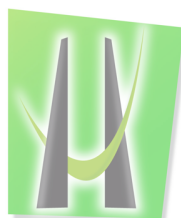


**CARACTERIZACIÓN ESPACIAL DE COBERTURAS DE BOSQUES, CULTIVOS
Y RONDAS HÍDRICAS INTERVENIDAS POR EL PROYECTO VIAL PACÍFICO 1
MEDIANTE HERRAMIENTAS SIG**

SILSA LINEY LÓPEZ ALTAMIRANDA



**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2017**

**CARACTERIZACIÓN ESPACIAL DE COBERTURAS DE BOSQUES, CULTIVOS
Y RONDAS HÍDRICAS INTERVENIDAS POR EL PROYECTO VIAL PACÍFICO 1
MEDIANTE HERRAMIENTAS SIG**

SILSA LINEY LÓPEZ ALTAMIRANDA

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar al título de
Especialista en Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2017**

AGRADECIMIENTOS

Manifiesto agradecimiento a mi familia por brindarme el apoyo incondicional para alcanzar este logro propuesto y a las siguientes entidades y personas que a través de sus alineaciones académicas y laborales aportaron al desarrollo y consecución de la presente investigación.

CONCESIONARIA VIAL DEL PACÍFICO - COVIPACÍFICO
AUTOPISTA DE CONEXIÓN PACÍFICO 1
Gestión Ambiental

DIEGO LUIS CARVAJAL ADARVE
Ingeniero Ambiental
Coordinador de Gestión Ambiental

TOMAS MAYA MAYA
Ingeniero Forestal

SHARON ANGÉLICA SANCHEZ MUÑOZ
Ingeniera catastral y geodesta
Profesional Mutadora Catastral

ALEXANDER ATENCIA LAMADRID
Geógrafo
Coordinador de SIG y Análisis Predial

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. ÁREA PROBLEMÁTICA	13
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. MARCO TEÓRICO	18
4.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA	18
4.2 ANTECEDENTES	20
5. METODOLOGÍA	26
5.1 TIPO DE TRABAJO	26
5.2 PROCEDIMIENTO	27
5.2.1 FASE PRELIMINAR.	27
5.2.2 FASE DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.	27
5.2.3 FASE DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	27
5.2.4 FASE DE PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	31
5.2.5 FASE PROSPECTIVA	31
6. RESULTADOS	32
6.1 COBERTURAS DE BOSQUES, CULTIVOS Y RONDAS HÍDRICAS INTERVENIDOS POR EL PROYECTO.	32
6.2 ANALISIS DE LAS COBERTURAS DE BOSQUES, CULTIVOS Y RONDAS HÍDRICAS INTERVENIDAS EN UN ESCENARIO SIN PROYECTO.	33
6.3 ANALISIS DE LAS COBERTURAS DE BOSQUES, CULTIVOS Y RONDAS HÍDRICAS INTERVENIDOS EN UN ESCENARIO CON PROYECTO.	39
6.4 PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MANEJO Y MITIGACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA CAUSADA POR LA INTERVENCIÓN DEL PROYECTO VIAL SOBRE LOS BOSQUES, CULTIVOS Y RONDAS HÍDRICAS.	47
7. CONCLUSIONES	53
8. RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Delimitación área de estudio.	15
Figura 2. Fases del proyecto	26
Figura 3. Procedimiento utilizado para generar los feature class de Cultivo y Bosque.	28
Figura 4. Procedimiento utilizado para obtener feature class de ronda hídrica.	29
Figura 5. Modelo Entidad Relación	30
Figura 6. Estructura Geodatabase.	31
Figura 7. Coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos por el proyecto.	33
Figura 8. Uso actual de la cobertura de rondas hídricas.	34
Figura 9. Conflicto por uso actual de la cobertura de rondas hídricas.	35
Figura 10. Uso actual de la cobertura de bosque.	36
Figura 11. Conflicto por uso actual de la cobertura de bosque.	37
Figura 12. Uso actual de cobertura de cultivo	38
Figura 13. Conflicto de uso en cobertura de cultivo	39
Figura 14. Aprovechamiento de cobertura de bosque.	42
Figura 15. Aprovechamiento de cobertura de cultivo.	43
Figura 16. Vertimientos domésticos e industriales en ronda hídrica.	44
Figura 17. Ocupación de ronda hídrica por obras de drenaje.	45
Figura 18. Ocupación de ronda hídrica por ZODME.	46

