

Influencia del cambio de cobertura de la tierra en la vulnerabilidad social en las veredas de la microcuenca río Cariaco, municipio de Consacá - departamento de Nariño; año 2021

Docente Tutor: John Makario

Ing. Juan Manuel Salazar Orejuela

Geóg. Julieth Alejandra Achicanoy Ortega

Universidad Católica de Manizales

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Especialización en prevención reducción y atención de desastres

2022

Tabla de contenido

1. Introducción	7
2. Descripción del problema.....	9
3. Planteamiento del problema	11
4. Justificación del problema.....	12
5. Objetivos	14
5.1. Objetivo General	14
5.2. Objetivos Específicos	14
6. Contexto Geográfico	15
7. Marco Teórico	17
8. Marco conceptual	26
9. Marco legal.....	33
10. Marco Referencial	34
11. Metodología	38
12. Resultados	46
13. Análisis.....	61
14. Recomendaciones.....	71
15. Conclusiones	72
16. Bibliografía.....	73
17. Anexos.....	77

Lista de tablas

Tabla 1. Variables usadas para la evaluación de la vulnerabilidad social por veredas	23
Tabla 2. Dimensiones analizadas para la evaluación de vulnerabilidad social	24
Tabla 3. Metadatos rescatados de las imágenes satelitales adquiridas del servicio geológico de los Estados Unidos (USGS Earth explorer).	47
Tabla 4. Clasificación de cobertura en base a la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia.	54
Tabla 5. Rangos del IVS obtenidos en este estudio para cada vereda.	60
Tabla 6. Distribución en área de las coberturas de la tierra año 2002.....	64
Tabla 7. Distribución en área de las coberturas de la tierra año 2021.....	65

Lista de figuras

Figura 1. Mapa microcuenca río Cariaco, municipio de Consacà, información para elaboración consultada en geoportales IGAC y DANE.	16
Figura 2. Puntos de control sobre la imagen satelital.....	41
Figura 3. Ejemplo de bosque natural denso (1), pasturas con espacios naturales (2) sobre una imagen satelital.....	42
Figura 4. Herramienta “Create Signatures”.....	43
Figura 5. Herramienta de clasificación por máxima verosimilitud.	44
Figura 6. Ejemplo colores del café (1), Tejido urbano discontinuo (2) y Bosque (4).....	44
Figura 7. Procedimiento metodológico para la evaluación de la Vulnerabilidad Social	45
Figura 8. Composición de bandas 1 a 7 mediante “Image Analysis”. Proceso realizado en esta investigación.....	48
Figura 9. Área de la cuenca extraída de las imágenes satelitales, resultado obtenido mediante el uso de la herramienta “extract by mask”	48
Figura 10. Arriba Imagen Landsat 7 Con Combinación RGB 4-5-3 y abajo imagen Landsat 8 con RGB 6-5-4.	49
Figura 11. Imagen Landsat 7 (2002) arriba, combinación RGB 3-2-1 y Landsat 8 (2021) abajo con RGB 4-3-	50
Figura 12. Resultado de la clasificación por máxima verosimilitud (Clasificación supervisada).....	51
Figura 13. Herramienta en ArcGIS para convertir ráster a polígono.	51

Figura 14. Resultado de la conversión de ráster a polígono.....	52
Figura 15. Producto Obtenido De La Herramienta Eliminate. El uso de esta herramienta permitió borrar aquellos polígonos que estaban por debajo de la unidad mínima de mapeo. .	53
Figura 16. Polígonos representativos de coberturas identificadas, años 2002 y 2021.	55
Figura 17. Herramienta “Union” en ArcGIS.....	56
Figura 18. Tabla de atributos resultado de la herramienta “Unión”.....	56
Figura 19. Cambios identificables en tabla de atributos.	57
Figura 20. Gráfico comparativo de la distribución de coberturas de la tierra años 2002 - 2021	66
Figura 21. Distribución espacial del IVS en la microcuenca del río Cariaco.	68
Figura 22. Mapa de niveles de vulnerabilidad social en la microcuenca del río Cariaco.	69

Anexos

Anexo 1. Mapa final de cobertura Corine Land Cover Año 2002.	77
Anexo 2. Mapa final de cobertura Corine Land Cover Año 2021.	78
Anexo 3. Mapa final de Cambio de coberturas.	79

1. Introducción

Las cuencas hidrográficas son áreas delimitadas en las que se presentan actividades antrópicas relacionadas con el espacio natural, éstas condicionan la modificación sustancial del territorio, consideradas además como la principal unidad de análisis del espacio geográfico. Por consiguiente, la presente investigación, también se enfoca en definir y evaluar la vulnerabilidad social, no sólo como la potencialidad de que la población de un determinado espacio sea afectada físicamente por alguna circunstancia adversa de origen natural, sino también como la potencialidad de una población para caer en condiciones que disminuyan su calidad de vida.

Así pues, se realizó la determinación del cambio de cobertura vegetal de la microcuenca río carriaco periodo 2002 – 2021, municipio Consacá - departamento de Nariño y cómo ésta influye en la vulnerabilidad social en las veredas del área de influencia de esta microcuenca.

Este documento tuvo en cuenta los cambios en los diferentes tipos de coberturas, por medio de la utilización de insumos tecnológicos asociados a la Geomática, a su vez se realizó una descripción breve de cada una de ellas, utilizando la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100000 que fue la base para realizar este estudio.

Metodológicamente se utilizó principalmente la técnica de teledetección o percepción remota, e insumos que hacen parte de los sistemas de información geográfica, como imágenes satelitales, cartografía, software especializado etc. Esto pudo brindar un acercamiento a los cambios de la cobertura de la tierra en la microcuenca río Cariaco con relación con las dinámicas que ahí se desarrollan. Con lo antepuesto cabe resaltar que la investigación no tuvo bases de información primaria, excepto por un trabajo de campo que se hizo con el objetivo de constatar y establecer algunas coberturas actuales en cuanto a tipología.

Así mismo, para la investigación de la vulnerabilidad social se realizó un análisis matemático a ciertas variables demográficas extraídas del censo de población y vivienda elaborado por el Departamento Administrativo nacional de Estadísticas – DANE de los años 2005 y 2021.

Se trataron además los aspectos metodológicos en que se desarrolla la investigación, para posteriormente hacer una breve revisión conceptual de los distintos aspectos que ayuden a esclarecer el enfoque de vulnerabilidad que se intenta evaluar. A partir de allí, se desarrollan las orientaciones metodológicas y conceptuales para alcanzar evaluar la vulnerabilidad social basándonos en variables censales del área geográfica escogida.

Finalmente, se realizó un análisis en base a los productos obtenidos de cada proceso descrito, lo que arrojo resultados satisfactorios y concordantes con la temática estudiada. De manera que el principal alcance de la investigación es brindar un instrumento que ayude en la reglamentación de uso del suelo, la generación de políticas de protección y conservación de ecosistemas, la utilidad en el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Consacá y en su respectivo Plan de Gestión del Riesgo de desastres ya que la importancia de evaluar la vulnerabilidad se hace necesaria por la influencia que ejercen las capacidades de las personas en el desarrollo posterior de las sociedades, siendo que estas capacidades se ven afectadas en condiciones de vulnerabilidad.

2. Descripción del problema

Cuando se habla de cuencas hidrográficas se refiere a un área definida, en la que no sólo se trata aspectos hídricos o hidrológicos de la misma, sino también todas las actividades que ahí se desarrollan producto de la relación hombre-naturaleza, por lo cual se producen modificaciones sobre el territorio determinando ciertos impactos positivos o negativos, que son más notables con el tiempo y que pueden ser difíciles de percibir su cobertura del suelo.

Para el caso, en la microcuenca río Cariaco existen varias actividades antrópicas ligadas principalmente a agricultura (destacándose aquí el cultivo de caña panelera, café y maíz) así como también pastos manejados (Bolaños C. , y otros, 2015) que conforman la denominada frontera agrícola, para la cual “su delimitación se basa en el territorio transformado, que se dedica al desarrollo de actividades agropecuarias en el suelo rural; es discontinua y dinámica” (Ministerio de agricultura y desarrollo rural - Unidad de planificación rural agropecuaria, 2018) concluyendo que ésta es cambiante y tiene características que la diferencian de otro tipo de coberturas, por ello es importante establecer el grado de transición que esta ha sufrido. Sin embargo, no existen estudios específicos del área de estudio.

Por consiguiente, al ser la microcuenca de vital importancia donde se desarrollan actividades, los diferentes planes y estudios existentes para el Municipio de Consacá abordan únicamente la vulnerabilidad social de la población frente a condiciones físicas que puedan ser perjudicadas por un evento natural, cuyos componentes no abarcan las dimensiones en las que se desarrolla la vida cotidiana de la población como lo serían la educación, la atención a su salud, el tipo de vivienda, etc. Siendo que estos aspectos en combinación con un evento adverso de índole natural, social, político, económico o cultural podrían repercutir en el bienestar de las personas dejándolas en riesgo de caer en pobreza.

Así mismo, la evaluación que se realiza no es consistente para las definiciones de las variables que se consideran y esta falta de claridad en la metodología podría repercutir en que

las medidas técnicas y políticas que se toman no terminen de adecuarse a la realidad y generen mejores condiciones de vida para los más vulnerables.

3. Planteamiento del problema

¿Cómo influye el cambio de cobertura de la tierra en la vulnerabilidad social en las veredas de la microcuenca río Cariaco, municipio de Consacá, departamento de Nariño?

4. Justificación del problema

Al ser las cuencas hidrográficas áreas significativas para la interacción con el hombre que presentan cambios en las coberturas de la tierra por diferentes procesos como: quemas a cielo abierto, agricultura y pastoreo, explotación minera, cultivos ilícitos, entre otros. Se busca con esta investigación realizar un “análisis multitemporal” como herramienta para brindar un insumo comparativo (Guerrero & Ortega, 2012) e identificar los factores que originan la transformación de la cuenca y articular de forma eficiente a la comunidad.

Ahora bien, con respecto al análisis de vulnerabilidad social que influye este cambio de cobertura de la tierra se refleja la falta de una metodología para su evaluación, por tanto, la investigación desarrolla una metodología basada en la construcción de indicadores a partir de las variables censales que considere la multidisciplinariedad.

Esta metodología podría ser validada o reajustada según diferentes criterios, lo que la hace una herramienta que permita un mejor diagnóstico de la situación de la población para que sea considerado en la toma de decisiones políticas en temas de planeamiento y desarrollo.

Dicho lo anterior, se debe resaltar que este trabajo final ofrece un aporte significativo, ya que se generó un insumo actualizado, el cual puede servir para la inclusión en el esquema de ordenamiento territorial (EOT) de dicho municipio. Además, el estudio de análisis multitemporal y análisis de vulnerabilidad social es acertado porque busca orientar el conocimiento y un método de planificación hacia la interpretación real del territorio, brindando una herramienta útil que permite identificar los sectores más vulnerados de la microcuenca Cariaco, así como direccionar políticas de reglamentación de uso del suelo y estimar la importancia de la gestión del riesgo de desastres.

Finalmente, resulta de gran importancia definir un método para la evaluación de la vulnerabilidad social de la población, siendo que; no es suficiente la observación o

identificación, es necesaria la valoración de la población respecto a sus niveles de vulnerabilidad, con la finalidad de dirigir los más óptimos recursos y/o proyectos en pro de mejorar su calidad de vida.

5. Objetivos

5.1.Objetivo General

- Determinar la influencia del cambio de la cobertura de la tierra, en la vulnerabilidad social veredal en las veredas de la microcuenca río Cariaco, municipio de Consacá, departamento de Nariño.

5.2.Objetivos Específicos

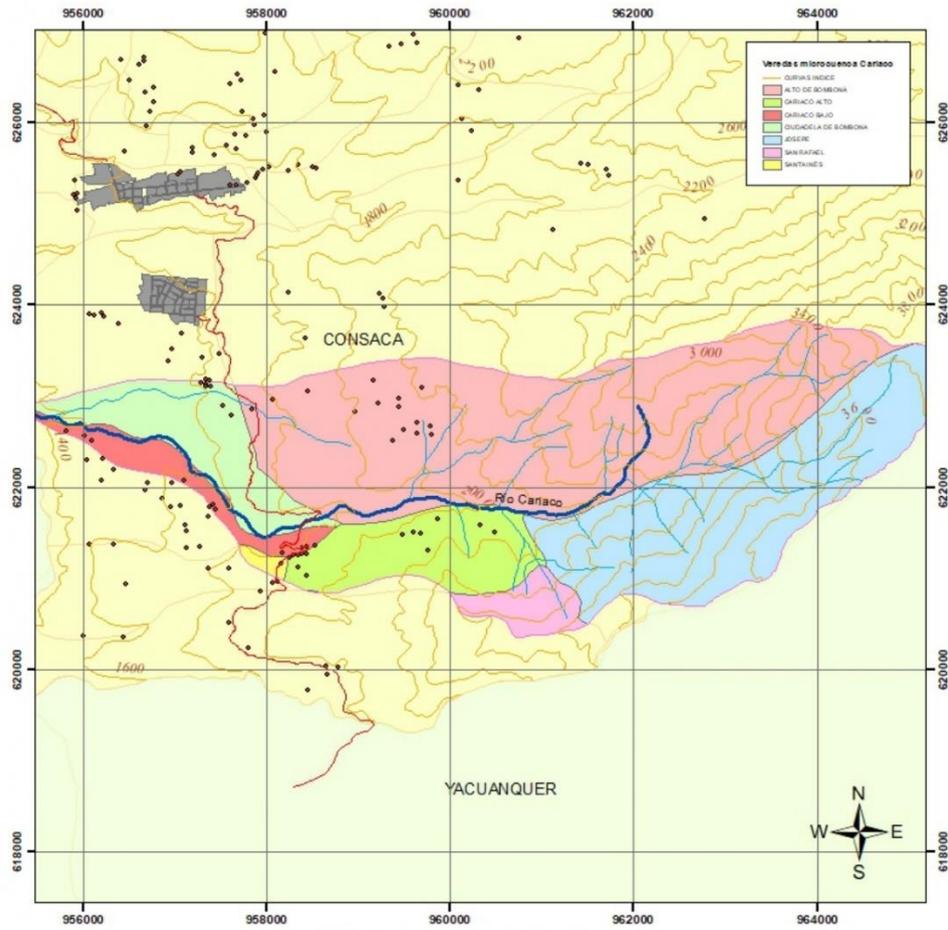
- Identificar el cambio de la cobertura de la tierra para el periodo 2002 – 2021, en la microcuenca, río Cariaco, municipio de Consacá, departamento de Nariño.
- Evaluar la vulnerabilidad social por veredas de la microcuenca, río Cariaco, municipio de Consacá, departamento de Nariño.
- Analizar la relación entre el cambio de la cobertura de la tierra y la vulnerabilidad social a nivel veredal, de la microcuenca, río Cariaco, municipio de Consacá, departamento de Nariño.

6. Contexto Geográfico

El municipio de Consacá se encuentra ubicado en la zona central del departamento de Nariño, a su vez está localizado en el suroccidente del territorio nacional. El área objeto de estudio (microcuenca río Cariaco) está ubicada hacia el sector centro-sur de esta jurisdicción en el corregimiento de Cariaco, la cual incluye las veredas de Cariaco Alto, Cariaco Bajo, Josepe, Alto de Bomboná, y parte de las veredas Santa Inés, San Rafael, así como la ciudadela de Bomboná. En cuanto a aspectos físicos, la unidad geográfica posee un clima medio, medio-frío y frío, con alturas entre 1350 a 3950 msnm (Pineda & Delgado, 2012) cubriendo un área aproximada de 2006 hectáreas.

Los límites de la microcuenca son: al nor-orienté con la microcuenca río Azufral, al norte y sur con afluentes directos que confluyen en el río Guáitara, así mismo al occidente con este río. Administrativamente la microcuenca colinda: al sur con parte de las veredas de Santa Inés, San Rafael y parte del municipio de Yacuanquer; al orienté con las veredas de San Felipe, El Rosario y La Pradera (municipio de Yacuanquer); al norte con la vereda Ciudadela de Bomboná, así como parte de la vereda Alto de Bombona, y al occidente con el municipio de Guaitarilla.

Por otra parte, la principal fuente hídrica de la microcuenca denominada río Cariaco es tributaria del río Guáitara. Un rasgo particular de la microcuenca es el contenido ecosistémico que alberga páramo, subpáramo y bosque natural primario, predominan las actividades agrícolas como cultivos de café, caña, maíz, frutales, entre otros.



MAPA MICROCUENCA RIO CARIACO

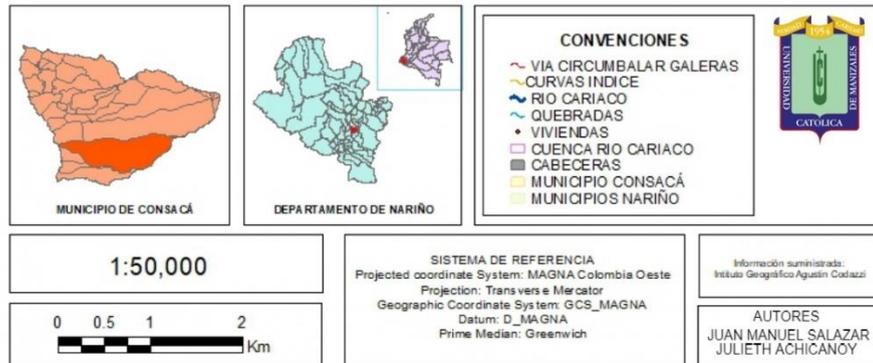


Figura 1. Mapa microcuena río Cariaco, municipio de Consacá, información para elaboración consultada en geoportales IGAC y DANE.

