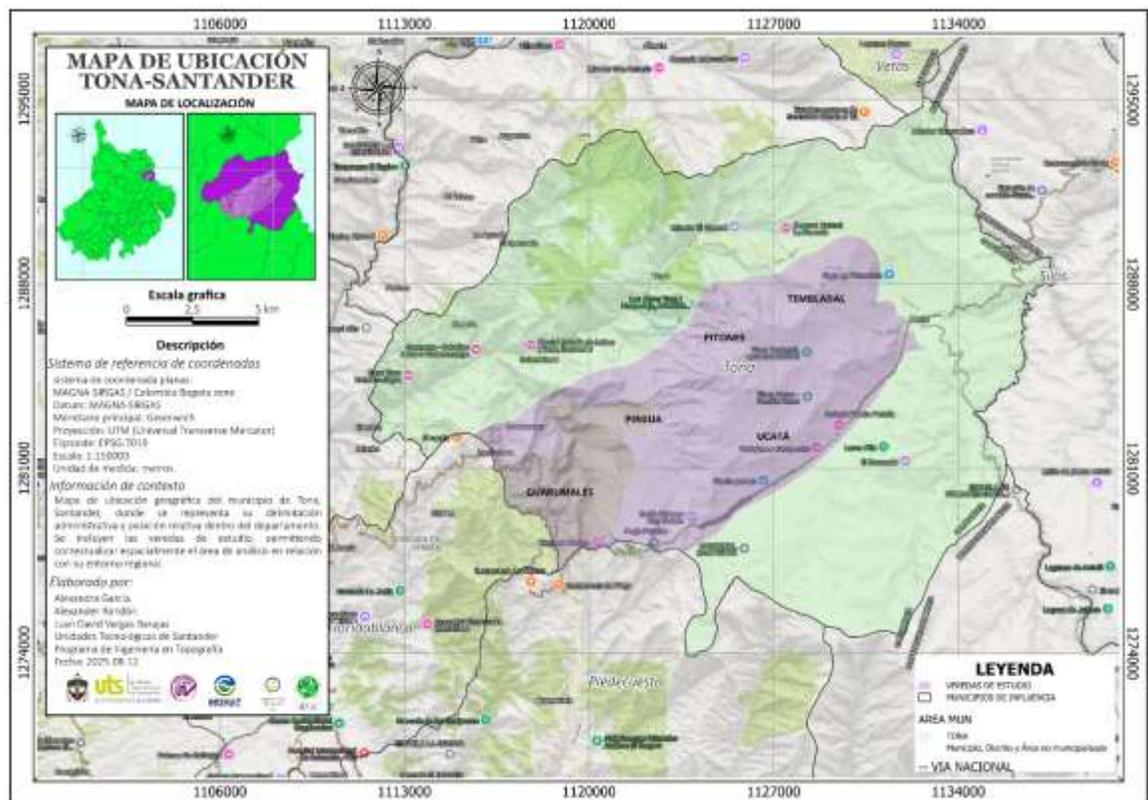


Ilustración 2: Localización de la zona de estudio

Fuente: Autores

4.2. FASE I: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE

En esta primera fase se reunirá toda la información que se requiere para entender el área de estudio. Para ello se consultarán fuentes oficiales, entre ellas el POMCA (Plan de Ordenación y Manejo Ambiental), además de imágenes satelitales de alta resolución y cartografía previamente disponible. Igualmente, se llevará a cabo trabajo de campo con el apoyo de drones, lo que permitirá obtener fotografías aéreas mucho más detalladas. A esto se suma la revisión del estado del arte, que aporta referencias metodológicas y experiencias previas útiles para orientar el proyecto. Esta etapa resulta esencial porque brinda una base firme para el análisis espacial y territorial.

4.2.1. Cultivos Agrícolas

✓ **Cultivos Transitorios:** Se encuentran distribuidos en toda la microcuenca, correspondiendo a cultivos de: plátano, apio, arveja, frijol, zanahoria, habichuela, pimentón, papa y cebolla junca, los cuales por ocupar pequeñas áreas no los hacen modificable. Existen cultivos de cebolla y papa en el páramo de Berlín (POMCA, 2005).

✓ **Cultivos Permanentes:** El principal cultivo permanente es el café tecnificado de las variedades Colombia y caturra, las cuales en muchos casos se encuentra asociadas con el plátano, que le sirve de sombrío. Se localizan en las áreas de drenaje de las quebradas Las Ranas, Campo Hermoso y El Volante. Adicionalmente se encuentran otros cultivos permanentes en menor escala, tales como: frutales y cacao (POMCA, 2005).

GRAN GRUPO Nivel Exploratorio	GRUPO Nivel Reconocimiento	SUBGRUPO Nivel Semidetallado	SIMB.	AREA Ha	AREA %
1. CONSTRUCCIONES	1.1 INFRAESTRUCTURA URBANA	a. Zona Urbana	ZU	9.98	0.1%
2. TIERRAS AGROPECUARIAS	2.1 CULTIVOS AGRICOLAS	a. Cultivos Transitorios	Ct	226.59	1.2%
		b. Cultivos Permanentes	Cp	239.83	1.2%
	2.2 POTREROS ABIERTOS	a. Pastos Naturales	P	2307.28	11.9%
		b. Pastos Mejorados	Pm	370.12	1.9%
	2.3 TIERRAS MIXTAS MISCELÁNEAS	Oa. Cultivos y pastos	C-P	3123.08	16.1%
		b. Rastrojos y cultivos	R – C	1025.42	5.3%
3. TIERRAS AGROFORESTALES	3.1 SILVOPASTORIL	a. Potreros arbolados	Pa	2001.64	10.3%
	3.2 SILVOAGRICOLA	a. Cultivos permanentes	SCp	396.91	2.0%
4. BOSQUES	4.1 BOSQUE NATURAL	a. Secundario	Bs	4495.63	23.2%
		b. Rastrojo	R	1985.07	10.2%
5. FORMAS ESPECIALES DE VEGETACION	4.2 BOSQUE PLANTADO	a. Coníferas y latifoliadas	BP	982.66	5.1%
	5.1 MATORRAL	a. Paramuno	Mp	489.61	2.5%
6. TIERRAS ERIALES	5.2 HERBACEAS	a. Pajonales	Hp	1721.26	8.9%
		6.1 AFLORAMIENTO ROCOSO	a. Masivo	AR	1.92
TOTAL				19,377	100%

Tabla 1: Cobertura y uso actual de las Tierras
Fuente: (POMCA, 2005)

4.2.2. ETAPA I: ESTADO DEL ARTE

Para establecer los fundamentos de este proyecto, se revisaron múltiples investigaciones, de alcance nacional, regional e internacional, que han tratado asuntos esenciales como la identificación de cultivos, el uso del suelo, la teledetección y los sistemas de información geográfica (SIG). A nivel global, investigaciones hechas en México y España nos revelaron métodos robustos que fusionan información topográfica, de suelo y climática con tecnologías como el aprendizaje automático e imágenes satelitales, los cuales se utilizan para la zonificación agrícola y para determinar cultivos. Estos estudios mostraron que el análisis multicriterio y la inteligencia artificial tienen el potencial de optimizar la planificación y la toma de decisiones en áreas agrícolas.

En el marco de Colombia, examinamos estudios realizados en las localidades de Pasca (Cundinamarca), Pitalito (Huila) y el archipiélago de San Bernardo, los cuales nos brindaron puntos de vista acerca del impacto que tiene la actividad agrícola sobre las zonas protegidas, la caracterización ecológica y la categorización del uso del suelo a través de SIG. Estos trabajos nos ofrecieron una mejor comprensión de cómo fusionar datos geospaciales con factores ambientales y sociales para obtener una perspectiva más integral del terreno.