Figura 19. Ocupación de ronda hídrica por captación de agua.	47
Figura 20. Propuesta de compensación de la cobertura de bosque.	48
Figura 21. Sitios de seguimiento y monitoreo de rondas hídricas.	50
Figura 22. Revegetalización de pasto.	51
Figura 23. Suelos aptos para la cobertura de cultivos	52

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Unidades funcionales proyecto Autopista Conexión Pacífico 1.	13

LISTA DE ANEXOS

Cobertura de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos	Pág. 59
---	-------------------

GLOSARIO

Uso de suelo: Se encuentra determinado por los siguientes usos, Uso Principal, es el uso deseable que coincide con la función específica de la zona y que ofrece las mayores ventajas para el desarrollo sostenible. Uso Compatible o Complementario, este uso no se opone al principal y concuerda con la potencialidad, productividad y protección del suelo y demás recursos naturales conexos. Uso Condicionado o Restringido presenta algún grado de incompatibilidad urbanística y/o ambiental que se puede controlar de acuerdo con las condiciones que impongan las normas urbanísticas y ambientales correspondientes. El Uso Prohibido es incompatible con el uso principal de una zona, con los objetivos de conservación ambiental y de planificación ambiental y territorial, y por consiguiente implica graves riesgos de tipo ecológico y/o social. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, (2007).

Obras y actividades desarrolladas en proyectos viales: En las diferentes etapas sobre las cuales se lleva a cabo la ejecución de un proyecto vial, se generan unas obras asociadas a unas actividades, a través de estas se logra ejecutar dicho proyecto, sin embargo, cada una crea un impacto sobre los componentes que conforman el medio ambiente, tales como; biótico, abiótico y socioeconómico. Debido a lo anterior, en cada proyecto existe un área de gestión ambiental y social encargadas de corregir, mitigar y compensar los problemas causados por las obras y actividades desarrolladas en las coberturas intervenidas.

RESUMEN

Los sistemas de información geográfica – SIG a través de sus herramientas permiten identificar y analizar fenómenos espaciales desde diferentes disciplinas, y a su vez, a través de los resultados obtenidos, se pueden desarrollar propuestas de manejo y mejoramiento a las problemáticas identificadas y analizadas, por lo tanto, se convierten en un instrumento fundamental para los distintos proyectos que se han venido desarrollando en el país tales como los proyectos de infraestructura vial de cuarta generación 4G, de los cuales en la presente investigación se consideró el caso de la Autopista de conexión Pacífico 1, sobre el cual se elaboró la caracterización espacial de las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos por el proyecto vial, a través de herramientas SIG, en donde desde el enfoque metodológico cuantitativo y cualitativo, se consideraron las áreas intervenidas de cada cobertura, su tipo y ubicación, a su vez se realizó el análisis de la situación de las mismas de acuerdo al uso actual y potencial del suelo, evidenciando los conflictos de uso generados sobre estas coberturas desde los más severos hasta los más leves.

Luego se desarrolla el análisis de estas coberturas en un escenario con proyecto, sobre el cual se demuestra que dentro de las obras a crear para la ejecución del proyecto, así como el corredor vial, cuya obra es la que mayor intervención causa en las coberturas tanto de bosques como en cultivos, debido a que cambiaría la ocupación de este espacio sin la posibilidad de ser recuperado, por otro lado, las rondas hídricas serían mayormente afectadas por las Zonas de Deposito de Material Escarpado – ZODMES, esto obedece al aporte de sustancias sólidas, lo cual modifica la calidad del recurso y genera alteraciones en las comunidades de organismos asociados y presentes a estas, así como limitaciones en la disponibilidad del recurso para usarlo con determinado fin.

Como propuesta de mejoramiento a la problemática causada, se compensarán las áreas de bosque intervenidas de acuerdo al uso potencial del suelo establecido en los Planes de Ordenamiento Territorial – POT'S, en cuanto a los cultivos, se identificarán las áreas potencialmente aptas para cultivar de acuerdo a lo establecido en los Planes de Ordenamiento Territorial – POT'S. Para la problemática de rondas hídricas, se realizará un seguimiento y monitoreo de las actividades generadas sobre las Zonas de Deposito de Material Escarpado – ZODMES, de tal manera que se evite la llegada de sustancias sólidas, las cuales modifican y alteran la calidad del recurso. El aporte especial de los resultados de esta investigación va asociados a la demarcación de los Sistemas de Información Geográfica – SIG como un apoyo fundamental a la hora de conocer, comprender y dar respuestas óptimas a los fenómenos espaciales desde distintas disciplinas.