7. Marco Teórico

Para el desarrollo oportuno de la presente investigación se encuentra la aplicación de la Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia (2010), la cual se utilizó para la clasificación de coberturas identificadas mediante el análisis multitemporal en el área de estudio. En Colombia esta metodología se adopta por la necesidad de contar con información de bosques y otros tipos de coberturas para generar el diseño de un inventario forestal a nivel nacional, en este sentido fue requisito la creación de una capa de información de cobertura de la tierra a escala más detallada de las que se habían trabajado en el país.

Las principales ventajas de esta metodología son nombradas a continuación (IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA, 2010)

- Permite obtener una capa de cobertura de la tierra de una manera relativamente rápida y sencilla.
- Permite hacer análisis multitemporales de ocupación del territorio de una manera eficaz.
- Su aplicación permite la comparación de datos y porcentajes de uso y ocupación del territorio.

La leyenda fue estructurada de manera jerárquica, las unidades de coberturas fueron derivadas de criterios fisionómicos de altura y densidad, definidos y aplicables a todas las unidades consideradas para un grupo de coberturas del mismo tipo, garantizando así que sea posible la inclusión de nuevas unidades o la definición de nuevos niveles de unidades para estudios más detallados (IDEAM, 2010). Entre los criterios para la construcción de la leyenda se tiene que la identificación y delimitación de la unidad de cobertura de la tierra corresponderá a la fecha de la toma de la imagen satelital. Los niveles 1 y 2 de la leyenda permanecen iguales a los de la leyenda CORINE Land Cover de Europa. Finalmente, las

unidades de la leyenda para la escala 1:100.000 varían desde el nivel 3 hasta el nivel 6 en los diferentes grupos de coberturas, variación que depende del tipo de cobertura.

La escala del mapa de coberturas dependerá de la resolución espacial de las imágenes satelitales, de las condiciones ambientales de cada región del país y de los requerimientos específicos de los usuarios, la información que se obtiene en la leyenda es elaborada con datos secundarios de diferentes temáticas, imágenes obtenidas a partir de sensores remotos y datos de campo (IDEAM, 2010).

La leyenda se divide en cinco grandes grupos, i) territorios artificializados, que comprenden áreas de las ciudades y poblaciones, de igual forma aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos, ii) territorios agrícolas, son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación en descanso o barbecho, comprende áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos las zonas agrícolas heterogéneas, en las cuales también se pueden dar usos pecuarios además de los agrícolas, iii) Bosques y áreas seminaturales, comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación, esta categoría incluye coberturas que son el resultado de un fuerte manejo antrópico como plantaciones forestales y la vegetación secundaria o en transición, iv) áreas húmedas, comprende aquellas coberturas constituidas por terrenos anegadizos, que pueden ser temporalmente inundados estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática, localizados en los bordes marinos y al interior del continente, v) superficies de agua, son los cuerpos y cauces de aguas permanentes,

intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente y los que se bordean o se encuentran adyacentes a la línea de costa continental, como los mares (IDEAM, 2010).

De esta manera se aborda teorías sobre estudios multitemporales; como tema vital para la presente investigación. Mediante estos análisis realizados utilizando imágenes de diferentes fechas, pueden ser abordados con un doble objetivo, por un lado reconstruir la variación estacional de la zona, por otro la detección de cambios, el primer aspecto supone utilizar la dimensión temporal para mejorar la interpretación de la imagen, al aportar un informe sobre el desarrollo fenológico de las especies vegetales, este criterio puede orientarse a distintas aplicaciones: seguimiento de las condiciones de un cultivo o el estado de los embalses. El segundo enfoque del análisis multitemporal está orientado a detectar cambios entre dos o más fechas alejadas del tiempo, estudiando el dinamismo temporal de una determinada zona: crecimiento urbano, transformaciones agrícolas, obras de infraestructura, etc., también permite evaluar la superficie afectada por fenómenos efímeros como inundaciones o erupciones volcánicas, así como seguir la evolución de sus efectos (Chuvienco, 2002). Conforme a la evolución demográfica, se puede encontrar cierto crecimiento de la zona ya sea habitable o para aprovechar los terrenos con el fin de suplir sus necesidades, es así como se da un crecimiento poblacional sin control por parte de las entidades municipales competentes incrementando la vulnerabilidad social de forma zonificada.

Según Romero (2006), para los estudios multitemporales se pueden emplear diversas metodologías, sin embargo, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones: La intersección de clasificaciones de imágenes pertenecientes a distintas fechas reduce generalmente las clasificaciones erróneas. La superposición o integración de las imágenes previamente a la clasificación reduce generalmente los errores de clasificación en ambos sentidos.

Los mapas obtenidos a partir de los procesos de teledetección pueden ser superpuestos entre sí con el fin de observar el conjunto de la información de la zona, lo cual a su vez permitirá generar análisis que relacione el cambio de cobertura de la tierra con la zonificación de vulnerabilidad social en el área de influencia.

Dentro de las investigaciones que aplican este tipo de metodologías la unidad de Parques Nacionales Naturales de Colombia, realiza un monitoreo constante a las coberturas presentes en su jurisdicción, un ejemplo de ello es el artículo elaborado en el año 2013, en el cual se presentaron los resultados de un proceso de análisis en la detección de los cambios de coberturas a escala 1:100.000, periodo 2010 – 2012 para las zonas que conforman los parques nacionales naturales de Colombia, bajo la metodología CORINE Land Cover con imágenes Landsat, entre los resultados obtenidos se pudo verificar que aproximadamente el 97% del total del sistema de parques conserva sus condiciones naturales, las presiones son un aproximado del 2.38% por expansión de cultivos y deforestaciones (Parra, 2002).

Bermúdez, (2016), realizó un estudio multitemporal para determinar los cambios en la cobertura de la tierra de los municipios de Nuquí, Bahía Solano y Jurado en el pacífico norte chocoano, se realizó la interpretación con imágenes rapid eye del año 2014 y entre los resultados obtenidos se evidenció que las áreas de mayor degradación se encuentran ubicadas en los bordes del área de influencia de los ríos y las quebradas y en zonas aledañas a la cabecera municipal.

Así pues, existen diferentes formas de obtener los mapas de cobertura de la tierra, este trabajo se enfoca en la interpretación bajo el procesamiento digital de imágenes, y la aplicación de metodologías aplicadas con éxito en otros trabajos.

En consecuencia, dentro de las bases teóricas para la presente investigación Allan Lavell define vulnerabilidad social como el bajo grado de organización y cohesión interna de comunidades bajo riesgo, que impiden su capacidad de prevenir, mitigar o responder a situaciones de desastre. Por tal razón, es necesario realizar un análisis y valoración de la vulnerabilidad. (Lavell, 1994)

Con respecto a lo anterior Cannon (2006) afirma que este análisis debe realizarse mediante los componentes claves que generan el nivel de amenazas de la población, orientándolos como aspectos básicos para un manejo de desastres orientado a proteger y reforzar los medios de vida.

Por consiguiente, ésta debería tener la capacidad de prevenir desastres, así como las intervenciones más amplias de desarrollo pueden reducir la vulnerabilidad y la pobreza al mismo tiempo; considerando que las condiciones de vulnerabilidad pueden ser causadas por procesos y factores que distan mucho del impacto de un desastre. Con el análisis de la vulnerabilidad se pueden identificar los factores de fondo y factores institucionales que podrían estar vinculados con los componentes específicos de la vulnerabilidad.

De modo que existen varias propuestas metodológicas para la evaluación de la vulnerabilidad social debido a su carácter polisémico (Busso, 2002). sugiere la construcción de indicadores con base en información obtenida de censos o encuestas, ya que estos instrumentos cuantitativos dan pauta para elaborar caracterizaciones territoriales. Desafortunadamente en los países en desarrollo, las fuentes oficiales de información estadística no poseen las variables suficientes para elaborar un análisis integral de la vulnerabilidad social (Kaztman, 2000).

Cabe resaltar que estos análisis aportan al conocimiento del riesgo colocando en evidencia la interacción de factores, o elementos de pérdida ante un desastre con el ambiente peligroso en que se suscita. Por este motivo, el análisis de la vulnerabilidad debe entenderse como un

proceso de diagnóstico, mediante el cual se determina el nivel de exposición y predisposición a la pérdida de un elemento o capacidad ante una amenaza específica (Cardona, 1996)

Así pues, este tipo de evaluaciones de la vulnerabilidad social deben ser trabajadas y desarrolladas en forma interdisciplinaria por economistas, sociólogos, médicos, socorristas, planificadores, etc. (Herzer & Federovisky, 1994).

Para evaluar la vulnerabilidad social en las veredas correspondientes a Cariaco Alto, Cariaco Bajo, Josepe, Alto de Bomboná, y parte de las veredas Santa Inés, San Rafael, así como la ciudadela de Bomboná dentro de la Jurisdicción del corregimiento de Cariaco, se aplicó la Metodología “Basada índices (indicadores) con pesos ponderados” “evaluación de la vulnerabilidad social usando índices”, para lo cual se realizaron los siguientes pasos.

1. Establecer las variables censales intervinientes para la evaluación de la vulnerabilidad social.

Las variables definidas para la evaluación de la vulnerabilidad social requieren de una información precisa de la población, la cual se ha logrado obtener a través del último Censo realizado por el Departamento administrativo nacional de estadística DANE en el año 2021, en el municipio de Consacá – Nariño; siendo estos datos oficiales suministrados por la Alcaldía correspondientes a un nivel con características cartografiables para ser usados para la evaluación y caracterización de la vulnerabilidad social.

Cabe resaltar, la transversalidad en la toma de datos con que se elaboran los censos, ya que estos datos han sido recogidos una sola vez en un tiempo y lugar determinado.

Teniendo en cuenta lo anterior y conforme al análisis de la información adquirida se seleccionaron las variables presentadas en la Tabla 1

Tabla 1. Variables usadas para la evaluación de la vulnerabilidad social por veredas

Código Variable	Descripción
TV	Tipo de Vivienda
SP	Servicios Públicos
DI	Discapacitados
RE	Rango de Edad

2. Definir los indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad social a partir de las variables seleccionadas.

Conforme a la selección de los variables anteriormente relacionadas en la tabla se asignó la prioridad o importancia para el caso de estudio, y así obtener un peso ponderado de cada una de ellas para el cálculo del Índice de vulnerabilidad social en las veredas, correspondiente a Cariaco Alto, Cariaco Bajo, Josepe, Alto de Bomboná, y parte de las veredas Santa Inés, San Rafael, así como la ciudadela de Bomboná dentro de la Jurisdicción del corregimiento de Cariaco.

Así, se definen tres dimensiones o aspectos para evaluar la vulnerabilidad social: Población, Salud, y Vivienda.

Dimensión Población: corresponde a las características naturales inherentes de la población que la hace vulnerable, destacando la característica de edad en la que se encuentra la población.

Dimensión Salud: se caracterizan los aspectos que vulneran el desarrollo de la población desde los aspectos de su salud, siendo que su estado actual de salud podría no permitirles un desarrollo pleno.

Dimensión Vivienda: hace referencia a los aspectos más físicos y materiales de la vulnerabilidad de la población, refiriéndose al tipo de vivienda que lo habita. La Tabla 2 muestra los datos usados en cada dimensión.

Tabla 2. Dimensiones analizadas para la evaluación de vulnerabilidad social

Dimensión	Indicador	VARIABLES CENSALES
Salud	Proporción de población con alguna discapacidad (cantidad de discapacitados)	Discapacidad física o mental
Población	Proporción de población según la edad	< 10 años >11<59 >65 años
Vivienda	Tipo de Vivienda	Casa, apartamento, habitación, otro
	Viviendas con servicios públicos	Energía, acueducto, alcantarillado, recolección de basuras

A continuación, se desarrolla la justificación para los indicadores seleccionados, así como también los cálculos establecidos a partir de las variables censales para llegar a ellos.

Ya definidas las variables con cada uno de sus aspectos se debe calcular el peso ponderado para cada una, utilizando la siguiente formular matemática:

$$w_i = \text{Nivel de prioridad} * \% \text{ de Participación} \quad (1)$$

Donde w representa el peso ponderado y la i representa cada variable analizada.

Después de obtener estos pesos ponderados para cada una de las variables o criterios, se procede al cálculo del Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) de cada una de las veredas, utilizando la siguiente fórmula:

$$IVS = w_1TV + w_2SP + w_3DI + w_4RE \quad (2)$$

Donde:

w_1, w_2, w_3, w_4 , son los pesos ponderados de cada variable

De esta manera teniendo los Índices de Vulnerabilidad Social por veredas, correspondiente a Cariaco Alto, Cariaco Bajo, Josepe, Alto de Bomboná, y parte de las veredas Santa Inés, San Rafael, así como la ciudadela de Bombona, se procede a categorizar la vulnerabilidad social usando tres rangos de igual tamaño, de acuerdo con los valores máximo y mínimo del IVS.

Finalmente, conforme a los resultados obtenidos se puede tener en una escala de prioridad de mayor (alta) a menor (baja) la categoría del Índice de Vulnerabilidad Social de Cariaco Alto, Cariaco Bajo, Josepe, Alto de Bomboná, y parte de las veredas Santa Inés, San Rafael, así como la ciudadela de Bomboná.

8. Marco conceptual

Análisis multitemporal: Se dice que “el análisis multitemporal es el estudio de una zona determinada, a partir de imágenes de satélite, mediante tomas hechas en tiempos diferentes pudiendo variar el tiempo entre una toma y otra, horas, días, meses, etc. Con el fin de analizar una o muchas variables a través del tiempo” (Guerrero & Ortega, 2012). El autor alude a que esta “evolución comparativa” se hace en una misma zona, sin embargo, los años específicos de evaluación son desiguales, dando evidencia de los diferentes cambios en las coberturas de la tierra.

Por otra parte “los análisis multitemporales de usos de cobertura del suelo se hacen fundamentales, ya que permiten identificar los cambios que ocurren en una determinada área geográfica en una escala de tiempo” (Gil, 2016) a su vez se cita a Chuvieco (1996) quien menciona que este análisis permite deducir la evolución del medio natural y las repercusiones humanas sobre éste.

Daza (2013) menciona que el medio para llevar a cabo los análisis son las imágenes satelitales, que determinan los cambios de cobertura desde la estimación de pérdida de terreno, hasta los cambios que sufren las coberturas vegetales como consecuencia de un terreno natural o de origen antrópico referentes a todas las unidades de un universo en un momento determinado.

Censo: Según la definición publicada en la página oficial del Departamento Administrativo Nacional de Estadística **DANE**, la cual, es la entidad responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales de Colombia, un censo es el conjunto de operaciones destinadas a recopilar, procesar, evaluar y publicar datos. La información que se recoge en un censo, está en función a las necesidades de planificación y a la ejecución de políticas y programas de desarrollo a nivel nacional, regional.

Los temas para investigarse en los censos son siempre de interés nacional, y se excluyen los referidos a problemas o fenómenos locales, institucionales o sectoriales. Asimismo, las variables deben ser de carácter estructural, es decir, aquellas que a corto plazo no experimentan cambios significativos.

Cobertura de la tierra; Se define como la “cobertura (bio) física que se observa sobre la superficie de la tierra” (Di Gregorio & Jansen, 2005).

Ampliando este término, es claro que no solo se refiere a la vegetación de cualquier tipo (parte biótica), sino también a coberturas con otras características como afloramientos rocosos y cuerpos de agua (parte física) (IDEAM, 2012).

Gestión del riesgo: Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible (Ley 1523 de 2012).

Indicadores, se refiere a datos cuantitativos sobre la característica de la que se habla, por lo que permite expresar la calidad de los valores sobre una característica. Los indicadores consisten en un grupo de variables que están combinados para dar una medida de nivel multidimensional. En este sentido, cada variable mide una dimensión diferente por lo que las medidas de fiabilidad de estas variables son relevantes o requieren de una interpretación distinta. La mayoría de los indicadores se construyen gracias a la recolección de variables provenientes de censos o registros administrativos. (Schoenbach, 1999).

Riesgo social: Se entiende como la posibilidad de que un individuo sufra un daño que tenga su origen en una causa social, por lo que las condiciones del entorno del individuo son relevantes para el nivel de riesgo social al que pueda estar sujeto. (Otto, Castelao, et al., 2014)

De modo que todas las condiciones económicas, falta de acceso a salud o educación, problemas familiares y hasta la contaminación ambiental son aspectos que podrían recaer en un riesgo social.

En este sentido, el enfoque permite ver al desastre como el resultado de que un conjunto de personas quede marginado de la sociedad. Si en una comunidad los niños no tienen acceso a las escuelas, dichos menores están en riesgo social: crecerán sin la formación necesaria para integrarse al mundo laboral y, por lo tanto, no tendrán la posibilidad de ganarse su sustento.

Riesgo de desastres: Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad (Ley 1523 de 2012).

Sistemas de Información Geográfica – S.I.G: Es "Un sistema computarizado para la captura, almacenamiento, recuperación, análisis y presentación de datos espaciales" (Clarke, 1986). "Un potente conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar a voluntad, transformar y presentar datos espaciales procedentes del mundo real" (Burrough, 1986). "Una tecnología de la información que almacena, analiza y presenta datos espaciales y no espaciales" (Nuñez, Definición y objetivos del SIG, 2001). "Un sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión." (Nuñez, 2001)

Sensores Remotos: Se refieren a los sistemas o instrumentos para captar información de un objeto a distancia, estos se pueden clasificar en pasivos y activos en función de la fuente de energía que detectan.