Finalmente, a nivel regional, tomamos como referencia estudios realizados en Santander, específicamente en los municipios de San Gil, Carmen de Chucurí y San Vicente de Chucurí, que utilizaron análisis espacial, modelos de zonificación y análisis multitemporal para evaluar cultivos como el café y el cacao. Estos casos nos resultaron especialmente útiles porque comparten características geográficas y productivas similares a nuestro objeto de estudio. A partir de todos estos referentes, buscamos no solo adaptar sus metodologías a nuestra realidad en las veredas de

Guarumales, Pírgua, Pitones, Ucatá y Tembladal, sino también proponer mejoras e innovaciones que aporten al ordenamiento territorial del municipio de Tona.

4.2.3. ETAPA II: BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL

En esta fase, se reunió y estructuró información geoespacial relevante para el examen del terreno y la caracterización agrícola en las veredas Guarumales, Pírgua, Pitones, Ucatá y Tembladal de Tona, Santander. Esta información, obtenida de fuentes oficiales y plataformas fidedignas, asegura su validez técnica y su utilidad para el proceso de análisis espacial. A partir de datos del radar ALOS PALSAR, se creó un Modelo Digital de Elevación (DEM) que posibilitó la evaluación minuciosa del relieve, abarcando la inclinación, la altitud y la dirección del terreno. Para entender cómo las circunstancias físicas afectan los patrones de cultivo, estos elementos son esenciales.

Los bordes del municipio, del departamento y veredas se obtuvieron desde el Geoportal Colombia en Mapas del IGAC, lo que ayudó a fijar una frontera clara de la zona bajo estudio con base en datos oficiales del catastro nacional. Para el análisis multitemporal de cubiertas del suelo, se usaron fotos de Sentinel-2, usadas para mirar la vegetación y hacer índices que ayudan encontrar áreas cultivadas y su cambio.

También se bajaron los mapas de uso del suelo de ESRI, sobre todo los grupos de datos 18N_20170101-20180101 y 18N_20240101-20241231, lo que dejó hacer un análisis de comparación sobre el cambio del uso agrícola en la zona examinada entre 2017 y 2024. Estos mapas mejoraron el estudio del lugar al dar una mirada a los cambios en la vegetación y tipos de tierra.

En conjunto, esta etapa proporcionó una base geoespacial sólida y actualizada, indispensable para el desarrollo de los análisis SIG, la planificación del trabajo de campo y la posterior generación de cartografía temática y modelos 3D.

4.2.4. ETAPA III: INFORMACIÓN DE CAMPO.

La recolección de datos primarios se llevó a cabo en esta fase del proyecto, a través de recorridos por las veredas elegidas para el estudio. El propósito de estas actividades fue conseguir información actualizada y fiable que complementara los datos secundarios ya recolectados, con el objetivo de lograr una caracterización exhaustiva del territorio. Se recogieron datos georreferenciados sobre la ubicación y el alcance de los distintos cultivos que se encuentran en cada vereda durante las visitas. Simultáneamente, se llevó a cabo un registro fotográfico sistemático en las zonas de producción, lo que permitió registrar cómo están los cultivos en la actualidad, las prácticas de la agricultura y el estado de los suelos.

De forma adicional, se llevaron a cabo vuelos con drones en los sectores con mayor concentración de cultivos, lo que permitió generar ortomosaicos de alta resolución y obtener insumos cartográficos muy útiles para el análisis espacial. Gracias a estas herramientas fue posible delimitar parcelas, identificar patrones de uso del suelo y reconocer posibles conflictos asociados a la vocación agrícola de la zona. En conjunto, toda la información obtenida en campo constituye la base para el análisis, procesamiento e interpretación de la dinámica productiva de las veredas, siendo clave para la caracterización de cultivos y la planificación territorial del municipio de Tona.

Además, se realizaron charlas con la comunidad para identificar los cultivos más comunes y conocer las razones de su extensión en el área. También se observó cómo el crecimiento poblacional ha llevado a que una parte importante de las veredas esté destinada actualmente a la agricultura. Estas actividades permitieron reunir información clara y confiable sobre la ubicación y distribución de los cultivos, convirtiéndose en un insumo fundamental para la caracterización de la zona de estudio y la validación del diagnóstico territorial.

4.2.4.1 FOTOS VISITA CAMPO



Ilustración 3: Registro de fotos de salida a campo en la vereda de Ucatá

Fuente: Autores

Las fotografías son del recorrido de campo efectuado en la vereda Ucatá, situada en el municipio de Tona, donde se registraron las condiciones presentes de los sistemas productivos. Cada imagen contiene datos relacionados con la fecha de captura, la altitud y las coordenadas geográficas, lo cual asegura que sea un insumo técnico válido. En estas, se destaca principalmente la producción de cebolla larga y papa, productos típicos de la región que representan el carácter agrícola del territorio.



Ilustración 4 Registro de fotos de salida a campo
en la vereda Pitones y Tembladal
Fuente: Autores

Fotografía documentada en las veredas Pitones y Tembladal, incluyendo coordenadas, altitud y fecha, donde se pueden ver cultivos de cebolla larga y papa. Las fotografías muestran a los autores del proyecto con un residente de la zona, lo que pone de manifiesto la interacción con la población durante el trabajo de campo.