PALABRAS CLAVES: Sistemas de Información Geográfica – SIG, Caracterización Espacial y Autopista de conexión Pacífico 1.

ABSTRACT

The geographic information systems - GIS through their tools allow to identify and analyze spatial phenomena from different disciplines, and in turn, through the obtained results, management and improvement proposals can be developed to the problems identified and analyzed, so therefore, they become a fundamental instrument for the different projects that have been developed in the country, such as the fourth generation 4G road infrastructure projects, of which the case of the Pacifico Connection Highway 1 was considered in the present investigation. , on which the spatial characterization of the coverings of forests, crops and water rills intervened by the road project was elaborated, through GIS tools, where from the quantitative and qualitative methodological approach, the intervened areas of each coverage were considered, its type and location, in turn, the analysis of the a situation of the same according to the current and potential use of the land, evidencing the conflicts of use generated on these coverages from the most severe to the mildest. Then the analysis of these coverages is developed in a scenario with a project, which shows that within the works to be created for the execution of the project, as well as the road corridor, whose work is the one that causes the greatest intervention in the coverages. of forests as in crops, because it would change the occupation of this space without the possibility of being recovered, on the other hand, the water rounds would be mostly affected by the Areas of Deposit of Steep Material - ZODMES, this is due to the contribution of solid substances , which modifies the quality of the resource and generates alterations in the communities of associated organisms and present to them, as well as limitations in the availability of the resource to use it for a certain purpose.

As a proposal for improvement to the problem caused, the areas of forest intervened will be compensated according to the potential use of the land established in the Territorial Planning Plans - POT'S, as for the crops, the potential areas for cultivation will be identified according to what is established in the Land Management Plans - POT'S. For the problematic of water rounds, a monitoring and monitoring of the generated activities will be carried out on the Areas of Deposit of Escarpado Material - ZODMES, in such a way that the arrival of solid substances is avoided, which modify and alter the quality of the resource. The special contribution of the results of this research are associated with the demarcation of Geographic Information Systems - GIS as a fundamental support when it comes to knowing, understanding and giving optimal responses to spatial phenomena from different disciplines.

KEY WORDS: Geographic Information Systems - GIS, Spatial Characterization and Pacific Connection Highway 1.

INTRODUCCIÓN

En el contexto de los Sistemas de Información Geográfica- SIG se analizaron las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas como elementos intervenidos en el proyecto Autopista de Conexión Pacífico 1, desarrollado en ocho capítulos, el primero consiste en el área problemática donde se describe la problemática que presenta la intervención de estas coberturas y la formulación de la misma. En el segundo capítulo, se establecen los respectivos objetivos; generales y específicos, seguido en el capítulo tercero, se relaciona la justificación.

El soporte teórico de la presente investigación mediante la utilización de las herramientas de los sistemas de información geográfica- SIG, las referencias, antecedentes y conceptos pertinentes a los resultados de la investigación, se encuentra establecido dentro del capítulo cuarto. La metodología aplicada para desarrollar cada objetivo, teniendo en cuenta el tipo de trabajo y el procedimiento con sus respectivas fases para llevar a cabo, se encuentra debidamente descrita en el capítulo quinto.

En el sexto capítulo, se desarrollan los resultados; tales como la identificación de las coberturas, mediante el nombre, tipo, uso y área. El análisis de las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos por el proyecto mediante la descripción de las condiciones actuales de las mismas con énfasis en las principales alteraciones ocasionadas por distintos sectores o actividades productivas y de ocupación del territorio que han estado interviniendo y alterando el entorno desde épocas pasadas.