Los sensores pasivos registran la luz solar reflejada (ópticos) y la temperatura emitida (térmicos) de la superficie de la Tierra, cuando los sensores son activos transmiten sus propios pulsos de energía y miden el tiempo de propagación y la intensidad del pulso que se refleja desde la superficie de vuelta al sensor **Fuente especificada no válida.**

Los sensores pasivos se distribuyen en tres grupos diferentes, los fotográficos, los óptico-electrónicos y de antena. En el primer grupo están las cámaras fotográficas, en el segundo los exploradores de barrido, empuje y en el tercero los radiómetros de microondas. Cabe destacar que en el presente estudio se utilizó sensores de barrido, que según (Sanchez, 2019)

Los sensores de barrido tienen la capacidad de trabajar a la vez en diferentes porciones del espectro electromagnético, ello se consigue descomponiendo la energía electromagnética que llega de la superficie terrestre a través del espejo en varias longitudes de onda. De esta forma se obtiene sensores con sensibilidad multiespectral, lo cual significa que recogen simultáneamente datos de diferentes bandas espectrales, las mediciones sobre diferentes zonas del espectro electromagnético, aportan una amplia información sobre distintos aspectos del medio ambiente, por ejemplo, la zonas visibles e infrarrojas permiten determinar la salud de la cubierta vegetal (CNICE, S.f.).

De acuerdo a Rodríguez & Arredondo (2005) hablar de sensores remotos implica tener en cuenta la resolución de los mismos, lo que incluye 4 manifestaciones de esta, las cuales son resolución espacial referida al campo de visión de la vista, lo que implica al objeto más pequeño que se puede distinguir compuesto por píxeles, que es la unidad más pequeña representada en la imagen, los cuales representan parte de la superficie en observación.

La resolución espacial de un sensor, que hace referencia a la porción de la superficie terrestre de la cual obtiene información y se determina por: Campo de visión instantánea (IFOV), el campo de observación y pixel. En los sensores ópticos-electrónicos, se utiliza el concepto de IFOV (Instantaneous Field of View) para definir la resolución espacial, y esta depende de múltiples factores, como son la altura orbital, la velocidad de exploración o de barrido de un área y el número de detectores que contienen el sensor.

La resolución espectral que indica el número y anchura de bandas espectrales identificables por el sensor remoto; el ancho y espaciamiento de las longitudes de onda a lo largo del espectro electromagnético que el sensor remoto es capaz de identificar. Está relacionada directamente con las características del sensor y limitada por las zonas de absorción de la atmósfera. A mayor resolución espectral que posea un sensor, podrá discriminar mejor entre cubiertas, ya que éstas se comportan de manera distinta según la banda del espectro que se considere **Fuente especificada no válida.**

la resolución temporal que es la periodicidad con la que un sensor remoto proporciona cobertura sobre un punto, existen sensores que entregan información en muy corto tiempo, pero así mismo existen sensores como el Landsat que tarda 20 días en entregar lo obtenido.

La resolución radiométrica, que es la capacidad para detectar variaciones de radiancia espectral, el número máximo de niveles digitales se identifica con la resolución radiométrica, que se indica por la cantidad de niveles de gris captados, así mismo cada pixel de la imagen viene definido como un número entero (nivel digital) y es el que fácilmente puede ser traducido a escala de grises por cualquier convertidor analógico. Entre mayor sea la resolución radiométrica mejor podrá interpretarse la imagen (Rodríguez & Arredondo , 2005).

Vulnerabilidad, Según Blaikie (1996) hace referencia a las características de una persona o grupo de personas desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza. Implica también una combinación de factores que

determinan el grado hasta el cual la vida y la subsistencia de alguien queda en riesgo por un evento distinto e identificable de la naturaleza o de la sociedad.

Esta, puede ordenarse según su carácter técnico; factible de cuantificar en términos físicos y de carácter social que sólo puede valorarse cualitativamente y en forma relativa, debido a que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, etc.

Wilches (1993), afirma que la interacción de una serie de factores y características (internas y externas) que convergen en una comunidad particular es lo que “bloquea” o incapacita a la comunidad para responder adecuadamente ante la presencia de un riesgo determinado. A esta interacción de factores y características es lo que él llamó Vulnerabilidad Global, desagregó este fenómeno global en distintos ángulos (interconectados entre sí) a fin de poder estudiarlo, estos son conocidos como factores o dimensiones de la vulnerabilidad. Estos son: **vulnerabilidad natural, física, económica, vulnerabilidad Política, técnica, ideológica, cultural, educativa, ecológica, vulnerabilidad institucional y social.**

Vulnerabilidad Social, término vital para la presente investigación el cual se define como, el nivel de cohesión interna que posee una comunidad que sería socialmente vulnerable en la medida en que las relaciones que vinculan a sus miembros entre sí y con el conjunto social no pasen de ser meras relaciones de vecindad física.

Uno de los resultados de esta vulnerabilidad sería la ausencia de liderazgo en búsqueda de los intereses colectivos de la comunidad.

Ahora bien, de acuerdo a la Ley 1523 de 2012, la vulnerabilidad es la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden

ser afectados por eventos físicos peligrosos. De esta manera se rescata que el verdadero objeto de la gestión de riesgos de desastres es reducir el sufrimiento de la población.

Variabes Censales En estadística las variables son valores absolutos de ciertas características, es decir que dan cuenta de la cantidad de ocurrencias sobre la característica de la que se habla. Es decir, variables censales, se refiere a los valores absolutos atribuidos a ciertas características de la temática a censar.

Entonces, en el contexto de esta investigación, las variables censales serán aquellos datos recogidos en el Censo Nacional de Población y Vivienda, por ser valores absolutos a las características de la población y vivienda en el área de aplicación.

9. Marco legal

A continuación, se puede identificar la normativa encontrada en el país relacionada con aspectos de ordenación de cuencas hidrográficas, ordenación territorial y gestión del riesgo de desastres, lo cual resalta la importancia de generar un monitoreo del territorio que arroje información con el fin de tener un insumo que alimente los programas que propone la normativa nacional.

Ley 1523 de 2012: Política nacional para la gestión del riesgo de desastres, establece la integración de la gestión del riesgo de desastres en la planificación desarrollo territorial y en este sentido debe ser adelantada por los diferentes niveles de gobierno a través de sus instrumentos de planificación.

Artículo 39 de la Ley 1523 de 2012: Los programas y proyectos de los planes municipales para la gestión del riesgo de desastres se integren en los planes de ordenamiento territorial, de manejo de cuencas y de desarrollo departamental, distrital o municipal y demás herramientas de planificación del desarrollo, según sea el caso.

Artículo 40 de la Ley 1523 de 2012: Define la incorporación de las consideraciones sobre desarrollo seguro y sostenible derivadas de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y de desarrollo de distritos, áreas metropolitanas y municipios, a través de la integración de programas y proyectos prioritarios en términos de conocimientos, reducción y manejo de desastres

Ley 388 de 1997: Ordenamiento territorial municipal y distrital y planes de ordenamiento territorial.

Decreto 879 de 1998, Artículo 11: Reglamentación de planes de ordenamiento territorial.

Decreto 2857 de 1981: Ordenación y protección de cuencas hidrográficas.

10. Marco Referencial

Es de gran importancia destacar dentro de esta investigación los estudios multitemporales estos, se realizan con dos fines principales, por un lado hacer una reconstrucción de la variación estacional de la zona, y por otro hacer una detección de cambios (Chuvieco, 2002), el primer aspecto supone el uso de la dimensión temporal para mejorar la interpretación y obtener de resultado el desarrollo fenológico de las especies vegetales (seguimiento de las condiciones de un cultivo o estado de los embalses), en el segundo enfoque se pueden determinar cambios entre dos o más fechas alejadas en el tiempo, estudiando el dinamismo temporal de una determinada zona (crecimiento urbano, transformaciones agrícolas, obras de infraestructura, inundaciones, erupciones volcánicas, entre otros).

En este sentido se han generado variados estudios multitemporales, enfocados en el tema de la cobertura de la tierra liderados por diferentes entidades de orden nacional y mixtas, una de ellas es el Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales – IDEAM-, en la elaboración del mapa nacional de coberturas se utiliza la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, este proyecto inicio en el año 2000, con la elaboración del primer mapa nacional, y es coordinado por el Grupo interno de trabajo de Suelos y Tierras, adscrito a la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental del IDEAM.

Siguiendo el fin de este trabajo, dentro de las Metodologías para analizar la remoción en masa con el componente cobertura de la tierra Alcántara (2006), examinan en su estudio el movimiento de remoción en masa asociado con el cambio en el uso de la tierra, en particular la deforestación, la importancia de esta situación está relacionada con el grado de impacto que los deslizamientos pueden tener en los asentamientos humanos, las actividades económicas y los ecosistemas forestales. Con el apoyo de imágenes Landsat-5 (TM) y Landsat- 7 imágenes satelitales (ETM +) del periodo entre 1989 y 1999, respectivamente.

De manera que, el cambio de coberturas y uso del suelo es un proceso dinámico, originado por acción del hombre, que cada vez es más evidente en las cuencas hidrográficas, en áreas aledañas a las quebradas y ríos, así como en las partes altas de las montañas. Estos procesos de cambio son cada vez mayores y ocurren con rapidez, generando la pérdida de la cobertura boscosa y disminución en cantidad y calidad del recurso hídrico y suelo; afectando de esta manera a las comunidades que viven en las cuencas. En la zona andina y amazónica, los bosques nativos han sido sobrexplotados por los asentamientos poblacionales en las principales cuencas hidrográficas, donde se ha cambiado la vocación del suelo por otros no aconsejables ambientalmente (Corponariño, 2008).

A nivel Nacional el cambio de la cobertura terrestre es uno de los factores cruciales que influyen no solo en el proceso natural de deslizamiento de tierra, sino también en la distribución espacial de los elementos en riesgo. Por lo tanto, la evaluación del riesgo de deslizamientos pasados y futuros a escalas regionales implica el análisis multitemporal de la cobertura terrestre. Los métodos aplicados incluyen el análisis de ortofotografías y modelado de escenarios de cobertura. (Muñoz, et al., 2009).

A nivel Local en el estudio denominado “Análisis multitemporal de cambios de uso del suelo y coberturas, en la microcuenca Las Minas, corregimiento de La Laguna, municipio de Pasto, departamento de Nariño” (Muñoz, et al., 2009) encontraron como resultado los cambios claros en el desarrollo de la cobertura terrestre, incluidos los cambios espaciales en la distribución de los elementos en riesgo. El análisis espacial también indicó el desarrollo de nuevas áreas de construcción y, en consecuencia, posibles zonas de riesgo potencial de deslizamiento de tierras. (Promper, et al., 2014).

En consecuencia, con el análisis de vulnerabilidad social, dicho anteriormente se busca identificar los factores de fondo y factores institucionales que podrían estar vinculados con los componentes específicos de la vulnerabilidad, donde se sugiere la construcción de indicadores

con base en información obtenida de censos o encuestas para elaborar posteriormente caracterizaciones territoriales.

Un caso de medición es la de Perona (2001) donde propone el análisis de vulnerabilidad social como una herramienta para una mayor aproximación a la diversidad de situaciones a las que se enfrentan los que de una u otra manera son partícipes de algún tipo de privación, es decir define la vulnerabilidad como una condición de riesgo vinculada con la pobreza y la marginación.

Su propuesta de trabajar la vulnerabilidad social es analizando las diferencias de mayor o menor grado de fragilidad y de riesgo de las unidades familiares en diferentes ámbitos. Las dimensiones propuestas corresponden a dimensiones de habitacionalidad, sociodemografía.

Por su parte Serrano (1998) desarrolla una propuesta de medición de vulnerabilidad basándose en el capital humano (educación, salud y trabajo), capital social (redes familiares y amistades) y vivienda (características).

De manera que, en términos generales, el concepto de vulnerabilidad social se encuentra relacionado a la probabilidad de que una población sufra contingencias en su cotidianidad tras la ocurrencia de un evento fortuito que conlleve a disminuir su bienestar (Otto, et al., 2014). En consecuencia, la vulnerabilidad tendría que concebir en sí misma las distintas dimensiones que involucran al bienestar de las personas tales como: considerando aspectos cuantificables como calificables.

Por consiguiente, a nivel Internacional en la Tesis de investigación de Perú “Análisis de Vulnerabilidad frente al peligro de huaycos en la Quebrada Corrales – Chosica” el autor define que la vulnerabilidad social es el grado de propensión de una comunidad de responder ante situaciones de desastre, ello depende de cómo esté organizada la población, de su percepción del riesgo y de la eficiencia en la gestión de las autoridades. Ante esto, para el

proceso de análisis de los aspectos sociales de la vulnerabilidad utiliza como variable las actividades que realizan las asociaciones según el grado de mayor o menor concentración que tienen en su área de estudio.

Así mismo dentro del trabajo denominado “Análisis de la vulnerabilidad social en Colombia de los hogares acompañados por la Estrategia Unidos (2021 - 2019)” El autor realiza un análisis de la vulnerabilidad social de los hogares colombianos acompañados por la Estrategia Unidos bajo la perspectiva del desarrollo humano. Se usaron para este propósito los registros consolidados 2008 – 2021, así como los datos disponibles en el tablero de control de la Estrategia Unidos 2021-2019 donde la principal conclusión indica que la vulnerabilidad social es un concepto que debe considerarse de manera multidimensional.

11. Metodología

El presente estudio pertenece a la línea de investigación de Gestión del riesgo de desastres, de la especialización en Prevención reducción y atención de desastres de la Universidad Católica de Manizales. De acuerdo con el tipo de Investigación esta es aplicada-descriptiva, porque depende de conocimientos y metodologías previas que tienen que ver con la aplicación de herramientas en SIG para la generación de nuevo conocimiento en un espacio y tiempo determinado.

Las metodologías implementadas sirvieron para comprobar las dinámicas en el cambio de cobertura de la Tierra y evaluar la vulnerabilidad social de las veredas: Cariaco Alto, Cariaco Bajo, Josepe, Alto de Bomboná, y parte de las veredas Santa Inés, San Rafael, así como la ciudadela de Bombona; correspondientes al área de influencia de la microcuenca Río Cariaco, del Municipio de Consacá, departamento de Nariño.

Esta investigación es de tipo cualitativo-cuantitativo, haciendo uso de información relacionada con magnitudes numéricas tratadas en el campo de la estadística, pero a la vez se hace necesario la interpretación análisis, y observación para la construcción de conocimiento que no pueden ser captados desde a estadística y la matemática.

Se utilizaron las herramientas competentes dentro del software especializado ArcGis para la construcción y análisis de información espacial, para visualizar la transformación del espacio geográfico valiéndose de datos geoestadísticos para una mayor comprensión de los datos espaciales.

Para la clasificación y análisis de la cobertura de la tierra se utilizará la Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, posteriormente se usarán indicadores para establecer el proceso de evaluación de vulnerabilidad social (Metodología basada en índices

con pesos ponderados), lo que permite expresar la magnitud de los valores sobre una determinada característica.

En consecuencia, el presente Proyecto se desarrolló varias actividades que lograron cumplir los objetivos propuestos:

Actividades: análisis multitemporal de cobertura de la tierra.

1.Revisión de información documental.

Para la identificación del cambio multitemporal en la cobertura de la tierra, se realizó una búsqueda de información secundaria, y revisión del “Esquema de ordenamiento territorial municipio de Consacá” para el periodo 2001 – 2003, seguido del “Esquema de ordenamiento territorial Municipio de Consacá” año 2007. Simultáneamente se realizó la misma identificación para “El Esquema de Ordenamiento territorial municipio de Consacá 2014”, y el “Plan de desarrollo territorial” periodo 2016 – 2019.

Por último, se investigó en el documento “Gestión local para la conservación del recurso hídrico e incorporación de medidas de adaptación y mitigación al cambio climático en la microcuenca río Cariaco Zona de influencia Santuario de Flora y Fauna Galeras”.

2. Revisión de información cartográfica

Se obtuvo la información de diferentes entes gubernamentales vía internet, como cartografía digital del Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC), cartografía digital del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

3.Revisión de productos derivados de sensores remotos

Para la identificación de las coberturas de la tierra, se realizó una búsqueda de imágenes satelitales en la página web del “Servicio Geológico de Estados Unidos” (USGS Earth

Explorer) , institución que permite descargar imágenes de forma ofreciendo una disposición de imágenes Landsat 7 con 10 bandas y Landsat 8 con 12 Bandas.

Se seleccionó dos imágenes satelitales correspondientes a los años 2002 y 2021, teniendo en cuenta que estas tengan un cubrimiento total de área de estudio y no presenten nubosidad.

Posteriormente se hizo la corrección de imágenes Landsat, aplicando la Orto rectificación de desplazamiento y la corrección topográfica, debido a que las imágenes satelitales presentaron imperfecciones en el sensor o variaciones topográficas y alteraciones respecto a la curvatura de la tierra. Se procedió a aplicar orto rectificación y corrección de distorsiones geométricas y de escalas inherentes en las dos imágenes satelitales.

4. Procesamiento digital de imágenes satelitales

Se procesó las imágenes satelitales Landsat 7 (2002) y Landsat 8 (2021), mediante el software especializado ArcGIS realizando la *composición de bandas* (1 a 7) con la herramienta “Image Analysis”, en la cual se agregó cada una de las bandas.