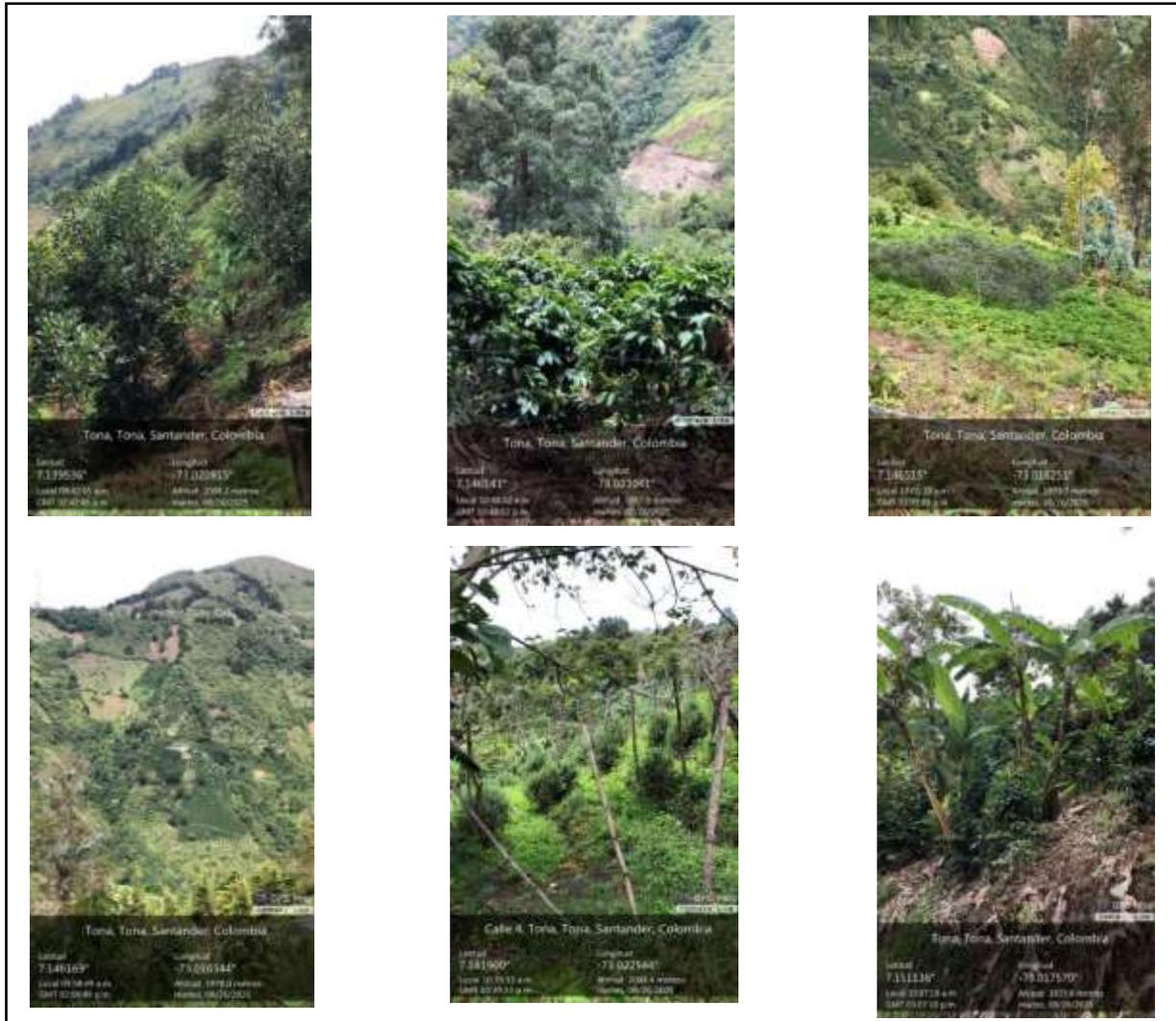


Ilustración 5: Registro de fotos de salida a campo en la vereda de Guarumales y pargua.

Fuente: Autores

Registro fotográfico en las veredas Guarumales y Pirgua, que incluye la altitud, el lugar y la fecha, en el que se observan cultivos de aguacate, café y huertas con hortalizas de pan coger. Las fotografías destacan la variedad agrícola existente en esta zona, mostrando las condiciones actuales de los sistemas productivos de estas veredas.

5. RESULTADOS

5.1. FASE II: ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

En esta fase se desarrollará el análisis integral de la información recopilada durante el trabajo de campo y la captura de datos geoespaciales. El propósito es organizar, procesar e interpretar los insumos obtenidos con el fin de generar productos que permitan una comprensión detallada de las dinámicas territoriales y agrícolas en las veredas de estudio. Para ello, se examinarán los registros georreferenciados, los ortomosaicos derivados de vuelos con dron, así como los registros fotográficos y las observaciones directas en campo, estableciendo relaciones entre las condiciones biofísicas del territorio y la distribución de los cultivos.

5.1.1. ANÁLISIS DE CULTIVOS BASADO EN INFORMACIÓN EXISTENTE

En esta etapa se utilizó el geo portal ESRI Land Cover como fuente de información para identificar y analizar las coberturas de la zona de estudio. A partir de esta información se elaboró un mapa de coberturas para las veredas Guarumales, Pirigua, Pitones, Ucatá y Tembladal, donde se representaron categorías como áreas boscosas, cuerpos de agua, cultivos, pastizales y zonas urbanizadas. El procesamiento se realizó en un sistema de información geográfica (SIG), lo que permitió delimitar con precisión el área de análisis y estructurar la base cartográfica necesaria para su posterior contraste con los datos de campo.

No obstante, no se logró obtener información precisa ni actualizada sobre las zonas de cultivos en las veredas de estudio a partir de fuentes abiertas de entidades nacionales, lo que evidencia un vacío en la información oficial de cobertura de suelos, especialmente en lo referente a áreas agrícolas. En consecuencia, la única fuente disponible fue el geo portal mencionado, el cual, según sus registros, no reporta la existencia de cultivos en la zona de estudio.

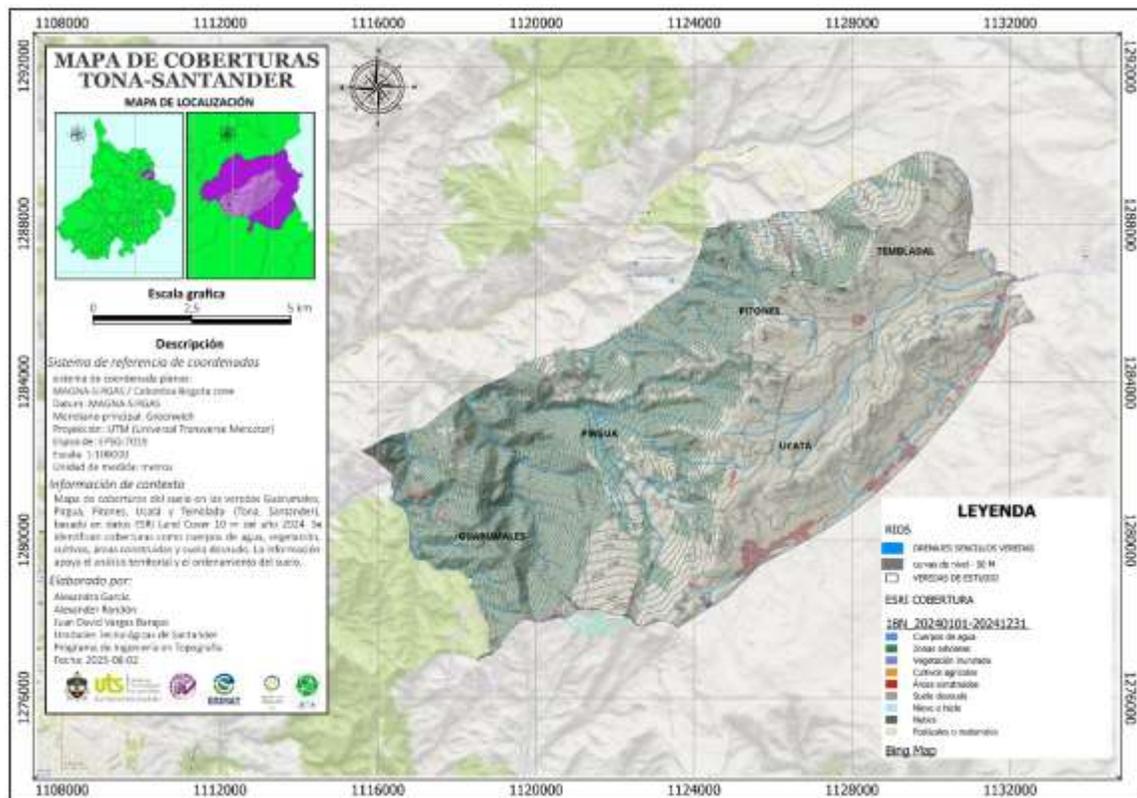


Ilustración 6: Mapa de Coberturas
Fuente: Tomado y modificado

5.1.2. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL

Durante este periodo, se realizó el procesamiento de la información espacial adquirida de los datos del radar ALOS-PALSAR, lo cual facilitó el análisis de las variables del relieve, específicamente la altura del terreno. Con estos insumos, se produjeron varios tipos de productos cartográficos: un mapa topográfico, un modelo TIN, un mapa de pendientes y uno climático. Estos son esenciales para describir la zona de estudio desde una perspectiva física. El trabajo fue realizado con los programas ArcGIS Pro y QGIS, herramientas que permitieron la organización, análisis y representación de datos en un contexto de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Este análisis es muy útil porque la aptitud agrícola está directamente influenciada por factores como la inclinación, la elevación y el rumbo del terreno. En zonas de inclinación suave, la producción agrícola y el establecimiento de cultivos permanentes o transitorios se benefician, mientras que en áreas con pendientes marcadas disminuye la viabilidad de algunos cultivos y aumenta el riesgo de erosión. Además, la información climática permite identificar cambios en las precipitaciones y en las temperaturas que tienen un impacto sobre el tipo de cultivo que se puede realizar y sobre su rendimiento.