Seguido del análisis de las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos por el proyecto mediante la descripción de las principales alteraciones ocasionadas una vez ejecutado el proyecto vial. Finalmente, en el séptimo capítulo se presentan y describen acciones o medidas necesarias para prevenir, mitigar, corregir y compensar las problemáticas identificadas y analizadas, que se generan sobre las coberturas de bosque, cultivo y ronda hídrica durante la construcción y operación del proyecto vial Autopista Conexión Pacífico 1.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

El proyecto Autopista Conexión Pacífico 1 está localizado en el departamento de Antioquia - Colombia, en jurisdicción de los municipios de Venecia, Titiribí, Amagá y Caldas; la malla vial alcanza una longitud origen-destino aproximada de 49,5 km, comprendidos entre el corregimiento de Bolombolo (en el municipio de Venecia) y el sitio denominado Ancón Sur (en el municipio de La Estrella) y contempla la construcción de alrededor de 32,11 km de vías nuevas, cuatro túneles, 28 puentes dobles y tres puentes sencillos, además de la operación y mantenimiento de la calzada existente Bolombolo-Ancón Sur. (Concesionaria Vial del Pacífico, 2015)

El proyecto se divide en cuatro unidades funcionales:

Tabla 1.

Unidades funcionales proyecto Autopista Conexión Pacífico 1.

Unidad Funcional 1 K0+000 (Bolombolo) - K13+540	Unidad Funcional 2 K13+540 - K26+740 (Camilo Cé)	Unidad Funcional 3 K21+655 - K25+269	Unidad Funcional 4 K26+740 (Camilo Cé) – K32+137,414 (PR88+100 de la Ruta 6003)
Comprende la construcción de un trazado de 13,50 km de vías a cielo abierto en doble calzada, de los cuales, aproximadamente 2 km corresponden a 16 puentes dobles o gemelos, y 1.350 m para el tubo calzada derecha y 1.360 m para el tubo de calzada izquierda del túnel Sinifaná.	Construcción de vía doble calzada de 13,20 km de longitud, de los cuales 1,3 km corresponden a 8 puentes dobles, incluye el intercambiador Titiribí y el tubo de calzada izquierda del túnel de Amagá de 3.604 m. (No incluye tubo calzada derecha).	Comprende únicamente la construcción de la calzada derecha del túnel Amagá con una longitud de 3.614 m.	Construcción de vía doble calzada a cielo abierto de 5,41 km, de los cuales 0,48 km corresponden a 4 puentes dobles o gemelos. Incluye la construcción del intercambiador de Camilo Cé.

Para la construcción de la nueva vía se han contemplado la implantación de tres (3) intercambiadores o retornos a desnivel, que cumplen una doble función entrada y salida al corredor y de puntos de retorno.

Fuente: Concesionaria Vial del Pacífico, 2015.

Para el desarrollo de la construcción y operación de la Autopista Conexión Pacífico 1 se tiene prevista la utilización del agua de las quebradas Sinifaná, Sabaletas, Cajones, La Cascajosa, La Popala, Amagá y Yarumal, para proveer el recurso requerido en los usos domésticos e industriales que demandará el Proyecto.

Así mismo, realizará la remoción aproximada de 554,6 ha de coberturas vegetales representadas en 7,2 ha que corresponden a coberturas terrestres de red vial y ríos; 274 ha de bosque seco y 273,4 ha de bosque húmedo.

Con base en el inventario forestal se estima un área de remoción de cobertura vegetal para el corredor vial de 315,20 ha. Por otra parte, para los Zonas de Deposito de Material Escarpado - ZODMES e infraestructura asociada (instalaciones temporales, plantas de triturado, concreto y asfalto) se estima un área de remoción de 232,25 ha. (Concesionaria Vial del Pacífico, 2015)

Para la huella de la vía se estima un volumen de descapote de 472.793 m³ y para los Zonas de Deposito de Material Escarpado - ZODMES e infraestructura asociada, se estima un volumen de descapote de 348.377 m³, considerando un espesor promedio de suelo de 15 cm. (Concesionaria Vial del Pacífico, 2015)

Dado lo anterior, se formulan los siguientes interrogantes:

¿Cómo se caracterizan espacialmente las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos por la construcción vial del proyecto Pacífico 1 mediante herramientas SIG?