5. Extracción de la Cuenca

Para la extracción de la cuenca hidrográfica se estableció el área por medio de información cartográfica digital ya obtenida, utilizando la herramienta “Extract by mask” en ArGis.

6. Combinación de bandas

Para el caso de las imágenes satelitales Landsat 7 se realizó la combinación de bandas RGB 4-5-3 que de acuerdo a (Jimenez, 2016) esta combinación, con una banda en la región visible y dos en la del infrarrojo, permite una diferenciación de la vegetación en tonos marrones, verdes y amarillos, esta combinación realza las diferencias de humedad y es usada para el análisis de vegetación. Así mismo para las imágenes de Landsat 8 son las bandas RGB 6-5-4

7. Clasificación Supervisada

La clasificación de una imagen hace referencia a la tarea de extraer clases de información de una imagen ráster multibanda.

Se procedió a la creación de un “shapefile” entendido este como “Un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos” (Mundo GIS, s.f), luego se asignó puntos de control para cada tipo de “cobertura” (clases), basándose en el color y reflectancia que emiten los pixeles de las imágenes satelitales Landsat (figura 6), tomando como soporte el manual escrito por Rosales (2013), el cual proporcionó bases para identificar coberturas como cultivos, bosques, pastos entre otras como se muestra en las figuras 7 y 11.

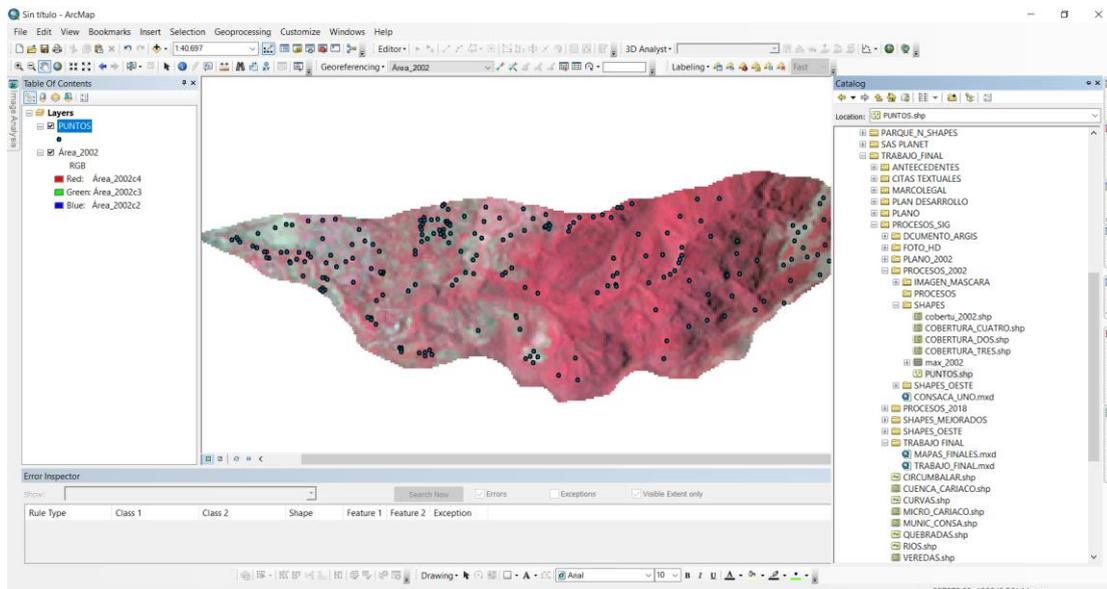


Figura 2. Puntos de control sobre la imagen satelital.

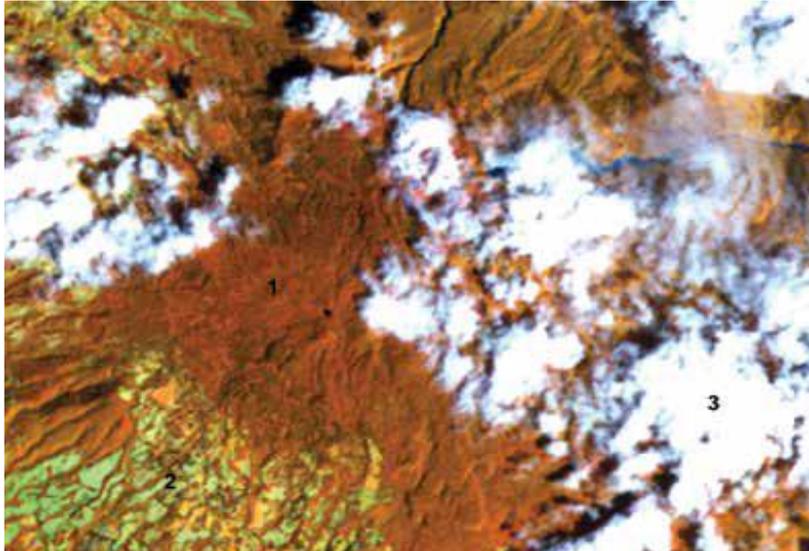


Figura 3. Ejemplo de bosque natural denso (1), pasturas con espacios naturales (2) sobre una imagen satelital.

Fuente: **Fuente especificada no válida..**

Se utilizó el Shape file de puntos de control por cada tipo de cobertura y la imagen satelital para crear una firma espectral, utilizando la herramienta “Create Signature”. Con la firma ya creada se usó la función “Maximum likelihood classification”, un proceso sistematizado que “ejecuta una clasificación de máxima verosimilitud sobre un conjunto de bandas de ráster y crea un ráster clasificado como salida” Environmental Systems Research Institute, (2016).

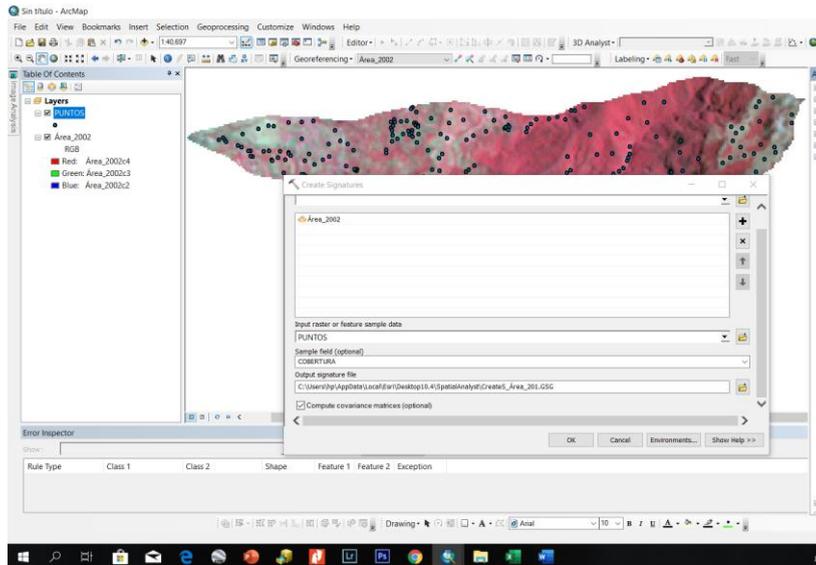


Figura 4. Herramienta “Create Signatures”.

En los campos requeridos por esta herramienta utilizaremos la imagen compuesta y los puntos de control ya creados para crear la firma espectral.

La clasificación parte del supuesto de que los valores de reflectividad en cada una de las clases siguen una distribución de probabilidad normal multivariante, para estimar la probabilidad de que un pixel dado pertenezca a cada una de las clases (Del Toro, et al., 2015). En síntesis, lo que hace es agrupar los pixeles para cada clase que fue determinada en la firma espectral. En este paso se asignó 8 categorías basadas en la información obtenida del área de estudio y cruzándola con la metodología de clasificación Corine Land Cover adaptada para Colombia.

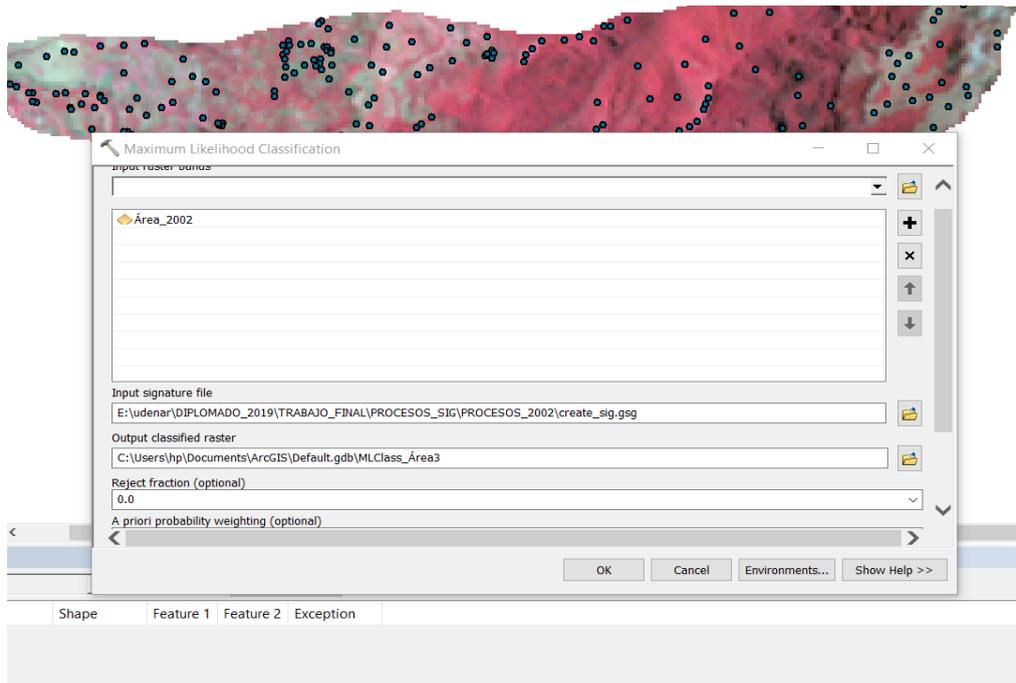


Figura 5. Herramienta de clasificación por máxima verosimilitud.

Para la clasificación supervisada se utilizó la imagen ráster compuesta y la firma espectral creada.

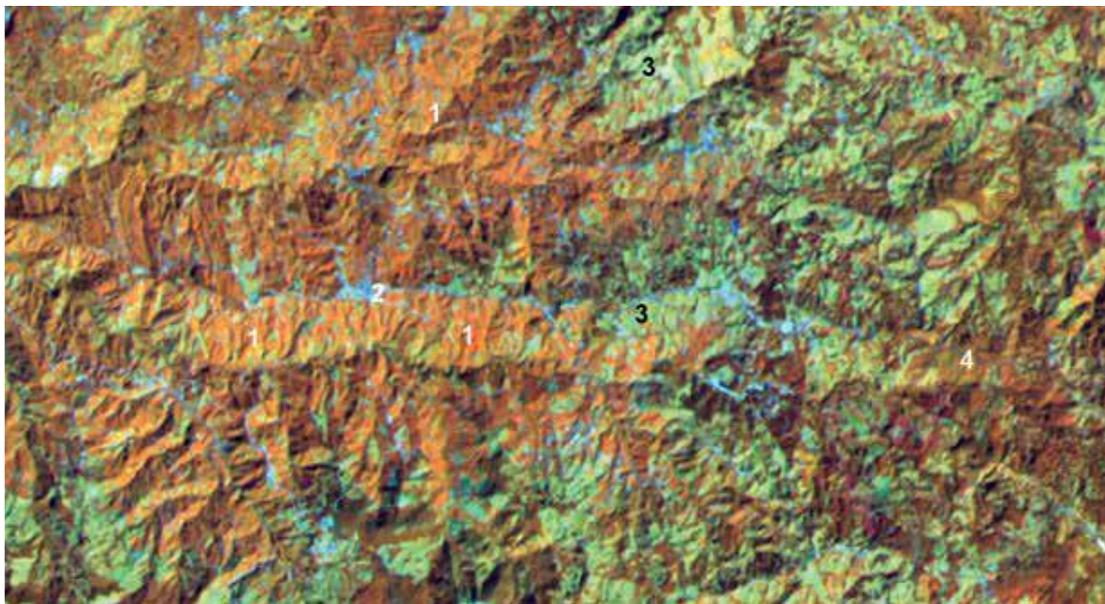


Figura 6. Ejemplo colores del café (1), Tejido urbano discontinuo (2) y Bosque (4).

Se utilizó esta referencia para determinar las tonalidades de diferentes coberturas y poder identificarlas en las imágenes de la presente investigación. Fuente: **Fuente especificada no válida.**

En cuanto a la metodología para evaluar la vulnerabilidad social se hace necesario distinguir las variables censales según las “temáticas” en que están consideradas para posteriormente compararse entre ellas, de esta manera se busca establecer indicadores a los cuales se les puede aplicar criterios de comparación para establecer preferencias entre ellos (Schkolnik, 2010). En la Figura 7 se indica el procedimiento metodológico usado para la evaluación de la vulnerabilidad social.

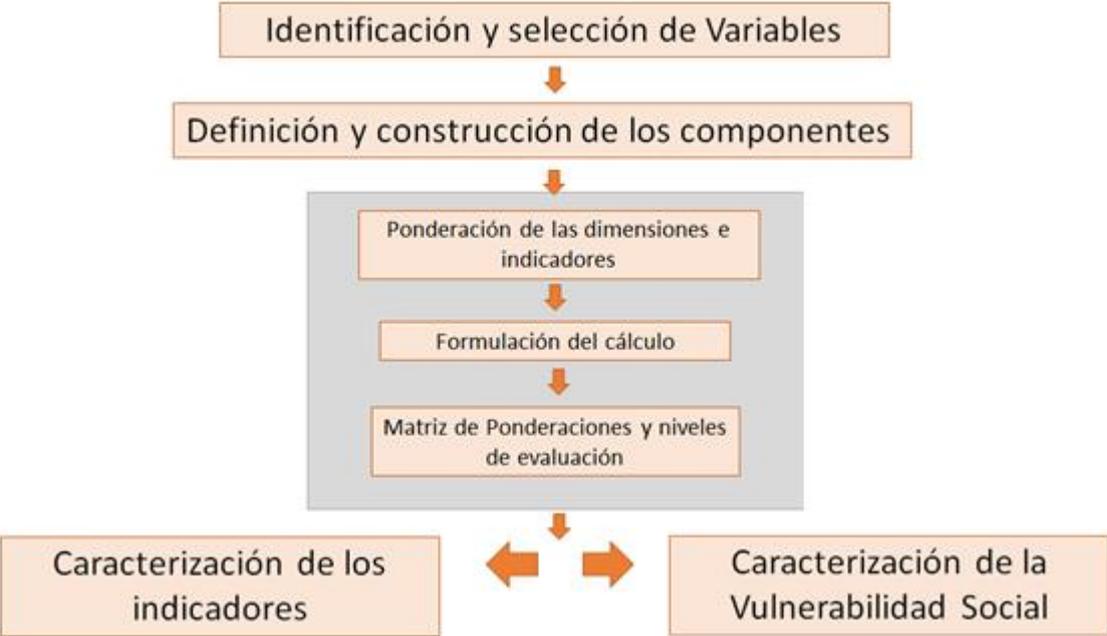


Figura 7. Procedimiento metodológico para la evaluación de la Vulnerabilidad Social

12. Resultados

A continuación, se encuentran los resultados obtenidos de la aplicación de cada actividad de la metodología.

Mediante la revisión de la información documental se realizó un aporte teórico general del área de estudio, en la que se determinó actividades económicas destacándose la actividad agrícola (cultivos de café caña, frutales, entre otros). Además, se identificó áreas naturales como bosques achaparrados, pajonales, relictos de bosques etc; permitiendo, realizar una estimación inicial de las coberturas con las cuales se trabajó la clasificación. Así mismo la revisión de información cartográfica permitió la georreferenciación espacial de la microcuenca río Cariaco; su área, hidrografía, y límites administrativos veredales, para la elaboración del mapa base.

Posteriormente como resultado del procesamiento digital de imágenes satelitales se obtuvo imágenes para el año 2002 del sensor remoto Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus), operado por la NASA (National Space and Space Administration) compuestas por 8 bandas espectrales. Para el año 2021 se adquirió productos del sensor Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission) que contiene 11 bandas con resolución de 30 metros. Para ambos casos las bandas pueden ser combinadas de distintas formas obteniendo variadas composiciones de color u opciones de procesamiento (Tabla 3).

Tabla 3. Metadatos rescatados de las imágenes satelitales adquiridas del servicio geológico de los Estados Unidos (USGS Earth explorer).

Metadatos imagen satelital 2002

<u>GROUP =</u>	<u>LANDSAT SCE</u>	<u>EPHEMERIS EPO</u>	<u>EPHEMERIS EP</u>	<u>EPHEMERIS EPOC</u>	<u>NUMBER OF</u>
	<u>NE_ID =</u>	<u>CH_YEAR</u>	<u>OCH_DAY</u>	<u>H_SECONDS =</u>	<u>POINTS</u>
FILE_HE	"LE700905920022	2002	255	54444.000000	29
ADER	55EDC00"				

Metadatos imagen satelital 2021

<u>GROUP =</u>	<u>LANDSAT SCE</u>	<u>EPHEMERIS EPO</u>	<u>EPHEMERIS EP</u>	<u>EPHEMERIS EPOC</u>	<u>NUMBER OF</u>
	<u>NE_ID =</u>	<u>CH_YEAR</u>	<u>OCH_DAY</u>	<u>H_SECONDS</u>	<u>POINTS</u>
FILE_HE	"LE700905920022	2021	042	55517.716064	54
ADER	55EDC00"				

Después, al realizar la corrección de las imágenes Landsat, aplicando la Orto rectificación de desplazamiento y la corrección topográfica, se consiguió una imagen a escala con exactitud cartográfica. Al hacer el procesamiento de las imágenes digitales y la combinación de bandas se consiguió un archivo temporal con la imagen compuesta (RGB), que al exportarse como archivo Raster conllevó a obtener un resultado de mejor manejo (Figura 8).