En conjunto, los productos generados proporcionan una base técnica para comprender la relación entre las condiciones físicas del territorio y la distribución de los sistemas productivos en las veredas Guarumales, Pirigua, Pitones, Ucatá y Tembladal, constituyendo un insumo esencial para el análisis territorial y agrícola de la zona.

5.1.3. CARTOGRAFIA

En esta etapa se elaboraron los mapas generados a partir de la información procesada en la fase anterior. Los productos obtenidos incluyen mapas de clima, pendientes, elevación, tipos de relieve y el modelo TIN del terreno, los cuales permiten representar con mayor precisión las características físicas y ambientales de la zona de estudio.

Estos insumos cartográficos ayudan a entender cómo las condiciones del relieve, la pendiente y el clima favorecen o limitan la producción agrícola en las veredas Guarumales, Pirigua, Pitones, Ucatá y Tembladal. De esta manera, se cuenta con una herramienta que facilita la interpretación del territorio y orienta el análisis de la relación entre las condiciones naturales y la actividad agrícola.

5.1.3.1 MAPA PENDIENTES Y SOMBRAS

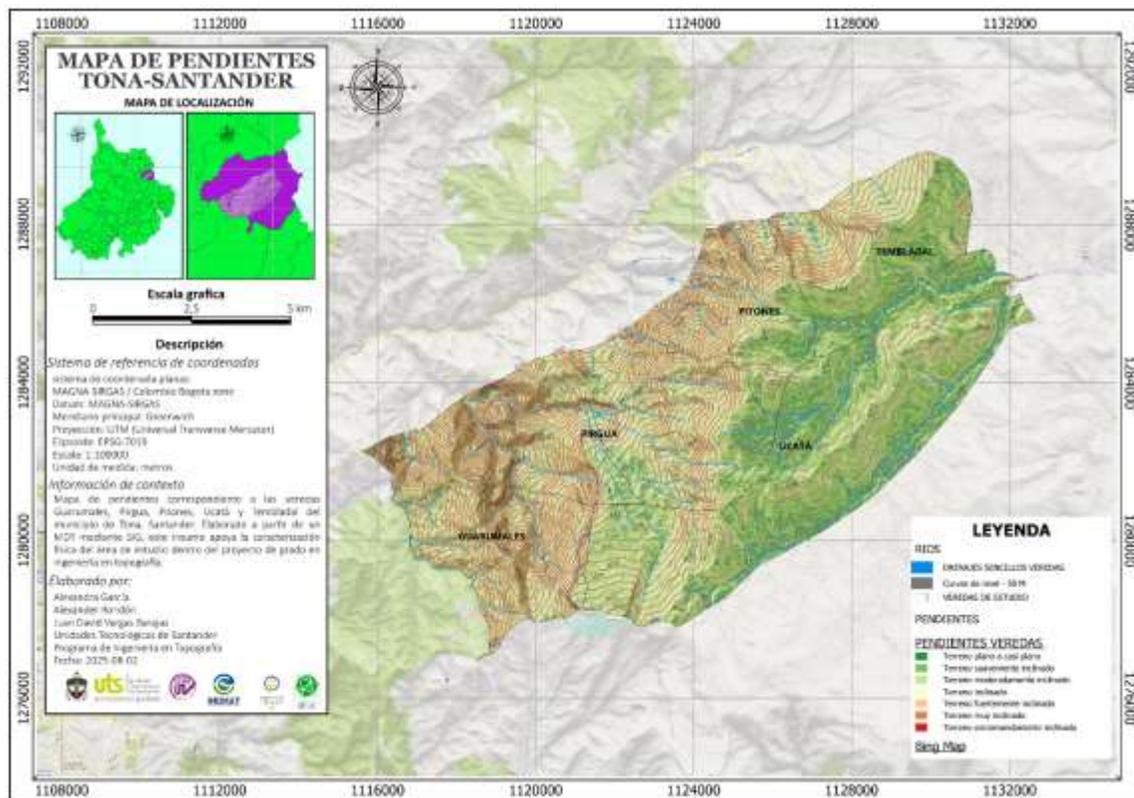


Ilustración 7 Mapa de pendiente

Fuente: Autores

Para interpretar cómo se comporta el relieve en este territorio, es esencial el mapa de sombras y pendientes de las veredas Guarumales, Pigua, Pitones, Ucatá y Tembladal. Se pudo modelar la pendiente y orientación del terreno a través de un modelo digital de elevación generado con datos ALOS PALSAR, lo que permite identificar las condiciones físicas que influyen directamente en el uso agrícola. Esta clasificación permite diferenciar las zonas de pendiente suave, más favorables para la agricultura y menos susceptibles a la erosión, de las zonas más empinadas, susceptibles a deslizamientos y donde es difícil cualquier cultivo.

Como puede apreciarse en el mapa, en veredas como Ucatá, Tembladal y parte de Pitones, el relieve es más plano; sin embargo, son las zonas más altas del municipio, con alturas que oscilan entre los 3000 y 3500 msnm. Esto significa que, aunque el suelo sea favorable por la pendiente, las temperaturas de esa altitud limitan el desarrollo de cultivos a especies adaptadas al frío. En contraste, las veredas de Guarumales, Pírgua y la mayor parte de Pitones presentan pendientes altas y muy altas. Si bien son más susceptibles a la erosión y tienen limitaciones para la mecanización agrícola, estos sectores pueden ser aprovechados para cultivos perennes, frutales o sistemas agroforestales que se ajusten mejor a ellos si son manejados adecuadamente.