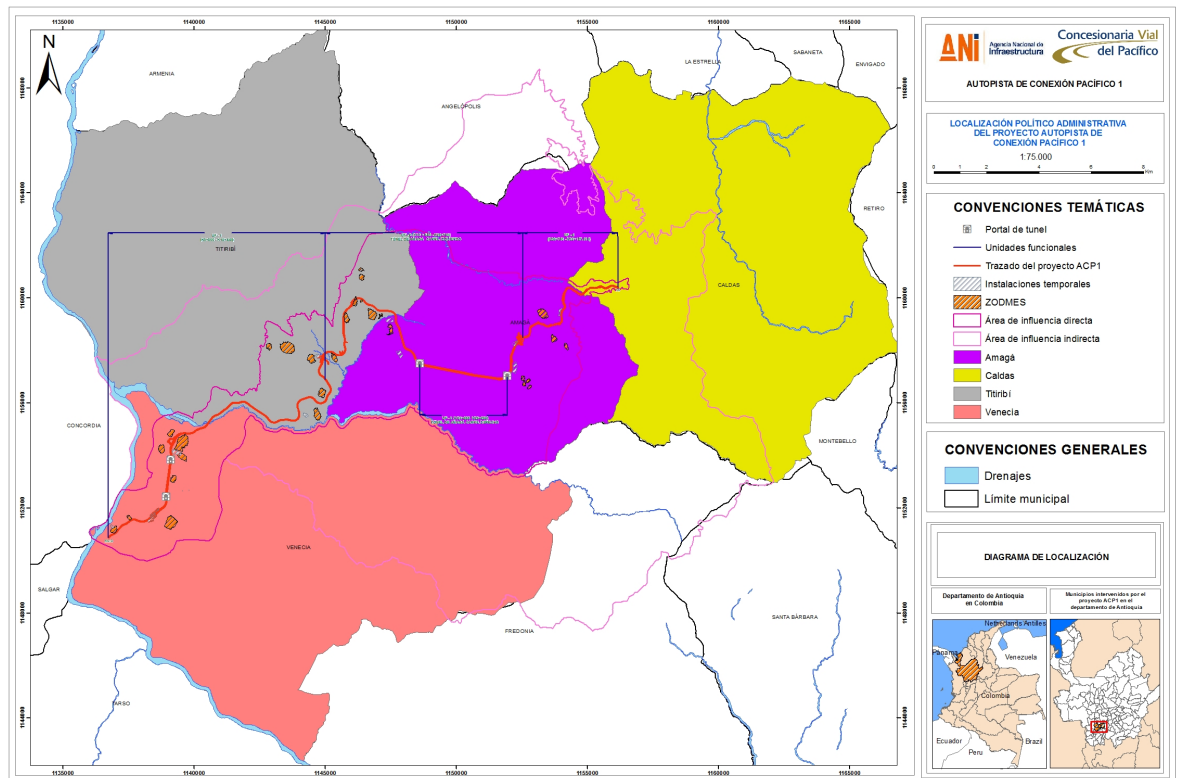
¿Cuáles son las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidas por el proyecto?

¿Cómo se analizan las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas en un escenario sin proyecto?

¿Cómo se analizan las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas en un escenario con proyecto?

¿Cuáles son las estrategias de manejo y mitigación de la problemática causada por la intervención del proyecto vial sobre los bosques, cultivos y rondas hídricas?

Figura 1. Delimitación área de estudio.



Fuente de elaboración: Propia

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar espacialmente las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos por la construcción vial del proyecto Pacífico 1 mediante herramientas SIG.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos por el proyecto.
- Analizar las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos en un escenario sin proyecto.
- Analizar las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos en un escenario con proyecto.
- Proponer estrategias de manejo y mitigación de la problemática causada por la intervención del proyecto vial sobre los bosques, cultivos y rondas hídricas.

3. JUSTIFICACIÓN

La Concesionaria Vial del Pacífico S.A.S. – COVIPACÍFICO, suscribió con la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI, el Contrato de Concesión bajo el esquema de APP No. 007 de 2014, para los estudios y diseños definitivos, financiación, gestión ambiental, predial y social, construcción, mejoramiento, operación, mantenimiento y reversión de la Concesión Autopista Conexión Pacífico 1, en el marco del Proyecto “Autopistas para la Prosperidad”, el cual tiene como objetivo principal generar una interconexión vial entre la Ciudad de Medellín con las principales concesiones viales del país, y que a su vez la conecten con los principales centros de intercambio comercial como la Costa Caribe, la Costa Pacífica, así como con el río Magdalena.