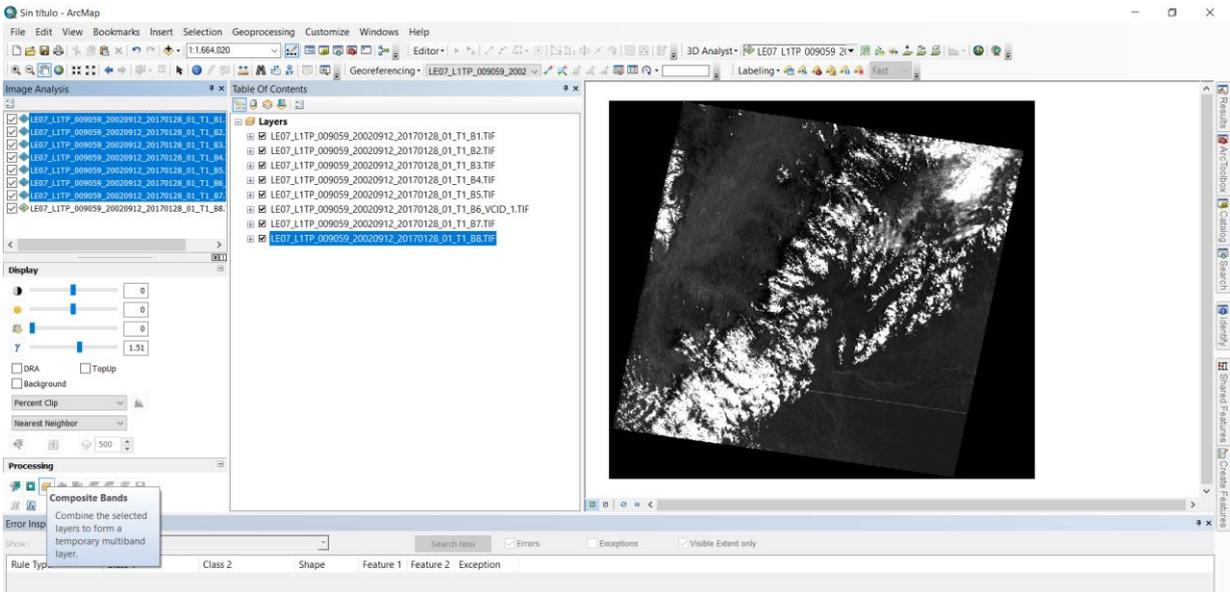


Figura 8. Composición de bandas 1 a 7 mediante “Image Analysis”. Proceso realizado en esta investigación

Al extraer la cuenca hidrográfica se obtuvo la zona de ésta en la imagen satelital para cada año respectivo (Figura 9).

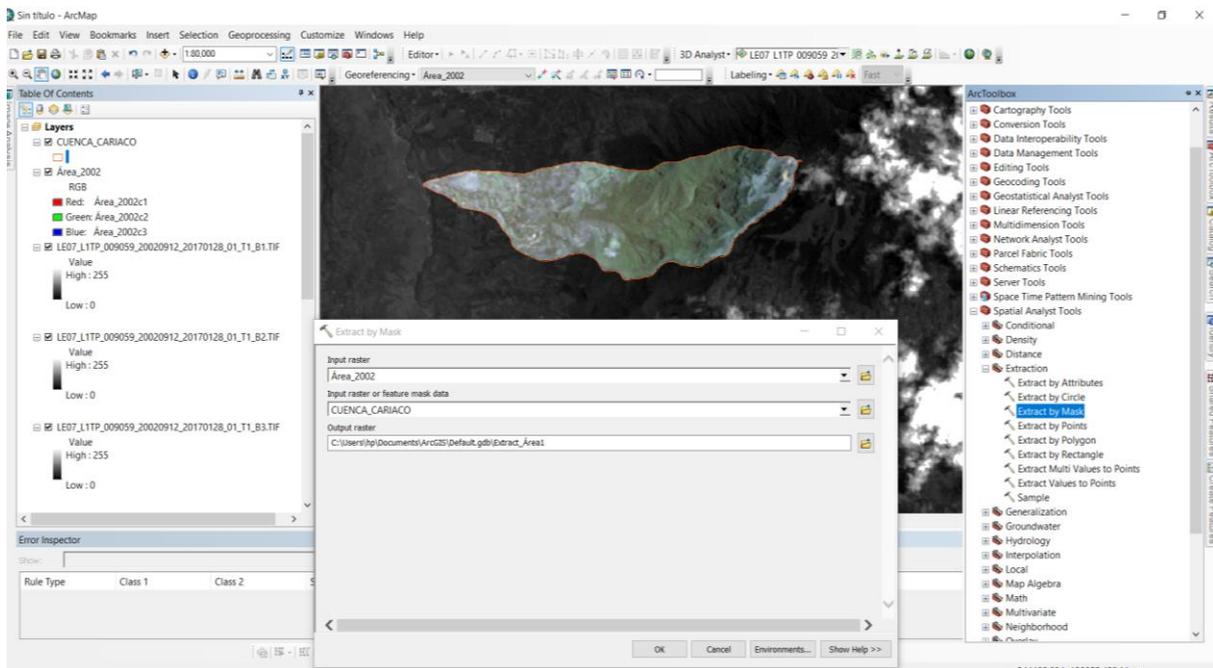


Figura 9. Área de la cuenca extraída de las imágenes satelitales, resultado obtenido mediante el uso de la herramienta “extract by mask”

En este estudio se utilizó la combinación de bandas que permitió identificar vegetación y diferentes tipos de cultivos con las cuales se generó una imagen que permitió realizar el análisis de la vegetación presente en la zona de estudio.

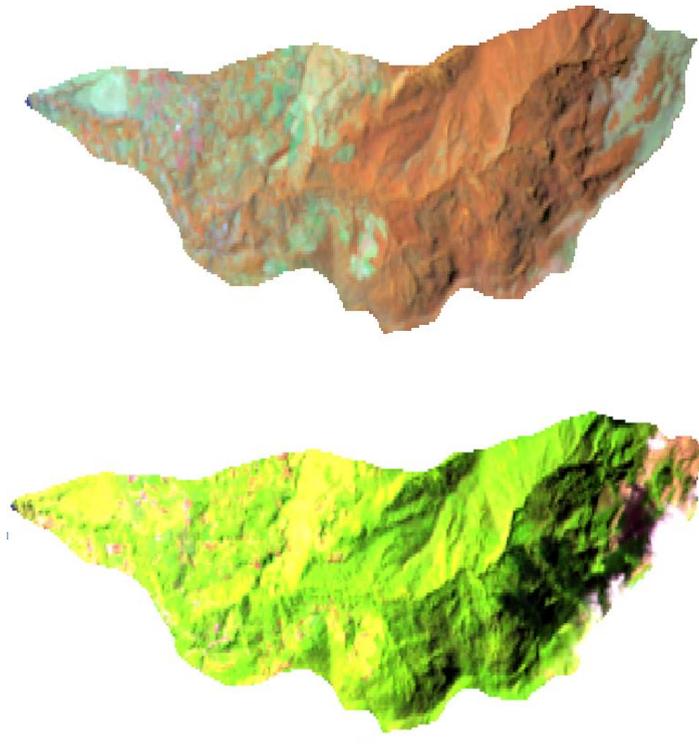


Figura 10. Arriba Imagen Landsat 7 Con Combinación RGB 4-5-3 y abajo imagen Landsat 8 con RGB 6-5-4.

En la figura 10 se observa una gama de colores, donde cada tonalidad representa un tipo de cobertura. Para este estudio se tuvo en cuenta otras combinaciones de bandas, esto con el fin de hacer comparaciones y mejorar la precisión de la clasificación, se usó la combinación RGB 4-3-2 en Landsat 8 (color natural) la cual se aproxima al color real de las coberturas ante la vista humana (Franco, 2017). Para Landsat 7 se utilizó la combinación RGB 3-2-1 semejante a los colores reales de la cobertura (Figura 11).

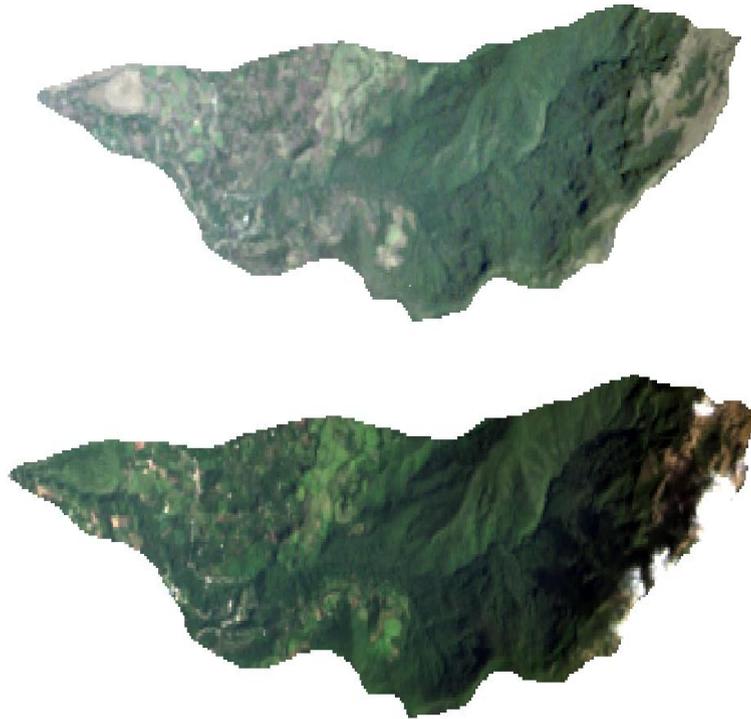


Figura 11. Imagen Landsat 7 (2002) arriba, combinación RGB 3-2-1 y Landsat 8 (2021) abajo con RGB 4-3-

Fuente: Este estudio.

Al realizar la clasificación supervisada el ráster resultante se utilizó para la elaboración del mapa temático de la cobertura de la tierra, la clasificación supervisada utilizó firmas espectrales obtenidas de las muestras de capacitación para clasificar una imagen con ayuda del analista. La Figura 16 muestra el Ráster producto de la clasificación supervisada, donde se puede observar las clases que la herramienta identifica, basándose en las firmas espectrales.

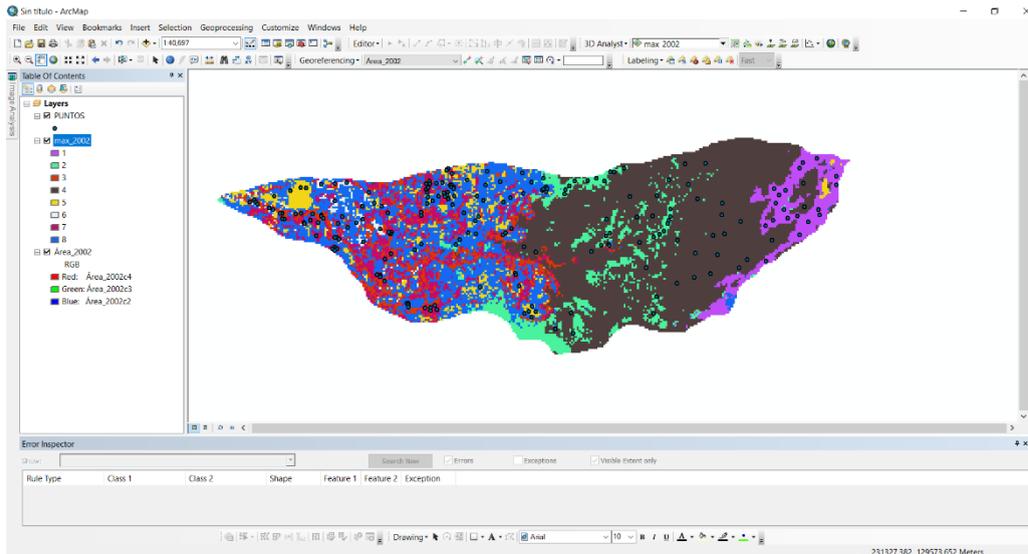


Figura 12. Resultado de la clasificación por máxima verosimilitud (Clasificación supervisada).

Fuente: Este estudio.

Finalmente, la generación de productos cartográficos se obtuvo al establecer la clasificación supervisada de las imágenes, facilitando el establecimiento de las categorías, sin embargo, sectores del área de estudio presentaban sombras y nubosidad, para ello se revisó herramientas como Google Earth para su identificación. En adelante las imágenes se procesan y se codifican, realizando su conversión de ráster a polígono (Figuras 13 y 14).

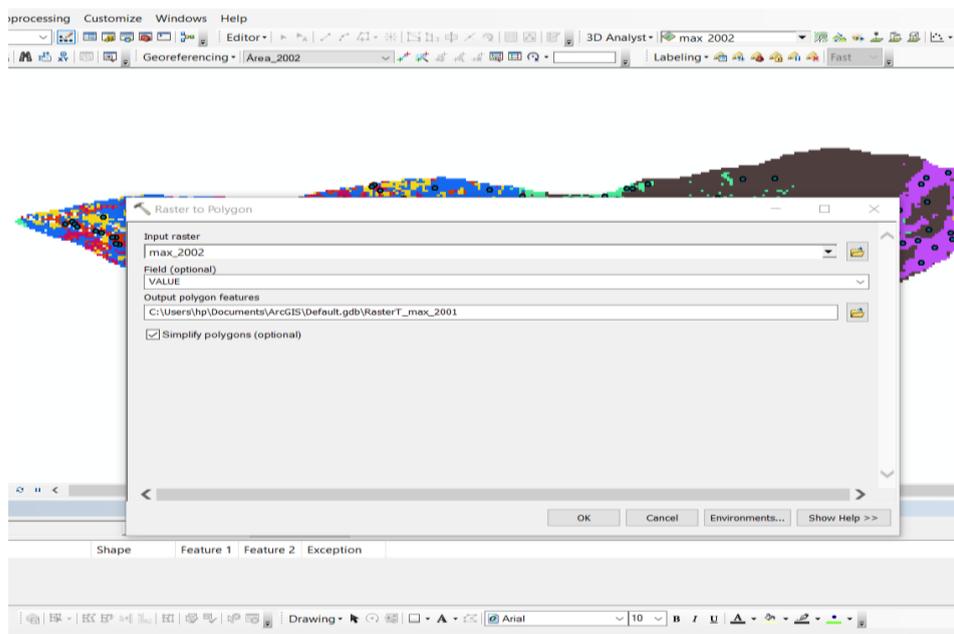


Figura 13. Herramienta en ArcGIS para convertir ráster a polígono.

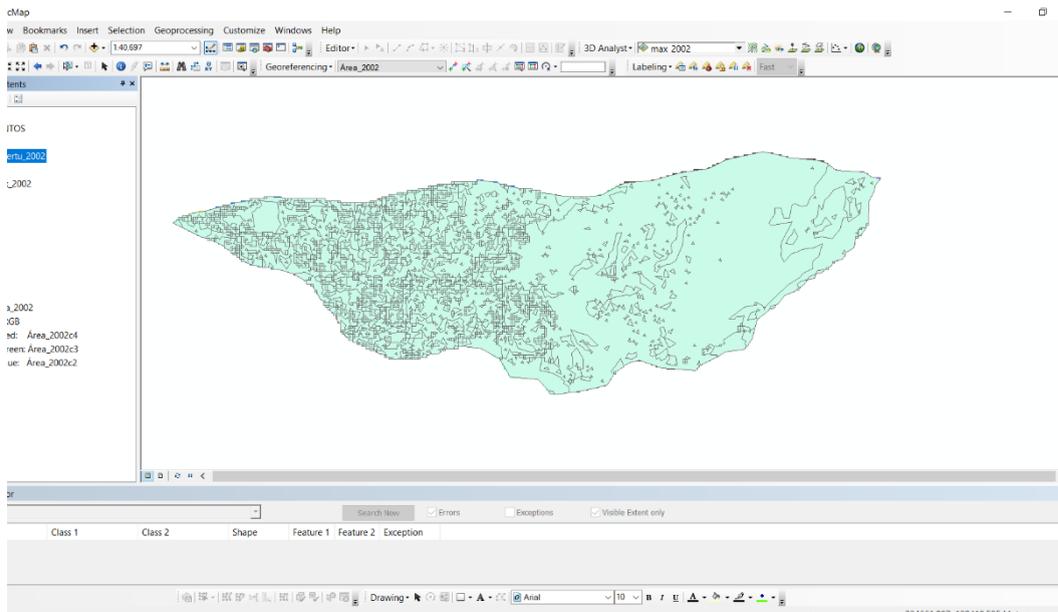


Figura 14. Resultado de la conversión de ráster a polígono.

Fuente: Este estudio.

Posteriormente se realizó la identificación de los polígonos resultantes, teniendo en cuenta la clasificación de la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100000, en donde de acuerdo a la escala manejada en este estudio se trabajó con la unidad mínima de mapeo de 6.54 hectáreas.