5.1.3.2 MAPA DE TIPOS DE RELIEVE.

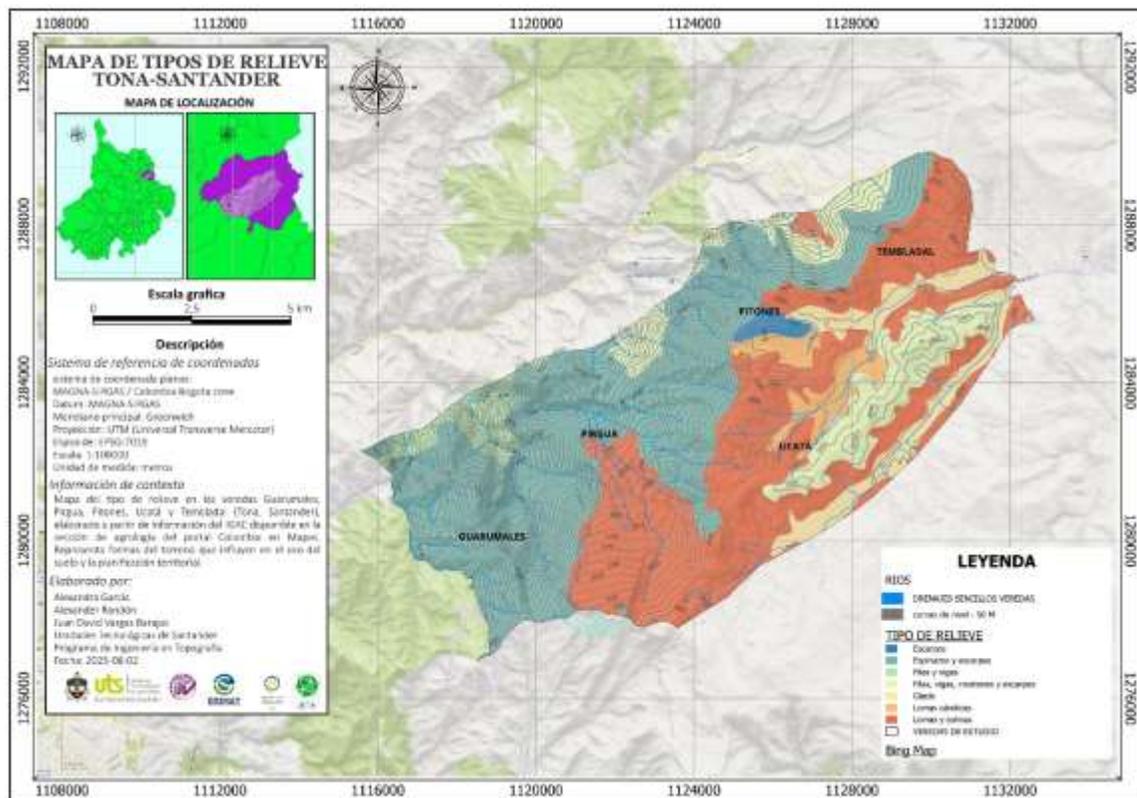


Ilustración 8: Mapa de tipos de relieve

Fuente: Autores

El mapa de formas de relieve nos muestra las principales formas del terreno (escarpes, filos, valles, colinas, lomas onduladas, etc.). Este análisis es fundamental para conocer cómo la forma del relieve influye en la capacidad agrícola, ya que las áreas más estables y de relieve suave son más aptas para el desarrollo de cultivos, en comparación con áreas de pendientes fuertes o formas abruptas, que tienen limitaciones por riesgo de erosión y deslizamientos. Así, el mapa sirve de instrumento para planificar el uso del suelo.

En este análisis se nota que en el sector oriental (veredas Ucatá y Tembladal) predominan lomas y colinas de relieve plano, lo que concuerda con el mapa de pendientes. Por el contrario, al occidente, en las veredas de Guarumales, Pirgua y parte de Pitones, predominan relieves abruptos correspondientes a escarpes y laderas más irregulares. Esta interpretación del relieve nos proporciona una idea de la morfología del terreno en el área de estudio y cómo la gente puede aprovechar

las áreas más favorables para la producción agrícola y conocer las limitaciones de los sectores más inestables.

5.1.3.1 MAPA CLIMA

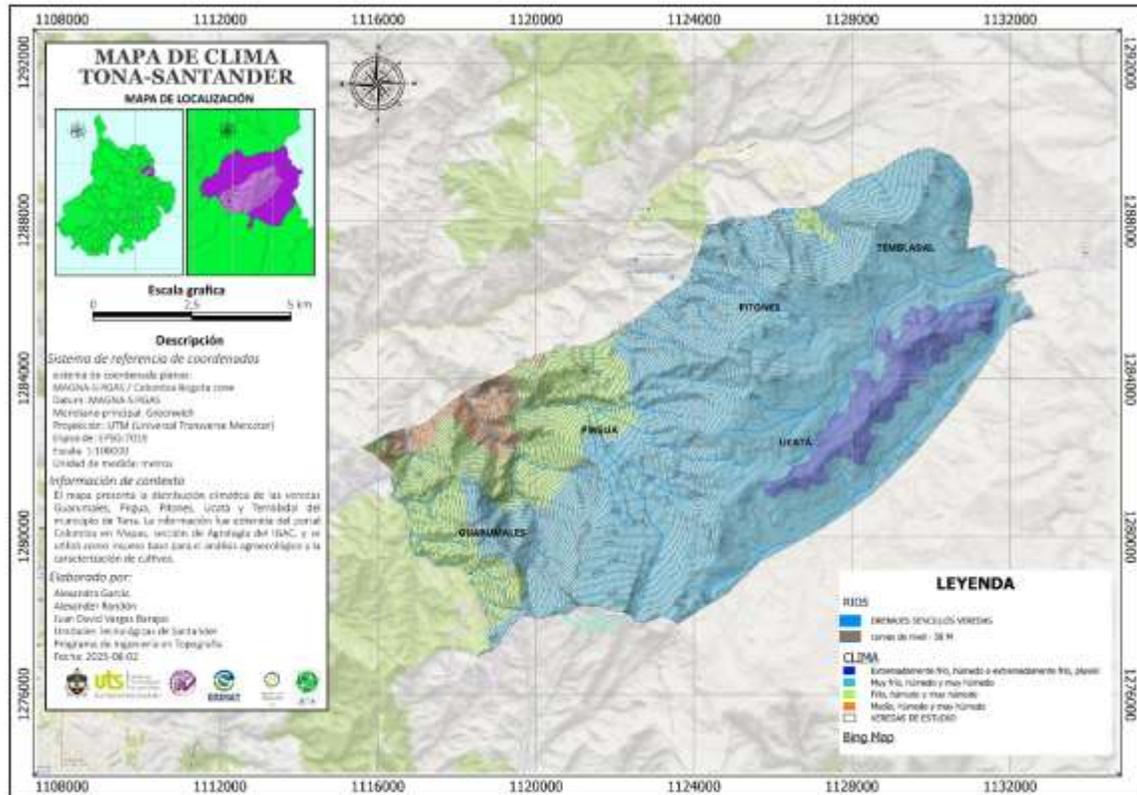


Ilustración 9 Mapa de Clima
 Fuente: Autores

Es fundamental conocer el clima en la región de estudio, ya que determina qué tipos de cultivos pueden crecer, cuándo se deben sembrar y cómo se debe manejar la agricultura. La productividad puede verse afectada por la lluvia, la temperatura y la humedad. Estos factores pueden volverse restrictivos cuando causan erosión, exceso de agua o deterioro en la calidad de los cultivos.

El mapa climático de las veredas Guarumales, Pirgua, Pitones, Ucatá y Tembladal muestra una influencia significativa de pisos térmicos fríos y húmedos. En gran parte del territorio prevalecen condiciones de frío húmedo a muy húmedo; en las áreas más altas, son extremadamente frías. A pesar de que estos estados climáticos pueden ser beneficiosos para ciertas cosechas, como las hortalizas de altura, cebolla y papa, la elevada humedad y la baja temperatura también establecen limitaciones, ya que pueden demorar los ciclos de producción e incentivar el surgimiento de plagas y enfermedades.

Por otro lado, se encuentran climas de frío moderado en áreas localizadas, particularmente hacia las zonas más bajas. En estos lugares, las condiciones son más estables y posibilitan una mayor variedad de cultivos. Este contraste climático dentro del área de estudio ofrece posibilidades para diversificar la producción agrícola, aunque simultáneamente demanda una correcta planificación del uso del suelo. Esto se debe a que las regiones con climas más extremos necesitan una gestión técnica más rigurosa para disminuir los peligros vinculados con la erosión y la humedad excesiva.