En el área de influencia del proyecto se encuentran varios tipos de coberturas tales como bosques, cultivos y rondas hídricas, que corresponden a recursos muy importantes para satisfacer las necesidades de la población, y a su vez, la importancia de los bosques radica en que proporciona múltiples beneficios para el medio ambiente, desde el punto de vista de la ecología ayuda a mantener el equilibrio en el medio ambiente mediante la comprobación de contaminación y la protección del suelo de la erosión por el viento o el agua, en cuanto a los cultivos, éstos son el sustento económico de la mayoría de la población del área de influencia, en el caso de los cuerpos de agua, son un recurso crucial para la humanidad y para el resto de los seres vivos, elemento de la naturaleza, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta.

De acuerdo a lo anterior, se denota la importancia de realizar una caracterización espacial de las coberturas de bosques, rondas hídricas y cultivos a intervenir por el proyecto Autopista de Conexión Pacífico 1, sirviendo como herramienta de apoyo para la toma de decisiones a proyectos de infraestructura vial relacionadas con el manejo ambiental de los bosques, cultivos y rondas hídricas, a las Corporaciones Ambientales, gobernaciones, alcaldías y municipios, para su implementación con el fin de optimizar las problemáticas generadas en pro del desarrollo sostenible del territorio.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El dinamismo de las últimas décadas alrededor de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y su carácter multidisciplinar, dificulta el hecho de delimitar el contenido, naturaleza y ámbito de los SIG, motivo por el que a pesar de su juventud desde sus inicios en los años 60, existen múltiples intentos de definición de lo que es un SIG. Las revisiones bibliográficas sobre las definiciones existentes más destacadas, destilan cuáles son sus principales notas características. (Del Río, 2010). Buzai (2004) expone a modo de resumen cuatro de ellas.

- El SIG es un entorno de trabajo: sistema basado en la computación para el manejo de datos espaciales.
- El SIG dispone de funcionalidad: sistema que permite la obtención, almacenamiento, tratamiento e informe de datos espaciales.
- El SIG dispone de contenido: sistema apoyado en una base de datos que contiene datos espaciales.
- El SIG desarrolla un propósito: sistema de apoyo a la toma de decisiones en materia espacial.

Para Arcila (2003) las definiciones de los SIG giran entorno a tres ejes: un enfoque global, otro funcional y un último tecnológico. Su análisis destaca las siguientes notas características de los SIG.

- La capacidad de visualización de información geográfica compleja a través de mapas.
- La funcionalidad de los SIG como una base de datos sofisticada en la que se mantiene y relaciona información espacial y temática.
- La diferencia con las bases de datos convencionales estriba en que toda la información contenida en un SIG está unida a entidades geográficamente localizadas. Por ello en un SIG la posición de las entidades constituye el eje del almacenamiento, recuperación y análisis de los datos.
- Son una tecnología de integración de información.
- Se han desarrollado a partir de innovaciones tecnológicas habidas en campos especializados de la geografía y otras ciencias, para constituir un sistema único, más potente que la suma de las partes.
- Permiten unificar la información en estructuras coherentes y aplicar a la misma una panoplia variada de funciones: análisis, visualización, edición, etc.
- Este carácter integrador y abierto hace de los SIG un área de contacto entre variados tipos de aplicaciones informáticas, destinadas al manejo de información con propósitos y formas diversas. Destacan, entre otros ejemplos: programas estadísticos, gestores de bases de datos, programas gráficos, hojas de cálculo y procesadores de texto.

- Los límites y diferencias entre los SIG, los programas de diseño asistido (CAD), los de cartografía temática y los de tratamiento de imágenes, son especialmente difusos, aunque sus diferencias estriban, sobre todo, en el modelo de datos y en las capacidades de análisis de información espacial.

Por otro lado, Convis en 1996 desarrolla una explicación de las partes básicas de un SIG en el contexto de nuestra relación con la naturaleza. Las cuestiones sobre las necesidades humanas para la salud, aire limpio y agua o alimentos, son parte de nuestra relación con la naturaleza. Históricamente, la tecnología SIG surgió a partir de nuestra búsqueda de la dominación sobre la naturaleza.

- El SIG es la suma de esas piezas básicas: las necesidades humanas en relación con los datos espaciales, los métodos y las herramientas.
- En la práctica, un SIG se compone de personas que utilizan la tecnología para trabajar con datos en virtud de los diversos métodos, a fin de satisfacer las necesidades humanas específicas.
- En contraste con otras tecnologías subyace en toda la naturaleza de los SIG, el vínculo entre las bases de datos y las teorías geográficas.