Con lo antepuesto en algunas coberturas se llegó hasta el nivel 4, sin embargo, con el apoyo de imágenes satelitales de Google Earth, especialmente para el año 2021, se rectificó coberturas que generaban dudas o errores en el momento del procesamiento de clasificación supervisada.

Antes de hacer la clasificación, se revisó los polígonos ya referenciados de cada cobertura, seguidamente se depuró áreas extremadamente reducidas, haciendo una generalización de acuerdo a la unidad mínima de mapeo, la cual “permite lograr coherencia en la representación espacial y eficiencia en la lectura y utilidad del mapa en formato impreso” (Beltran, 2012). Este proceso se lo hizo mediante selección por atributos, eligiendo polígonos menores a 6.5 hectáreas y luego utilizando la herramienta para eliminar en ArcGIS (Eliminate) (Figura 15).

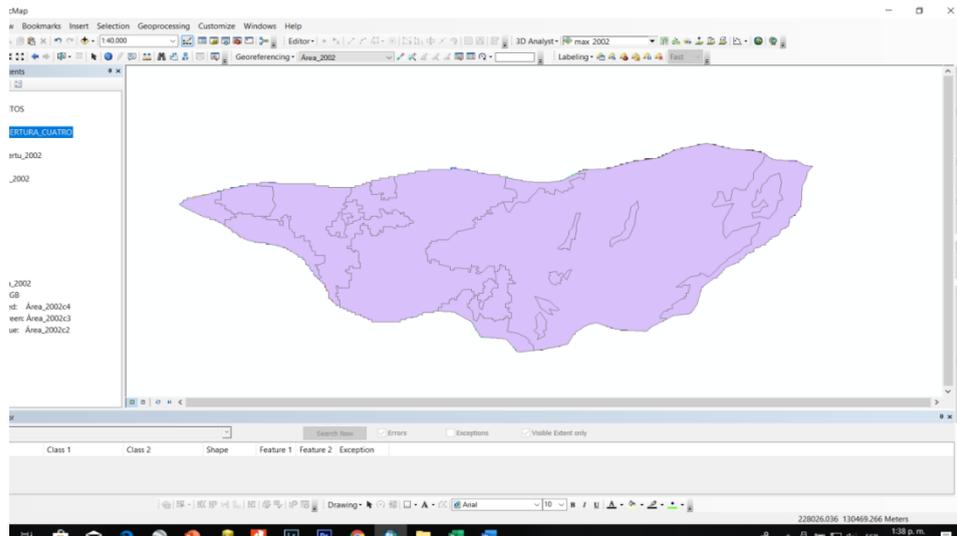


Figura 15. Producto Obtenido De La Herramienta Eliminate. El uso de esta herramienta permitió borrar aquellos polígonos que estaban por debajo de la unidad mínima de mapeo.

Con el Shape file de polígonos creado se revisó los tipos de cobertura que se encuentran en la siguiente tabla. La descripción de cada cobertura referenciada en el nivel 4 según la metodología Corine Land Cover, se muestra en la Tabla 4. Esta información fue agregada a la tabla de atributos del polígono correspondiente (Tabla 4).

Tabla 4. Clasificación de cobertura en base a la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia.

Clasificación de cobertura metodología Corine Land Cover			
<u>Nivel 1</u>	<u>Nivel 2</u>	<u>Nivel 3</u>	<u>Nivel 4</u>
Territorios agrícolas	Cultivos permanentes	Cultivos permanentes herbáceos	Caña
		Cultivos permanentes arbustivos	Café
	Pastos	Pastos limpios	-
	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de cultivos con espacios naturales	-
Bosques y áreas seminaturales	Bosques	Bosque denso	-
		Bosque fragmentado	-
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Herbazal	Herbazal denso
		Arbustal	Arbustal denso

Fuente: IDEAM, (2010)

Se debe tener en cuenta que la escala de trabajo de la microcuenca equivale a 1:50.000 por lo tanto la manifestación de las coberturas se las trabajo con la unidad mínima de mapeo de 6.54 hectáreas, se realizó la simbología por colores de las dos imágenes adquiriendo homogenización en sus coberturas, las cuales pudiesen evidenciar los respectivos cambios en la cobertura (Figura 16).

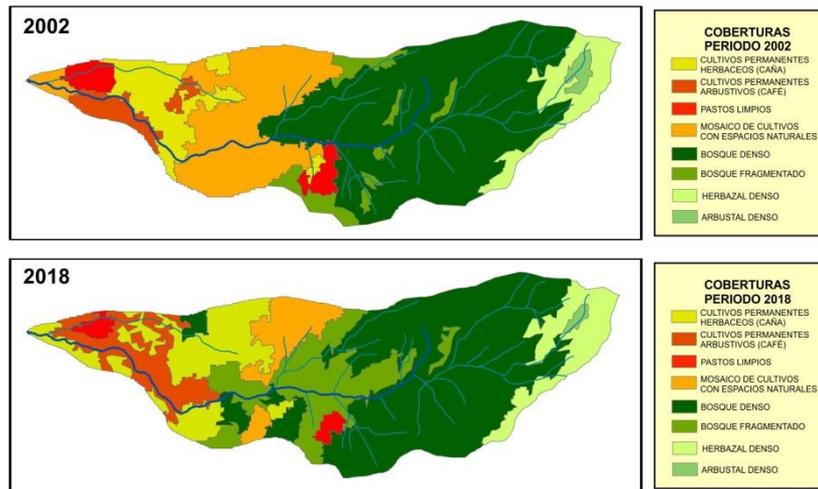


Figura 16. Polígonos representativos de coberturas identificadas, años 2002 y 2021.

Fuente: Esta Investigación.

Una vez establecida la simbología se rectificó con la cartografía base y se incorporó datos gráficos mediante digitalización, además, se ajustó errores de topología que pudiesen alterar el resultado en la información métrica.

Para la Identificación de los cambios de la cobertura de la Tierra en la Microcuenca Río Cariaco se tuvo en cuenta los mapas generados, haciendo un cruce de información contenida en las tablas de atributos correspondientes tanto al área, como al tipo de cobertura existente. La herramienta principal que se utilizó en esta fase fue “Union” del software ArcGIS, esta lo que hace es crear un nuevo shapefile que contiene la cobertura de salida con los polígonos y atributos combinados de ambos años (2002 y 2021) (Figuras 17 y 18).

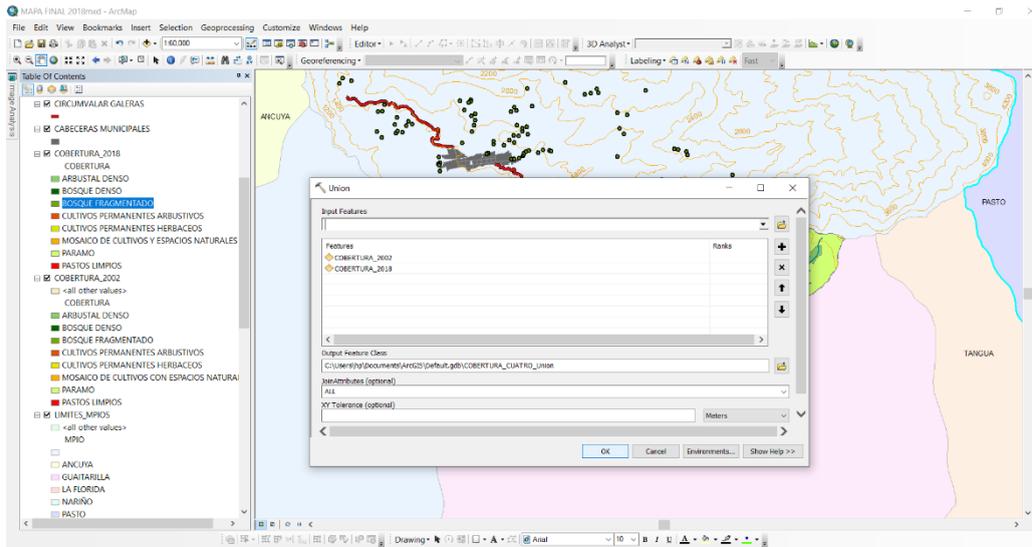


Figura 17. Herramienta “Union” en ArcGIS.

ID	GRIDCODE	COBERTURA	COBERTUR_1	AREA	ORDEN	AÑO	FID_COBE_1
6	0	BOSQUE DENSO	BOSQUE DENSO	0	1	2002	4
6	0	PASTOS LIMPIOS	PASTOS LIMPIOS	0	1	2002	4
6	0	BOSQUE FRAGMENTADO	BOSQUE FRAGMENTADO	0	1	2002	4
6	0	MOSAICO DE CULTIVOS Y ESPACIOS NATURALES	MOSAICO DE CULTIVOS Y ESPACIOS NATURALES	0	1	2002	4
2036	2	ARBUSTAL DENSO	PARAMO	36.520633	2	2002	6
2036	2	ARBUSTAL DENSO	BOSQUE DENSO	26.520633	2	2002	3
2036	2	ARBUSTAL DENSO	ARBUSTAL DENSO	26.520633	2	2002	7
2036	2	BOSQUE DENSO	PARAMO	978.614125	2	2002	-1
2036	2	BOSQUE DENSO	BOSQUE DENSO	978.614125	2	2002	6
2036	2	BOSQUE DENSO	CULTIVOS PERMANENTES HERBACEOS	978.614125	2	2002	1
2036	2	BOSQUE DENSO	BOSQUE FRAGMENTADO	978.614125	2	2002	4
2036	2	BOSQUE DENSO	PASTOS LIMPIOS	978.614125	2	2002	2
2036	2	BOSQUE DENSO	BOSQUE FRAGMENTADO	978.614125	2	2002	6
576	4	BOSQUE FRAGMENTADO	MOSAICO DE CULTIVOS Y ESPACIOS NATURALES	96.943442	3	2002	-1
576	4	BOSQUE FRAGMENTADO	BOSQUE DENSO	96.943442	3	2002	3
576	4	BOSQUE FRAGMENTADO	BOSQUE FRAGMENTADO	96.943442	3	2002	6
576	4	BOSQUE FRAGMENTADO	MOSAICO DE CULTIVOS Y ESPACIOS NATURALES	96.943442	3	2002	6
1423	5	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	CULTIVOS PERMANENTES HERBACEOS	73.026332	6	2002	-1
1423	5	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	73.026332	6	2002	1
1423	5	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	73.026332	6	2002	2
1423	5	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	BOSQUE DENSO	73.026332	6	2002	3
313	7	CULTIVOS PERMANENTES HERBACEOS	CULTIVOS PERMANENTES HERBACEOS	183.844367	7	2002	-1
313	7	CULTIVOS PERMANENTES HERBACEOS	CULTIVOS PERMANENTES HERBACEOS	183.844367	7	2002	1
313	7	CULTIVOS PERMANENTES HERBACEOS	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	183.844367	7	2002	2
313	7	CULTIVOS PERMANENTES HERBACEOS	BOSQUE DENSO	183.844367	7	2002	3
313	7	CULTIVOS PERMANENTES HERBACEOS	PASTOS LIMPIOS	183.844367	7	2002	4
313	7	CULTIVOS PERMANENTES HERBACEOS	BOSQUE FRAGMENTADO	183.844367	7	2002	6
1341	8	MOSAICO DE CULTIVOS Y ESPACIOS NATURALES	BOSQUE FRAGMENTADO	476.614684	8	2002	-1

Figura 18. Tabla de atributos resultado de la herramienta “Unión”.

Después se identificó las filas donde se encuentran las coberturas de la tierra y se estableció los cambios que presentaron en cada una de ellas (Figura 19).

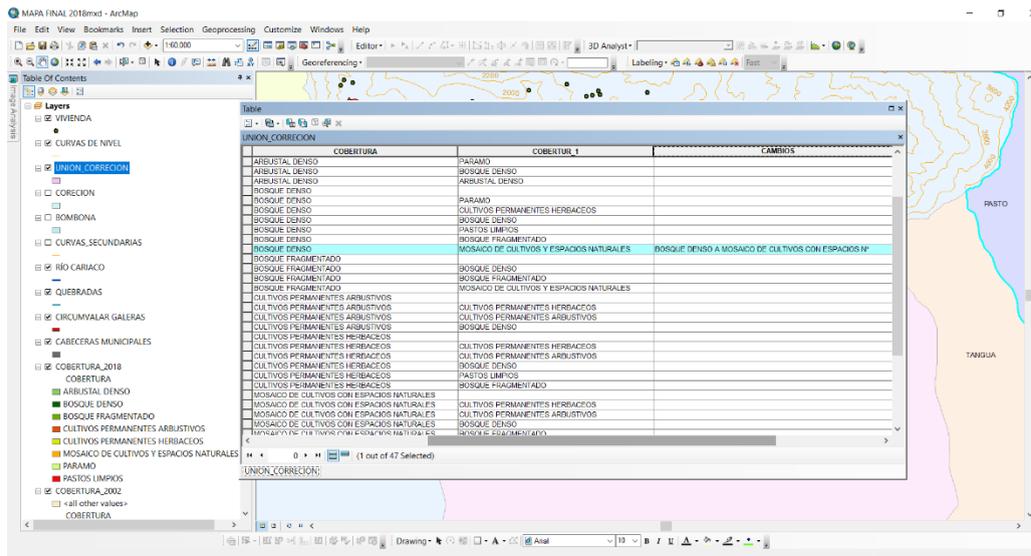


Figura 19. Cambios identificables en tabla de atributos.

Se realizó la simbología por colores de las dos imágenes adquiriendo homogenización en sus coberturas, las cuales pudiesen evidenciar los respectivos cambios en la cobertura.

Finalmente, para realizar la cartografía se depuró los polígonos que no presentaron cambio alguno y se incluyó en el mapa solo aquellas zonas que presentaron cambios significativos.

Con la cartografía final e información de coberturas para los años 2002 y 2021 ya establecida con 8 categorías, cada una clasificada mediante la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, y la información de área en hectáreas, se exportó la información de la tabla de atributos al software Microsoft Excel, mediante el cual se realizó los respectivos gráficos de comparación. Por consiguiente, se agrupa y organiza toda la información obtenida de acuerdo al objeto de investigación.

Posteriormente se realizará el análisis pertinente, que consistirá en comparar e interrelacionar los diferentes datos cobertura de la tierra, de esta manera identificar aquellos cambios que lograron marcar una diferencia en la cobertura de la tierra en el periodo de estudio.

En consecuencia, continuando con los resultados de la implementación de la metodología para establecer el Índice de Vulnerabilidad social en las veredas en el área de estudio fueron:

Al obtener el cálculo de cada uno de los pesos ponderados para cada criterio para la zona de las veredas, correspondiente a Cariaco Alto, Cariaco Bajo, Josepe, Alto de Bomboná, y parte de las veredas Santa Inés, San Rafael, así como la ciudadela de Bombona dentro de la Jurisdicción del corregimiento de Cariaco se identifica de acuerdo a la información conseguida para identificar cual es el nivel mínimo IVS (limite inferior) y el nivel máximo IVS (limite superior), de esta forma se obtiene el rango en que se encuentran los valores.

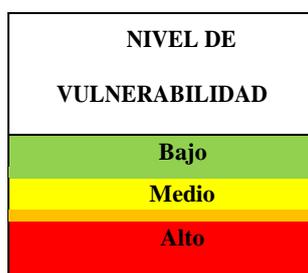
Valor máximo	
IVS	3.45
Valor mínimo	
IVS	1.45

Este rango anteriormente descrito, se utiliza para conocer la diferencia numérica entre ellos, lo cual se divide en tres (categorías) para clasificar los IVS (índice de vulnerabilidad social) de cada territorio.

diferencia MAX-MIN	Tres niveles
2	0.67

Baja		Media		Alta	
Rango 1		Rango 2		Rango 3	
1.65	2.18	2.18	2.72	2.72	3.25

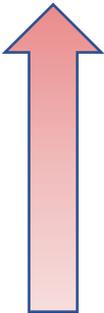
Seguidamente la caracterización de los niveles de vulnerabilidad se encuentra intrínsecamente ligados a la cantidad de población que está afectada por la vulnerabilidad social. Así pues, con el uso de los sistemas de información geográfica, estos se clasifican mediante los datos obtenidos en cuartiles a fin de obtener cuatro niveles, valorándolos así: Bajo, Medio y Alto.



Y finalmente la cartografía resultante es la caracterización o representación de cada indicador evaluado, su objetivo permite observar directamente los niveles de vulnerabilidad asignados a sus valores obtenidos. En la siguiente tabla se encuentran, en resumen, los valores obtenidos tras el cálculo por indicador realizado, y su clasificación para su respectiva caracterización (Tabla 5)

Tabla 5. Rangos del IVS obtenidos en este estudio para cada vereda.

	VEREDA	IVS	CATEGORIA
	CARIACO BAJO	2.80	Alta
	CIUDADELA DE BOMBONÁ	2.70	Media
	SAN RAFAEL	2.65	Media
	CARIACO ALTO	2.50	Media
	ALTO BOMBONÁ	2.45	Media
	SANTA INES	2.45	Media
	JOSEPE	2.20	Media



13. Análisis

Unidades de cobertura identificadas

Con base en la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100000 se identificaron diferentes unidades de cobertura en el área de la microcuenca río Cariaco. A continuación se describe las características y la ubicación espacial en la microcuenca río Cariaco de cada una de ellas.

Categoría Bosques y áreas seminaturales

Bosque Denso.

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IDEAM, 2010).