5.1.3.2 Modelo TIN

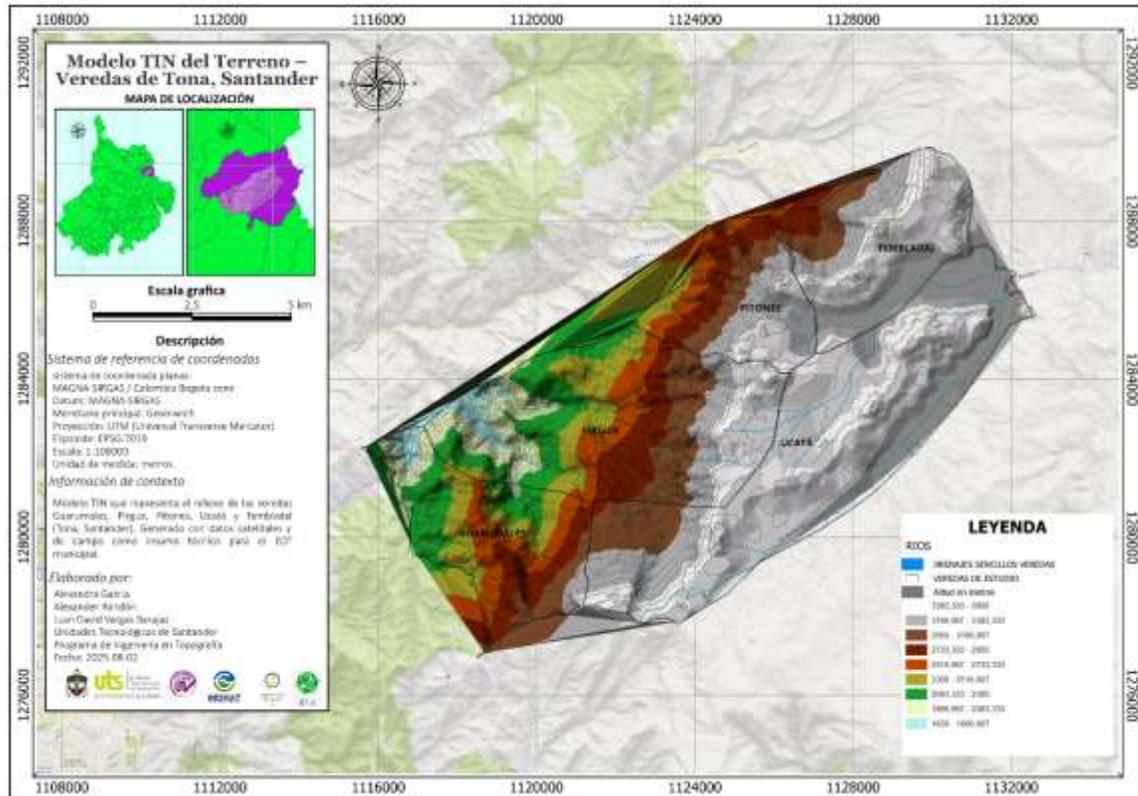


Ilustración 10: Modelo TIN

Fuente: Autores

El modelo TIN es una representación de la superficie del terreno, creada a partir de una red de triángulos irregulares que permite visualizar de manera más precisa la topografía. Esta es una herramienta fundamental para conocer los cambios altitudinales y su influencia en la planificación del uso del suelo, ya que la altitud determina el clima, la disponibilidad hídrica y, por lo tanto, la aptitud agrícola del área de estudio.

En el mapa TIN del área de estudio se aprecia una gran variación altitudinal que va desde los 1.600 msnm en las partes más bajas hasta más de 3.800 msnm en las zonas más altas. Se nota que hacia las veredas Ucatá y Tembladal predominan las cotas más altas, mientras que hacia las veredas Guarumales y parte de Pirgua se localizan las zonas más bajas. Este gradiente altitudinal crea variaciones climáticas y de capacidad de uso del suelo, siendo las partes bajas más propicias para la agricultura diversificada y las altas restringidas por el frío.

Así mismo, el modelado TIN puede reconocer cambios bruscos en el relieve (pendientes fuertes, zonas intermedias de colinas) que determinan patrones de uso de suelo y accesibilidad. Estas características demuestran la necesidad de establecer prácticas agrícolas diferenciadas, donde las partes bajas y medias pueden ser utilizadas para cultivos de ciclo corto y mediano, y las partes altas necesitan un manejo más intensivo en conservación de suelos y control de procesos erosivos.

5.2. PROCESAMIENTO DE DATOS DE CAMPO- CARTOGRAFÍA.

En esta etapa, se procesaron los datos obtenidos en el campo para convertirlos en productos cartográficos que simplifican la comprensión del territorio. Con los datos adquiridos a través de mediciones topográficas, recorridos y registros georreferenciados, se elaboraron mapas temáticos que retratan variables relacionadas con el ambiente, la producción y el entorno físico de las veredas en estudio. Este procedimiento posibilitó la integración de datos primarios con insumos geoespaciales, lo cual aseguró una caracterización del área más precisa y proveyó instrumentos visuales esenciales para el análisis y la toma de decisiones dentro del proyecto.

5.2.1.1 TIPOS DE CULTIVOS ENCONTRADOS

En la zona de estudio se observó una distinción evidente entre las cosechas permanentes y las transitorias, lo que demuestra la variedad agrícola de las veredas estudiadas y facilita la comprensión del modo en que las comunidades locales sacan partido de las condiciones ambientales del territorio. Esta categorización no se basa únicamente en el tiempo que duran los ciclos de producción, sino también en cómo cada cultivo afecta la rotación de parcelas, la utilización del terreno y la estructuración de la economía campesina.

Se consideran cultivos transitorios aquellos que tienen un ciclo de vida breve, normalmente inferior a un año, y que demandan replantar con frecuencia. Esta particularidad los vuelve cultivos cruciales para la rotación agrícola y el autoconsumo, además de ser una fuente importante de ingresos debido a su producción veloz y gran demanda en los mercados regionales. Se detectaron fundamentalmente fresa, cebolla y papa en las veredas de Pitones, Ucatá y Tembladal. Todos esos cultivos se benefician del clima frío de montaña y de páramo que predomina en la región oriental del municipio.

✓ **Papa:** Es uno de los cultivos más distintivos del altiplano santandereano y cundiboyacense, con una presencia significativa en Tona. Su ciclo de 4 a 6 meses lo convierte en un cultivo que se rota con frecuencia, algo esencial para el sustento financiero de las familias rurales. Requiere suelos francos que tengan suficiente materia orgánica y temperaturas que oscilen entre 8 °C y 14 °C. La papa no solo asegura la seguridad alimentaria, sino que también ayuda a impulsar el desarrollo económico de una región al contar con un mercado asegurado.

✓ **Cebolla:** Se adapta a suelos con buen drenaje y sueltos, en elevaciones superiores a los 2000 metros sobre el nivel del mar. Su ciclo de producción tiene una duración de 4 a 5 meses, lo que permite tener varias cosechas al año. Este es uno de los sectores agrícolas más importantes de la zona, con un alto valor en términos comerciales. Genera trabajo temporal en tareas como la cosecha, el riego y la siembra.

✓ **Fresa:** Se la clasifica como temporal, aunque su ciclo de producción puede extenderse entre ocho y doce meses, pues no supera los dos años de vida útil en el terreno. En temperaturas que rondan entre 10 °C y 18 °C, así como en suelos livianos con un drenaje apropiado, se desarrolla de forma óptima. En la zona, el cultivo de la fresa es una opción que permite diversificar la economía y aumentar los ingresos de los agricultores.



Ilustración 11: Fotografía Aérea de Cultivos

Fuente: Autores

Por otro lado, se entiende por cultivos permanentes a los que no necesitan ser sembrados de nuevo cada año y se mantienen en la tierra durante múltiples años, lo cual supone una gestión distinta en términos de inversión, sostenibilidad y uso del suelo. Estos cultivos son proyectos agrícolas de mediano y largo plazo, y se ubican principalmente en las veredas de Pirgua y Guarumales, ubicadas al occidente del municipio. El aguacate y el café son productos que destacan entre ellos, pues tienen un enorme potencial de expansión hacia mercados internacionales y una gran relevancia comercial.

✓ **Aguacate:** Necesita de climas templados, suelos con buena capacidad de drenaje y profundidad, así como una inclinación apropiada para prevenir encharcamientos. Su período de producción es de 3 a 5 años, aunque una vez establecido puede permanecer en producción por varias décadas. En Tona, el aguacate es un cultivo nuevo con capacidad de ser exportado, lo que supone una posibilidad para el crecimiento económico y la apertura a nuevas cadenas de valor.

✓ **Café:** Se desarrolla en altitudes medias y climas templados a fríos, en terrenos con suelos abundantes en materia orgánica y buena disponibilidad de agua. Una vez establecido, posibilita cosechas cada cierto tiempo durante varios años, transformándose en un cultivo duradero con una larga tradición en Colombia. En el área occidental de Tona, el café continúa desempeñando su función como producto de la cultura, la economía y la sociedad, pues conecta prácticas agrícolas tradicionales con mercados a nivel regional y nacional.