Un SIG es un conjunto de herramientas, de programas, equipamientos, metodologías, datos y personas perfectamente integrados, que permiten la colecta, el almacenamiento, el procesamiento y el análisis de datos geográficamente referenciados para un conjunto particular de objetivos. (Bosque, 1992).

4.2 ANTECEDENTES

4.2.1 En el contexto mundial: En el 2009 Ana Suárez y Francisco J. Escobar, realizaron un artículo llamado ***Caracterización Espacial de la Vulnerabilidad Sociodemográfica en Dos Distritos Madrileños ante Riesgos Tecnológicos***, el cual arrancó como segunda fase del proyecto piloto *Aplicación de Herramientas de los SIG en Salud Pública*, realizado en 2004 por el Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá en colaboración con el Instituto de Salud Pública de la Comunidad de Madrid (ISP).

El área de estudio comprende los distritos madrileños de Puente y Villa de Vallecas. El objetivo principal del artículo consistió en caracterizar el riesgo desde un punto de vista territorial, teniendo en cuenta la gradación o intensidad decreciente del riesgo en torno al foco. Intensidad entendida como el número de áreas sujetas al alcance de distintos focos potenciales de riesgo.

La metodología adoptada giró en torno al estudio del proyecto previo y de la bibliografía existente, análisis estadísticos, y a la aplicación de las técnicas propias de los SIG como análisis espaciales y relaciones entre capas. En relación con el último, es preciso señalar que la metodología adopta una aproximación determinista al basar el establecimiento de zonas sujetas a los potenciales focos

de riesgo en el establecimiento de buffers, o zonas en torno a cada foco, según las distancias fijadas en el RAMINP (Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas), y no, como sería más ajustado a la realidad, en zonas de intensidad decreciente directamente proporcionales a la distancia de separación con respecto al foco.

La superposición de áreas sujetas a cada tipo de riesgo ofreció como resultado una zonificación en donde se determina, de 0 a 7, el número de riesgos potenciales a que está sujeta cada zona del área de estudio.

La finalidad de este trabajo ha sido avanzar y profundizar en los estudios de riesgos, con el objetivo de mejorar la calidad de vida y salud de la población mediante la previsión del alcance de los posibles accidentes que pueden desencadenarse, además de ofrecer la oportunidad de dar continuidad a los análisis realizados, y servir de ejemplo para el estudio del riesgo en otras zonas desfavorecidas. Por otro lado, la metodología adoptada se ha mostrado como una prometedora aproximación a los problemas socioambientales de nuestro entorno que merece la pena explorar en mayor profundidad desde una perspectiva territorial y con la ayuda de los SIG.

4.2.2 En el contexto regional: en el trabajo realizado en Uruguay, Montevideo titulado ***Caracterización y Distribución Espacial del Bosque y Matorral Psamófilo***, realizado por Sistema Nacional de Áreas Protegidas- SINAP y Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente de Uruguay-MVOTMA (2010), con los objetivos principales de caracterizar las formaciones vegetales matorral y bosque psamófilo de los departamentos de Colonia, San José, Montevideo, Canelones, Maldonado y Rocha y evaluar el estado de conservación y vulnerabilidad de estas formaciones.

En la metodología aplicada, se realizó un análisis primario de la distribución espacial de la vegetación costera para definir sitios con potencial presencia de parches de bosque o matorral utilizando cartas topográficas del Servicio Geográfico Militar escala 1:50.000. Una vez definidos estos sitios se realizó la identificación de los parches de matorral y bosque a partir de fotointerpretación y fotolectura de fotografías aéreas e imágenes obtenidas de Google Earth 5.0.1.

Los parches identificados se digitalizaron a escala 1:6.000 mediante la utilización del software ArcGIS 9.2 (ESRI, 2006) para el desarrollo de un Sistema de Información Geográfica (SIG). El relevamiento de los parches de bosque y matorral psamófilo incluyó un muestreo cuantitativo en transectas, un muestreo cualitativo de las especies presentes y un relevamiento de fuentes de presión sobre los parches.