En este estudio se identificó esta cobertura hacia el occidente, en la parte alta de la cuenca, correspondiente principalmente a bosque altoandino que cubre una buena parte de esta, haciendo parte del Santuario de Flora y fauna Galeras. Según las comunidades vegetales compuesta por árboles entre los 4 y 10 m de altura, con predominio de amarillos (*Miconiasp*), mortiños (*Hesperomelessp*), alisos (*Alnusjorulensis*) y canchos (*Brunellia tomentosa*); en sectores del bosque forman un dosel superior entretejido por las ramas de los maderables (Bolaños, et al., 2015).

Bosque fragmentado.

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre 5% y 30% del área total

de la unidad de bosque natural. Se encuentra en la parte media-alta de la cuenca, hacia el occidente, según imágenes satelitales de Google Earth para el 2021 se pueden identificar áreas con vegetación en regeneración, esta categoría de cobertura no fue establecida como nivel cuatro en la cartografía, sin embargo, es importante resaltar este aspecto como insumo para el análisis.

Herbazal Denso.

Herbazal denso Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original ni sus características funcionales (IDEAM, 2010). Esta clase de cobertura se presenta hacia el occidente, en la parte alta de la cuenca, se expresa en ecosistemas de paramo y subpáramo conteniendo frailejones y pajonales.

Arbustal Denso.

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, el cual representa más de 70% del área total de la unidad. La unidad puede contener elementos arbóreos dispersos. Este tipo de cobertura se encuentra en la parte alta de la cuenca, hacia el occidente junto a los ecosistemas de paramo.

Territorios agrícolas.

Cultivos permanentes herbáceos.

Cobertura compuesta principalmente por cultivos permanentes de hábito herbáceo como caña de azúcar y panelera, plátano, banano y tabaco. Las herbáceas son plantas que no presentan órganos leñosos, son verdes y con ciclo de vida vegetativo anual. Estos cultivos los

encontramos en la parte media baja de la cuenca, expresados específicamente en cultivos de caña panelera.

Cultivos permanentes arbustivos.

Coberturas permanentes ocupadas principalmente por cultivos de hábito arbustivo como café, cacao o coca. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAO, 2001). El café representa esta unidad en la microcuenca río Cariaco y se ubica en la parte media-baja de la misma.

Pastos Limpios.

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70 %. En Colombia, se encuentran coberturas de pastos limpios asociadas a una amplia variedad de relieves y climas, con un desarrollo condicionado principalmente a las prácticas de manejo utilizadas según el nivel tecnológico disponible o las costumbres de cada región en particular. Este tipo de cobertura la encontramos en la parte sur y noroccidental de la cuenca (zona media-baja).

Mosaico de cultivos con espacios naturales.

Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o riparios, vegetación secundaria o en transición y otras áreas no intervenidas o poco transformadas (IDEAM, 2010). Esta unidad se ubica en la parte media de la microcuenca río Cariaco.

Cartografía temática de coberturas de la tierra año 2002 y 2021

Con la identificación de coberturas mediante la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, se obtuvo cartografía temática con 8 categorías para cada año (ver anexos A y B), cada una con su respectiva nomenclatura, así mismo sus atributos nos brindan información del área en hectáreas. También se elaboró el mapa final de cambio de coberturas (ver anexo C). La Tabla 6 muestra los datos resultantes.

Tabla 6. Distribución en área de las coberturas de la tierra año 2002.

Cobertura de la tierra para el año 2002					
<u>Nivel 1</u>	<u>Nivel 2</u>	<u>Nivel 3</u>	<u>Nivel 4</u>	<u>Área (Has.)</u>	<u>%</u>
Territorios agrícolas	Cultivos permanentes	Cultivos permanentes herbáceos	Café	183.94	9.18
		Cultivos permanentes arbustivos	Caña	73.03	3.64
	Pastos	Pastos limpios	-	69.99	3.49
	Área agrícolas heterogéneas	Mosaico de cultivos y espacios naturales	-	445.65	22.23
Bosques y áreas seminaturales	Bosques	Bosque denso	-	978.61	48.81
		Bosque fragmentado	-	96.94	4.84
Área con vegetación herbácea y/o arbustiva		Herbazal	Herbazal denso	135.66	6.77
		Arbustal	Arbustal denso	20.92	1.04
				2004.74	100

Fuente: Este estudio

Tabla 7. Distribución en área de las coberturas de la tierra año 2021

Cobertura de la tierra para el año 2021					
<u>Nivel 1</u>	<u>Nivel 2</u>	<u>Nivel 3</u>	<u>Nivel 4</u>	<u>Área</u> <u>(Has.)</u>	<u>%</u>
Territorios agrícolas	Cultivos permanentes	Cultivos permanentes herbáceos	Café	279.35	13.9
		Cultivos permanentes arbustivos	Caña	167.19	8.34
	Pastos	Pastos limpios	-	37.04	1.85
	Área agrícolas heterogéneas	Mosaico de cultivos y espacios naturales	-	128.26	6.40
Bosques y áreas seminaturales	Bosques	Bosque denso	-	919.14	45.8
		Bosque fragmentado	-	304.05	15.1
	Área con vegetación herbácea y/o arbustiva	Herbazal	Herbaza densa	160.49	8.01
		Arbustal	Arbustal denso	9.23	0.46
				2004.74	100

Fuente: Este estudio

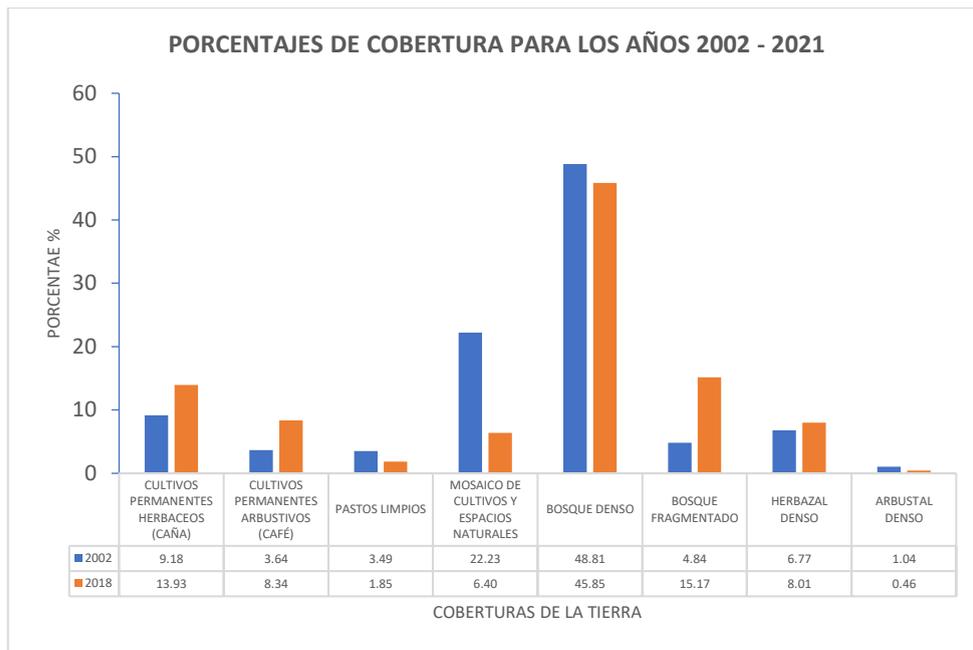


Figura 20. Gráfico comparativo de la distribución de coberturas de la tierra años 2002 - 2021.

Con los resultados (cartografía final e información de coberturas para los años 2002 y 2021), se hace una interpretación de los cambios presentes en estas coberturas, teniendo en cuenta los datos de porcentajes de área establecidos para cada una de ellas, en la microcuenca río Cariaco (Figura 20).

Iniciando con el año 2002 se encontró que la mayor área en hectáreas la compone el bosque denso, con casi la mitad del tamaño total de la cuenca (48.815%), y corresponde principalmente a selva altoandina o bosque altoandino, es de anotar que gran parte de esta cobertura en la cuenca pertenece al santuario de Flora y Fauna Galeras y su zona de amortiguamiento. En este orden encontramos que la cobertura siguiente de mayor tamaño es el “mosaico de cultivos con espacios naturales” ocupando un 22.23% del área de la cuenca, aquí se evidencian cultivos de caña, café, maíz entre otros, que se intercalan con áreas de bosques riparios, estos últimos no identificados en la clasificación supervisada debido a las limitantes que el software presenta.

En los cultivos permanentes se destacan los herbáceos (caña panelera) y arbustivos (café) representando el 12.82% de la cuenca, cabe resaltar que este porcentaje fue el único cartografiable, ya que como se estimó anteriormente, estos cultivos también se distribuyen en la cobertura de mosaico de cultivos con espacios naturales. La zona de paramo también es importante y ocupa un 6.77% para este año. Por último, tenemos los pastos limpios con un 3.49%, y el arbustal denso con una pequeña porción del área de la cuenca (1.04%).

Para el año 2021 se observa que continúa el dominio en área por parte del “Bosque Denso”, que ocupa un 46.30% del total de la cuenca, seguido por el bosque fragmentado. Así mismo los cultivos permanentes se destacan ocupando el 22,27% del área total de la cuenca.

El mosaico de cultivos con espacios naturales termina ocupando apenas un 6.40%, y los pastos limpios son quienes tienen menor participación con un 1.85%.

La categoría de territorios agrícolas presenta gran variabilidad, especialmente en su distribución, ya que para el año 2002 se evidencia más la cobertura de “mosaico de cultivos con espacios naturales” seguido por cultivos permanentes herbáceos, cultivos permanentes arbustivos y pastos limpios, con lo antepuesto para el año 2021 se establece un nuevo orden en estas coberturas, quedando en primer plano los cultivos permanentes herbáceos pasando de 183.9has. (2002) a 279.4has. (2021), seguidos por los cultivos permanentes arbustivos que pasaron de cubrir 73Has a 167Has, quedando en tercer lugar el “mosaico de cultivos con espacios naturales” con una gran disminución empezando en 2002 con un área de 445.6Has a 128.3Has. para el año 2021.

Por su parte los pastos limpios tuvieron una disminución drástica cambiando de 70Has. en 2002 a 37Has. en 2021. Lo previamente expuesto nos demuestra un crecimiento de la cobertura continua de cultivos permanentes, tomando áreas que para el año 2002 pudieron ser de espacios naturales o pastos limpios.

Posteriormente se inicia a analizar la vulnerabilidad social en el área de influencia de la Microcuenca del río Cariaco (Figura 21).

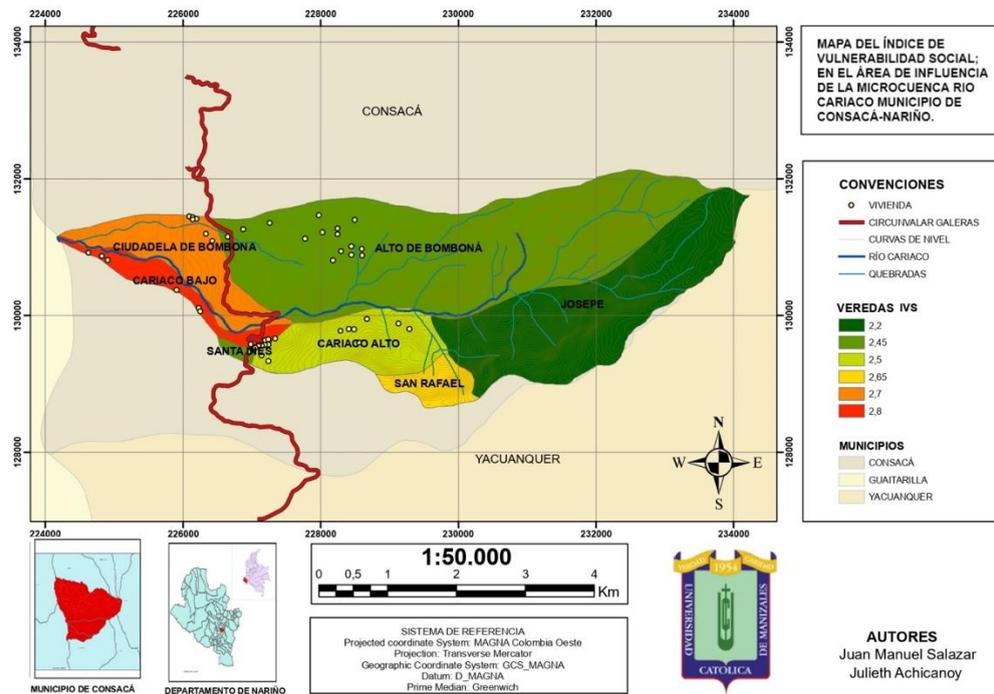


Figura 21. Distribución espacial del IVS en la microcuenca del río Cariaco.

De acuerdo al cálculo de los índices de vulnerabilidad social realizada en el presente informe se encontró que el valor mínimo es 1.45 y el valor máximo es de 3.45; en ese orden de ideas se encuentran la vereda Josepe, con un IVS relativamente bajo, pues aunque es la vereda con menor índice de Vulnerabilidad Social, está por encima en 0.75 del límite inferior, lo cual de todas maneras es de tener en cuenta. Pasando al otro extremo se encuentra a Cariaco Bajo, la cual es la vereda con el IVS más alto, con un valor de 2.8 el cual ubica a dicha vereda con en la parte más alta de los índices de vulnerabilidad social, siendo así Cariaco Bajo la vereda más susceptible de acuerdo a los criterios seleccionados para el presente estudio. Ciudadela de Bombona es una vereda que por sus condiciones (criterios de estudio) se encuentra en un segundo lugar de acuerdo a su índice de vulnerabilidad social, cuyo IVS es de 2.7. Es importante tener muy presente que no necesariamente la cercanía de la

vereda con el río Cariaco es sinónimo de vulnerabilidad social, como lo podemos ver en el caso de San Rafael, la cual está más retirada que Cariaco Alto al afluente, pero calculando el IVS, San Rafael (IVS=2.65) supera tanto a Cariaco Alto (IVS=2.45) como a Alto de Bombona (IVS=2.5) (Figura 22).

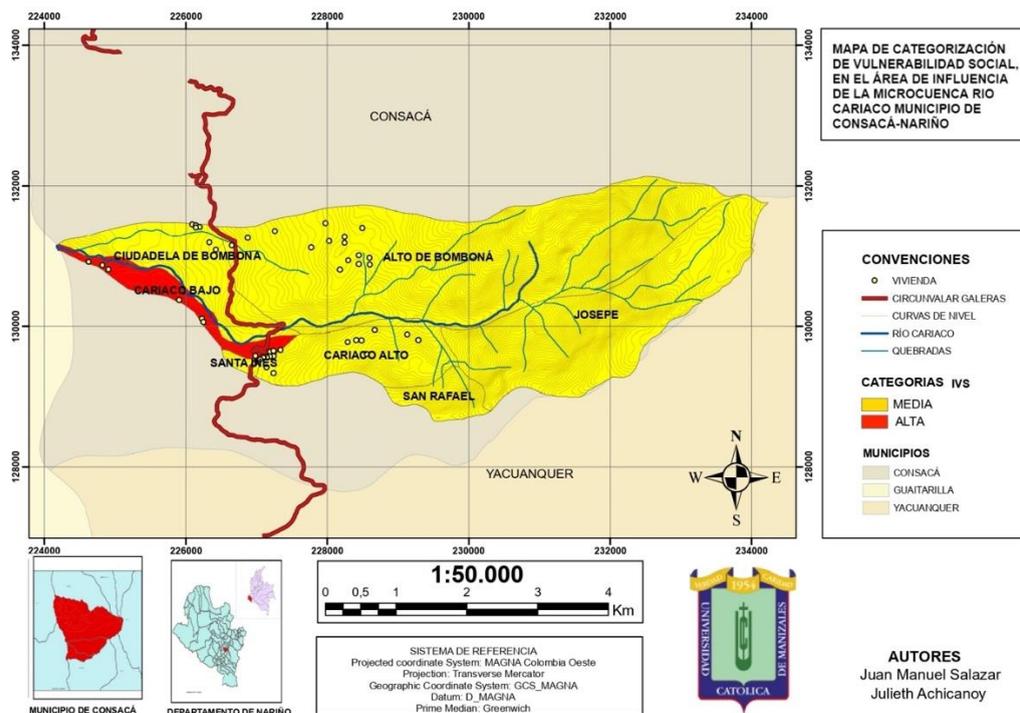


Figura 22. Mapa de niveles de vulnerabilidad social en la microcuenca del río Cariaco.

Este tipo de mapas son de gran importancia para zonificar y analizar, en este caso por categorías la vulnerabilidad social de las veredas a nivel veredal, de la microcuenca, río Cariaco, municipio de Consacá, departamento de Nariño. Las cuales para el presente estudio se clasificaron en tres niveles (Baja, Media y Alta), aun que como resultado se obtiene que ninguna de las veredas se encuentra en categoría baja frente a la vulnerabilidad social, en contraste con eso se observa que Cariaco Bajo esta categorizado como Alta y el resto de las veredas están en categoría Media (Figura 22).

Este estudio se pone a disposición de todos los entes y organismos públicos y privados, esperando que pueda ayudar en la toma de decisiones con el propósito de gestionar el riesgo, mejorar las condiciones y así contribuir al bienestar de la comunidad.

14. Recomendaciones

Se recomienda brindar un mayor control en la ejecución de políticas normas y leyes especialmente para protección de la cobertura de Bosque denso, teniendo en cuenta que esta evidencia un grado elevado en su transformación a bosque fragmentado.

Es necesario articular a los entes territoriales y la academia para realizar estudios en una escala con mayor detalle, que identifiquen principalmente las zonas de interés en donde se promueva el cuidado y estimulen la toma de decisiones en pro de la conservación ambiental.