Ilustración 12: Café

Fuente: Autores

La coexistencia de cultivos transitorios y permanentes dentro de las veredas estudiadas permite concluir que la economía campesina en Tona combina estrategias de corto y largo plazo. Los transitorios garantizan liquidez inmediata y rotación del suelo, mientras que los permanentes representan estabilidad y sostenibilidad económica en el tiempo. Esta dualidad agrícola resulta clave para el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), ya que evidencia los diferentes niveles de presión sobre el suelo, las necesidades de infraestructura y las posibilidades de diversificación productiva que ofrece el municipio.

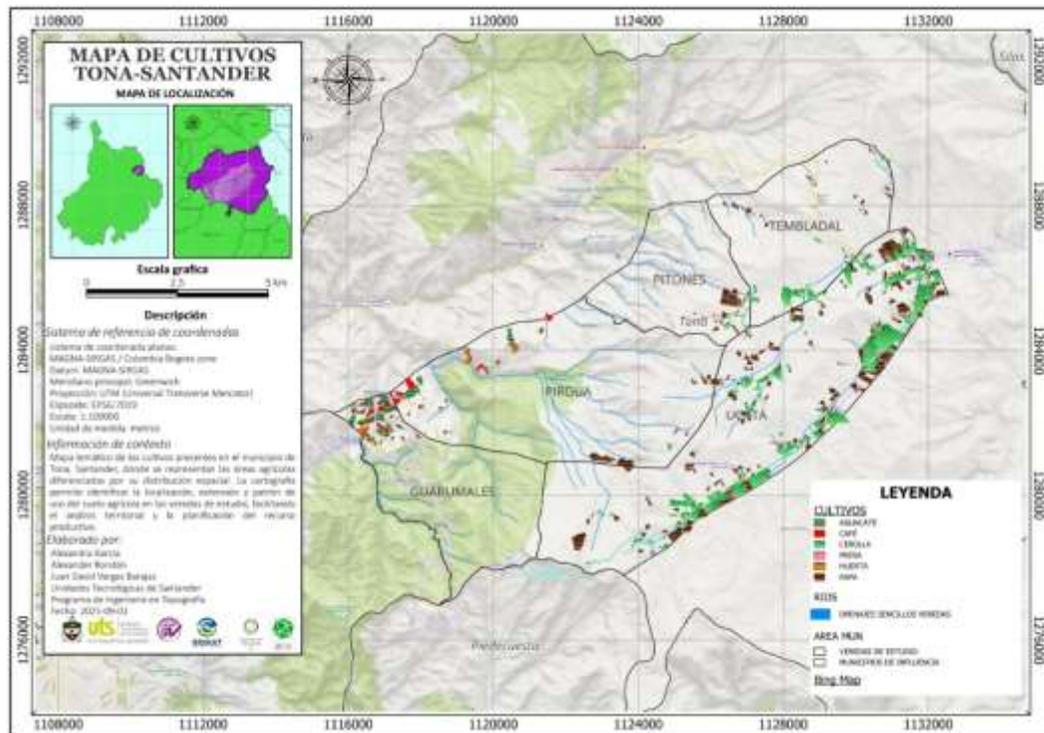


Ilustración 13: Mapa de Cultivos

Fuente: Autores

El presente mapa muestra la distribución espacial de los cultivos presentes en las veredas Guarumales, Pírgua, Pitones, Ucatá y Tembladal (Tona, Santander), el cual permite identificar y caracterizar los cultivos establecidos en la zona de estudio. En total, se registraron 578 polígonos de cultivos georreferenciados, cuya extensión es de 801.7 Ha la cual fue calculada mediante herramientas SIG y teledetección.

Los cultivos predominantes corresponden a papa y cebolla Larga localizados principalmente en las veredas Ucatá, Tembladal, Pitones y Pirgua, con extensiones variables que oscilan entre pequeñas parcelas de menos de 0,1 hectáreas hasta lotes superiores a 2 hectáreas. La papa concentra el mayor número de registros, mientras que la cebolla presenta áreas más consolidadas en términos de extensión.

En la vereda Guarumales, la producción agrícola es más diversificada, destacándose cultivos permanentes como aguacate y café, además de huertas mixtas que combinan hortalizas y frutales en áreas menores a una hectárea. Esta distribución refleja un patrón de uso del suelo orientado a la producción agroforestal y de autoconsumo.

De manera general, la cartografía obtenida muestra que los cultivos de ciclo corto (papa y cebolla) predominan en las zonas de relieve medio a alto, mientras que en áreas bajas o con condiciones más favorables se concentran los cultivos permanentes y las huertas. Estos resultados forman un insumo fundamental para el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), ya que permiten identificar la presión agrícola sobre el territorio, diferenciar zonas de producción intensiva de aquellas con vocación agroforestal, y establecer bases para un manejo sostenible del suelo rural.

5.2.1.2 Distribución por Tipo de Cultivo

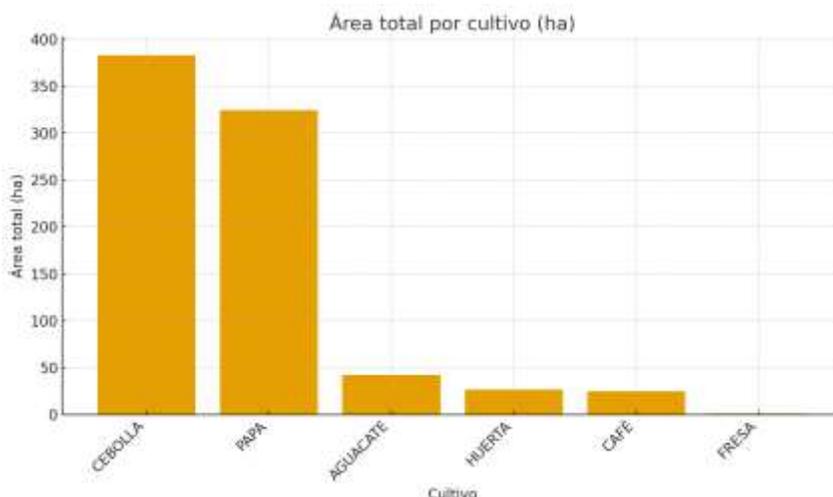


Ilustración 14: Área total por cultivo

Fuente: Autores

El gráfico indica que los productos más cultivados en el municipio son la cebolla y la papa, los cuales representan la mayor parte del área cultivada y son fundamentales para la economía de la zona. Por otro lado, cultivos como el café, las huertas y el aguacate tienen una presencia menor; sin embargo, contribuyen a la diversificación de la producción y al mantenimiento de los hogares rurales. En cuanto a la fresa, esta apenas tiene superficie sembrada, lo que la coloca como un cultivo marginal o en una fase temprana. En resumen, el uso de la tierra agrícola muestra una clara preponderancia de dos productos fundamentales, que se ven acompañados por cultivos más pequeños que desempeñan roles complementarios en la dinámica territorial.

Tabla 2 Resumen de área por cultivo

Cultivo	Registros	Área total (ha)	Área promedio (ha)	Mediana (ha)
CEBOLLA	173	383,1507	2,2147	0,8007
PAPA	314	324,4945	1,0334	0,5380
AGUACATE	22	42,0042	1,9093	1,2427
HUERTA	48	26,4786	0,5516	0,3670
CAFÉ	19	24,7946	1,3050	1,1291
FRESA	2	0,8134	0,4067	0,4067

Fuente: Autores

En la tabla se observa que los principales cultivos son la papa y la cebolla, tanto en número de registros como en superficie total cultivada, lo que indica su importancia para la economía agrícola y el sustento de las familias campesinas. Pero aunque abarcan la mayor superficie, sus plantaciones son pequeñas según la mediana (0,53 ha en papa y 0,80 ha en cebolla), lo que revela una producción fragmentada y familiar, con unos pocos grandes productores que influyen en los promedios.