Es preciso establecer una articulación de planes programas y proyectos por parte de la alcaldía enfocada en la prevención y protección los cuales puedan mitigar los impactos negativos, así como la transformación paisajística.

Se recomienda a todos las entidades estatales y competentes den a conocer de manera prioritaria a las veredas que son objeto de este estudio los hallazgos con el fin de dar a conocer el riesgo por medio de la vulnerabilidad social, y de esta forma buscar alternativas de reubicación de las familias.

Es de prioridad que la oficina de Gestión de Riesgos de Desastres, la alcaldía y demás entes las condiciones de los terrenos para tomar acciones de mitigación que tengan como objetivo salvar vidas

Por último, se ve la necesidad de incluir a las comunidades asentadas en la microcuenca río Cariaco, en conversatorios orientados a incentivar la conciencia ambiental, para así proteger los recursos naturales de los que depende su desarrollo y calidad de vida.

15. Conclusiones

El uso de las herramientas de los SIG y la teledetección fueron los principales insumos en el desarrollo de este trabajo, ya que hicieron posible la identificación y clasificación de las coberturas de la tierra, generando información de gran utilidad, que da a conocer procesos de cambio sobre las mismas, resultando un insumo útil para estimar tendencias de transformación.

El estado ambiental de la microcuenca río Cariaco está condicionado por los cambios de las diferentes coberturas generado por parte de los habitantes de la zona, debido por una tendencia a la expansión de la frontera agrícola hacia la parte media – alta de la cuenca, consecuencia del aumento de cultivos permanentes, lo que se evidencia en la transformación de bosque denso a bosque fragmentado

La construcción de los indicadores se representa a través de la Matriz Relacional de Variables, la cual demuestra la pertinencia de cada variable en el cálculo de los indicadores. Además de establecer las fórmulas de cálculo se estableció las implicancias teóricas que representa cada indicador para la evaluación de la vulnerabilidad social.

La caracterización de los indicadores en mapas temáticos permitió una mejor observación de la distribución espacial de los menores o altos niveles de vulnerabilidad. La localización de la población más vulnerable es un dato necesario para ubicar y dimensionar los medios y recursos a gestionar para disminuir su vulnerabilidad.

Siendo los objetivos de desarrollo sostenible parte de la estrategia de las naciones unidas para lograr transformar nuestro mundo: la agenda 2030 para el desarrollo sostenible, es de gran importancia el compromiso de todos los entes territoriales, propender para que los habitantes tengan una mejor calidad de vida, por eso consideramos que el estudio realizado puede ser de gran ayuda a las entidades gubernamentales competentes.

16. Bibliografía

- Pineda, A., & Delgado, M. (2012). Diagnostico ambiental de alternativas de ordenacion y manejo de la microcuenca del rio Cariaco, municipio de Consaca, Nariño. San Juan de Pasto.
- Di Gregorio, A., & Jansen, L. (2005). Land Cover Classification System: Classification concepts and user manual. 2a ed. Roma.
- IDEAM. (2012). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado el 11 de 13 de 2019, de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>
- Environmental Systems Research Institute. (2016). ArcGis for desktop. Recuperado el 12 de 10 de 2019, de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-maximum-likelihood-classification-works.htm>
- Jimenez, I. (20 de Marzo de 2016). Combinación RGB con bandas del satélite Landsat 5 y 7 . Recuperado el 10 de 10 de 2019, de <https://www.hidraulicafacil.com/2016/03/Com.Landsat7.html>
- Franco, R. (2017). Composiciones Landsat en ArcGis - Guia Basica. Recuperado el 11 de 10 de 2019, de <https://mixdyr.wordpress.com/2017/06/30/composiciones-landsat-en-arcgis/>
- Mundo GIS. (s.f). ¿Que es un shapefile? Recuperado el 10 de 10 de 2019, de Mundo GIS - ArcGIS: https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fbit.ly%2F31ltw7e&h=AT0xGx7ekTSMxeuP0bU36CKdxQQ4pAfRxGi9ub53z5zjU_oobu3ddfJQZClk-aiV3t8kjPdJgDdLDgG3a8ft6ipKy0W64fA9DA-o8zEHSfWzmpMeMCoxHr3yLlkq8LVCgeaTKpna_g
- Del Toro, N., Gomariz, F., Cánovas, F., & Sarria, A. (2015). Comparación de métodos de clasificación de imágenes de satélite en la cuenca del río argos (región de murcia). Boletín de la Asociación de geógrafos españoles , 327-347.
- IDEAM. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogota D.C.
- Bolaños, C., Dorado, N., Guerre, F., Del Pilar, G., Katherin, M., Meneses, J., . . . Zambrano, E. (2015). Diagnostico Territorial Consaca - Documento tecnico de soporte. Consaca.
- FAO. (2001). Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentacion - Situacion de los bosques del mundo. Roma.
- Gomez, F. (1992). Los sistemas de información geográfica, su importancia y su utilidad en los estudios medioambientales.

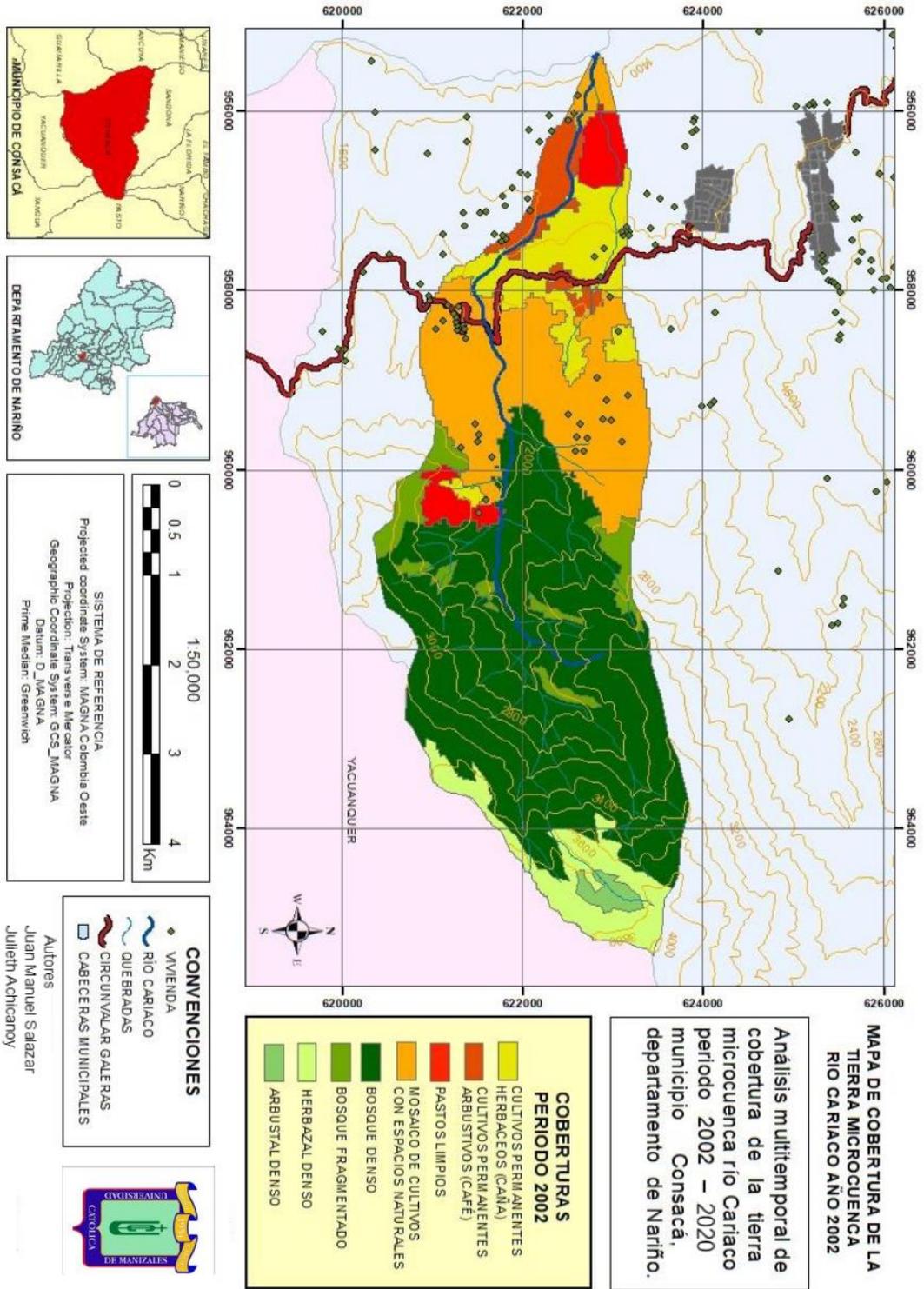
- Guerrero, G., & Ortega, D. (2012). Estudio del cambio de la cobertura vegetal en el área de influencia occidental del parque nacional natural (PNN) complejo volcánico Doña Juana - Cascabel periodo 1989-2011.
- Bolaños, E., Dorado, A., Guerrero, M., & Guzmán, V. (s.f.). Diagnóstico Territorial Consaca - Documento técnico de soporte. Consaca.
- Lavell, A. (1994). Comunidades urbanas, vulnerabilidad a desastres y opciones de prevención y mitigación: Una propuesta de investigación - acción para Centroamérica.
- Cannon, T. (2006). Análisis de la vulnerabilidad, los medios de vida y desastres. Tecnología y sociedad.
- Herzer, H., & Federovisky, S. (1994). Las políticas municipales y las inundaciones en Buenos Aires. Revista semestral de la Red de Estudios Sociales en Prevención de desastres en América Latina.
- Chuvieco, E. (2002). Teledetección Ambiental. Barcelona: RIALP, S.A.
- Otto, T., Castela, M. E., Massot, J. M., & Eriz, M. (2014). Riesgo social: Medición de la vulnerabilidad en grupos focalizados. Cuadernos del CIMBAGE.
- Clarke, E. (1986). Automatic verification of finite-state concurrent systems using temporal logic specifications. 244 - 263.
- Burrough, P. (1986). Principios de geografía. Sistemas de información para la evaluación de los recursos de la tierra. Oxford: Clarendon Press.
- Nuñez, A. (2001). Definición y objetivos del SIG. Papers de la Càtedra Unesco.
- Alcántara, I., Chávez, E., & Parrot, J. F. (2006). Landsliding related to land-cover change: A diachronic analysis of hillslope instability distribution in the Sierra Norte, Puebla, Mexico. Catena, 152 -165.
- Muñoz, D., Rodríguez, M., & Romero, M. (2009). Análisis multitemporal de cambios de uso del suelo y coberturas, en la microcuenca las minas, corregimiento de la laguna, municipio de Pasto, departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas.
- Promper, C., Malet, J., Puissant, A., & Glade, T. (2014). Analysis of land cover changes in the past and the future as contribution to landslide risk scenarios. Applied Geography.
- Rosales, A. (2013). Manual para la interpretación de imágenes de sensores de las principales coberturas y usos de la tierra de Costa Rica. Costa Rica.
- (2018). Ministerio de agricultura y desarrollo rural - Unidad de planificación.
- (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá.
- Romero, F. S. (2006). Teledetección satelital en la visión territorial y sistemas de protección ambiental urbano-rural. Revista del Bio Bio.

- Latorre, J. P., & Corredor, L. P. (2000). Monitoreo satelital de las coberturas de la tierra para la caracterización de indicadores de estado y presión en los parques nacionales naturales en Colombia.
- Bermudez, E. (2016). Análisis multitemporal en la cobertura boscosa de la zona norte del departamento del Chocó 1990-2014.
- Busso, G. (2002). Vulnerabilidad sociodemográfica en Nicaragua: un desafío para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza.
- Kaztman, R. (2000). Notas sobre la medición de la vulnerabilidad social.
- Cardona, O. (1996). Manejo ambiental y prevención de desastres: dos temas asociados. Ciudades en riesgo.
- Gil, M. (2016). Información especial, herramientas de análisis en la transformación de coberturas vegetales.
- Daza, R. (2013). Implementación Web para la Fusión de Imágenes Satelitales. Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información.
- Schoenbach, V. (1999). Data Analysis and Interpretation, Understanding the fundamentals of epidemiology.
- Nuñez, A. (2001). Definición y objetivos de un SIG. UNESCO.
- Sanchez, E. (2019). Sistemas de información geográfica: Datos Raster. Barcelona.
- Rodríguez, E., & Arredondo, A. (2005). Manual para el manejo y procesamiento de imágenes satelitales obtenidas del sensor remoto MODIS de la NASA, aplicado en estudios de ingeniería civil. Bogotá.
- Blaikie, C., & Davis, W. (1996). Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres.
- Wilches, C. (1993). La vulnerabilidad global. Los desastres no son naturales,.
- Perona, N. (2001). Vulnerabilidad y exclusión social. Una propuesta metodológica para el estudio de las condiciones de vida de los hogares.
- Serrano, G. (1998). Un intento de medición de la vulnerabilidad ante la exclusión social.
- Schkolnik, S. (2010). América Latina: la medición de la discapacidad a partir de los censos y fuentes alternativas. En: Los censos de 2010 y la salud: informe del seminario-taller.
- Beltran, M. (2012). Unidad Mínima Cartografiable.
- Servicio Geológico de Estados Unidos. (s.f.). Obtenido de <https://www.usgs.gov>
- Ley 1523 (24 de Abril de 2012).
- Ley 388 (18 de Julio de 1997).

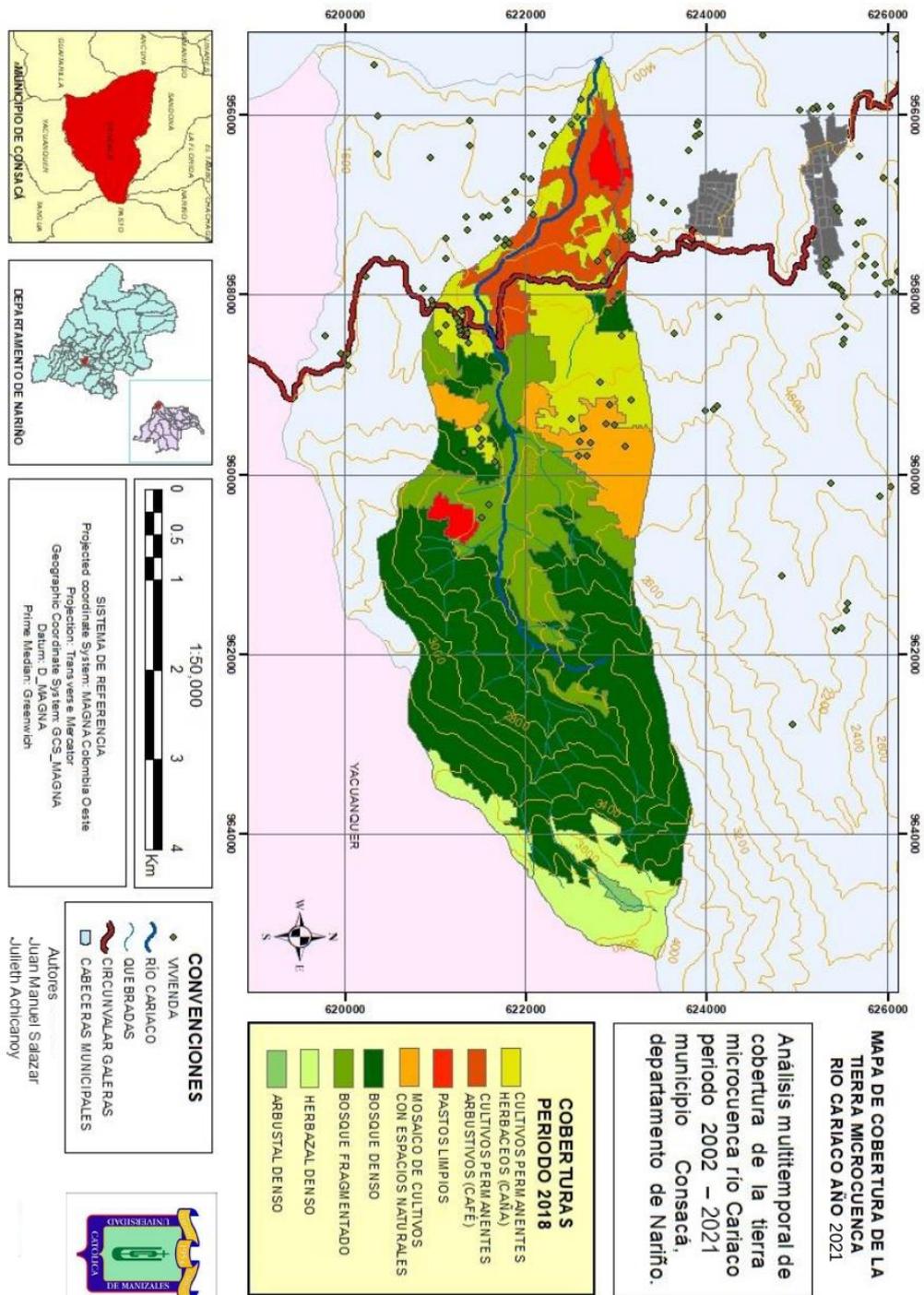
- Decreto 879 (13 de Mayo de 1998).

17. Anexos

Anexo 1. Mapa final de cobertura Corine Land Cover Año 2002.



Anexo 2. Mapa final de cobertura Corine Land Cover Año 2021.



Anexo 3. Mapa final de Cambio de coberturas.