Por el otro, cultivos como el aguacate y el café se muestran en menor medida, pero con promedios por productor más elevados (1,90 ha y 1,30 ha, respectivamente), lo que es muestra de un manejo más intensivo y con potencial de diversificación económica. Las huertas son pequeñas y para autoconsumo; la fresa es un cultivo marginal (0,81 ha), más bien alternativo o complementario. En su totalidad, el paisaje agrícola mezcla cultivos de alto impacto comercial (papa y cebolla) con cultivos diversificados y de sostenibilidad alimentaria (aguacate, café, huertas y fresa).

ANÁLISIS POR VEREDA

Comparación de área total y tamaño típico de parcelas por vereda.



Ilustración 15: Torta con datos de cultivos por vereda

Fuente: Autores

El análisis por vereda evidencia que la mayor concentración de área cultivada se localiza en Ucatá, con más de 500 hectáreas, convirtiéndose en el principal centro productor del municipio. Esto evidencia la mayor disponibilidad de tierras cultivables y la intensidad de uso del suelo en esta vereda, que la convierte en un punto estratégico para la actividad agropecuaria. Por el contrario, las veredas Pirgúa, Guarumales, Tembladal y Pitones tienen áreas mucho menores, todas por debajo de 100 hectáreas, lo que sugiere una producción más dispersa y de menor escala. Sin embargo, estas zonas desempeñan un papel importante en la diversificación agropecuaria y en el soporte de las economías familiares, que complementan la hegemonía productiva que se observa en Ucatá.

Tabla 3: Resumen por vereda

Vereda	Registros	Área total (ha)	Área promedio (ha)	Mediana (ha)
UCATÁ	377	592,8768	1,5726	0,6996
PIRGUA	45	67,2660	1,4948	0,7830
GUARUMALES	59	57,1312	0,9683	0,6043
TEMBLADAL	57	47,5246	0,8338	0,4509
PITONES	40	36,9372	0,9234	0,4285

Fuente: Autores

El análisis por vereda ratifica que Ucatá es la que mayor área cultivada posee, con aproximadamente 593 hectáreas y 377 registros, siendo el principal centro agrícola del municipio. Le siguen en tamaño Pirgua y Guarumales, con 67,26 ha y 57,13 ha respectivamente, en tanto que Tembladal y Pitones son de menor extensión, con menos de 50 ha. Si bien el tamaño medio por parcela es de 1,38 ha, los valores mínimos (0,03 ha) y máximo (30,47 ha) muestran una gran heterogeneidad en la estructura de tenencia y uso del suelo, con predominio de pequeñas parcelas, pero con presencia de grandes explotaciones.

HALLAZGOS CLAVE

- El cultivo con mayor área total es CEBOLLA con 383.15 ha.
- La vereda con mayor área total cultivada es UCATÁ con 592.88 ha
- El tamaño de parcela va desde 0.0303 ha hasta 30.4738 ha; promedio 1.3871 ha (desv. estándar 2.6690 ha).
- El clima más frecuente es Muy frío, húmedo y muy húmedo.
- El relieve más frecuente es Lomas y Colinas

6. CONCLUSIONES

Con este estudio se logró por primera vez elaborar un inventario cartográfico y estadístico de los cultivos existentes en las veredas del municipio de Tona, información necesaria para la planificación territorial y agrícola, ya que no se contaba con información organizada de este tipo.

Los resultados indican que la vereda Ucatá es la que mayor área cultivada tiene (592,88 ha) y mayor diversidad de cultivos, siendo además zona de páramo. Esta situación es alarmante porque es un territorio zonificado como reserva y su creciente ocupación por uso agropecuario es manifestación de una planificación territorial que avanza en la dirección equivocada y compromete los ecosistemas estratégicos.

En términos de cultivos, reitera el predominio de la cebolla y la papa, que superan las 700 ha cultivadas y son los motores de la economía. Sin embargo, también se reconocieron cultivos menores como café, aguacate, huertas y fresa, que desempeñan una función complementaria y de diversificación productiva.

Se nota que la mayor parte del territorio, al ubicarse en zona de páramo con fuertes pendientes y escarpes, tiene restricciones físicas para el uso agrícola. Estas condiciones dificultan las prácticas productivas y, en muchos casos, las vuelven poco sustentables, evidenciando la necesidad de replantear el uso del suelo de acuerdo a la vocación del territorio.

7. RECOMENDACIONES

- Continuar con la actualización periódica de la información geoespacial de los cultivos mediante el uso de SIG y drones, garantizando así un insumo actualizado y confiable para la toma de decisiones.
- Integrar las coberturas climáticas, de relieve, cultivos actuales y de uso del suelo en modelos predictivos que permitan anticipar posibles cambios en la producción agrícola y orientar la planificación territorial.
- Socializar los resultados con las comunidades rurales de las veredas de estudio, de manera que esta información pueda ser aplicada directamente en la gestión de sus cultivos.
- En futuras aplicaciones de la metodología, el análisis espacial con SIG sea realizado en primera instancia y posteriormente se verifique con recorridos de campo, optimizando así la precisión y eficiencia del proceso.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alejandro, C., & Jorge, L. (enero 2005). *DELIMITACIÓN DE ÁREAS ADECUADAS PARA CULTIVOS DE*. Toluca - Estado de Mexico.

Cerezo, R. D. (25 septiembre 2023.). *Identificación de cultivos mediante teledetección y técnicas de machine learning en el ámbito territorial de la comarca de la Ribera Baja, Valencia*. Valencia: Universitat Politècnica de València.

Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor). (19 de Abril de 2010). Obtenido de https://corponor.gov.co/web/index.php/2010/04/19/areas-naturales-estrategicas/?utm_source=chatgpt.com

Decreto 044 de 2024. (agosto 5, 2024). *Por el cual se establecen criterios para declarar y delimitar reservas de recursos naturales de carácter temporal en el marco del ordenamiento minero-ambiental y se dictan otras disposiciones"*.

EOT. (2000). *ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL*.

Jeyson, A. R., & John, J. Y. (Diciembre 2023). *ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL*. El carmen Chucuri.

Ley 1930 de 2018. ((Julio 27)). *"POR MEDIO DE LA CUAL SE DICTAN DISPOSICIONES PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS PÁRAMOS EN COLOMBIA"*.

MARIA, C. P., & LAURA, C. R. (2018). *IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON CULTIVOS DENTRO DEL ÁREA*. FUSAGASUGÁ.

POMCA. (2005). *PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO AMBIENTAL MICROCUENCA RIO TONA*. Municipio Tona: Universidad de los Andes.

RESOLUCIÓN 057 DE 2025. ((Enero 17)). *LAS MINISTRAS DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE Y AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL*.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, G. d. (2023). *Plan departamental de extensión agropecuaria (PDEA) Santander 2020-2023*.

Vargas, C. D., Diaz, C. D., & Segura, B. Y. (18 Diciembre 2023). *Estudio geoespacial del municipio de Pitalito Huila: caracterización del uso del suelo mediante SIG*. Pitalito.

9. ANEXOS

Anexo 1. Base de datos en formato Excel con la información de los cultivos identificados en las veredas de estudio, incluyendo su localización, extensión y características principales.

Anexo 2. Mapa temático de distribución de cultivos, donde se representan espacialmente las áreas agrícolas delimitadas en el municipio de Tona, Santander.