Como resultado, el relevamiento del área de estudio se realizó en 30 días de trabajo de campo, y abarcó 74 parches distribuidos en 24 localidades, además se incluyeron otras 3 localidades analizadas en el marco de otros proyectos que comprenden 22 parches, totalizando 96 parches con relevamientos de campo

distribuidos en 27 localidades. En toda la zona costera se identificaron 423 especies vegetales, de las cuales 244 son herbáceas y 175 leñosas (arbóreas y arbustivas), de este último grupo 39 son especies exóticas. El muestreo fitosociológico se realizó en 32 transectas abarcando un área de 15,54 ha. La superficie que ocupa el bosque y matorral psamófilo es de aproximadamente 3.800 hectáreas (0.02% superficie terrestre del país). Toda la información relevada en campo y los resultados obtenidos en los análisis se incorporaron en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Dentro de los resultados se obtuvo que las fuentes de presión que amenazan los bosques y matorrales psamófilos por localidad fueron muy variables, encontrándose parches bien conservados consecutivos a parches muy alterados y/o fragmentados. Sin embargo, se pudo evidenciar una clara regionalización de las fuentes de presión por departamento, lo que implica medidas diferenciales de manejo y conservación de estas formaciones vegetales. La costa de Colonia y San José presentó amenazas principalmente asociadas a la fragmentación de los parches por usos agrícolas, forestales y mineros, mientras que Montevideo, Canelones, Maldonado y Rocha presentan presiones asociadas a la urbanización y el turismo. La ganadería es una presión identificada a lo largo de toda la costa. De la totalidad de la extensión de la zona costera, este trabajo define 13 localidades como prioritarias, 5 de las cuales están altamente amenazadas por actividades humanas. Sin embargo, se enfatiza que todas las zonas de matorral y bosque psamófilo son de importancia para su conservación, dados los servicios ecosistémicos que brindan (rol en la estabilización de la dinámica costera y últimos refugios de fauna costera). En este sentido la adopción de medidas de manejo se vuelve prioritaria para la conservación de estas áreas relictuales expuestas a fuertes presiones.

Dentro de las recomendaciones, se destaca la importancia de la utilización de la información generada y analizada en este trabajo en el marco de la reciente Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (Ley 18.308), tanto en planes y directrices de ordenamiento costero a escala nacional, como a escala departamental y local.

Esta información es fundamental a la hora de planificar y priorizar los usos de suelo y actividades humanas a realizar en la zona costera. Se destaca además la necesidad del desarrollo de planes de restauración o rehabilitación de diversas áreas costeras en las cuales se registraron bosques o matorrales psamófilos seriamente degradados o amenazados. Destacando nuevamente, su rol en el mantenimiento de la dinámica costera.

Se considera importante la incorporación de información sobre la existencia y el valor florístico y ambiental de las formaciones de bosque y matorral psamófilo en planes de educación ambiental y divulgación, tanto a nivel Nacional como Departamental. En el caso de predios privados, se destaca la importancia de

promover el conocimiento sobre las formaciones vegetales nativas y sus servicios ecosistémicos, las consecuencias de la introducción de especies exóticas en el deterioro de la vegetación en particular y la dinámica costera en general.

Se recomienda, a la hora de autorizar emprendimientos en la zona costera en áreas de bosque y matorral psamófilo, considerar la relictualidad de estas formaciones, y evitar que dichos emprendimientos perjudiquen la extensión o calidad de las mismas. Por el alto grado de invasión por especies exóticas detectado en la mayoría de las localidades relevadas, se recomienda establecer planes de control de las mismas y recuperar los sitios degradados.

4.2.3 En el contexto local: en el trabajo realizado en Colombia, Bogotá titulado ***Análisis de la gestión ambiental en las vías 4G en construcción en Colombia*** realizado por William Eduardo Mosquera Laverde (2016), el documento consiste en una aproximación inicial a la discusión sobre temas que aún no se han incluido dentro de la gestión de la biodiversidad a nivel normativo en Colombia y pretende plantear un debate sobre la importancia de contemplar factores adicionales como la fragmentación, al momento de evaluar el impacto a compensar por proyectos de infraestructura vial, contribuyendo a una no pérdida de biodiversidad a escala local.

Para lograrlo se desarrollaron los siguientes objetivos específicos (a) una revisión bibliográfica sobre el estado del arte acerca de la biodiversidad, servicios ecosistémicos (SE), pérdidas de biodiversidad, las compensaciones por pérdida de biodiversidad y los impactos ambientales ocasionados por las vías; (b) se evalúan las estrategias y programas ambientales diseñados por las concesionarias viales para mitigar el impacto en la pérdida de biodiversidad, también, (c) se analizaron los proyectos internacionales ejecutados que mitigan la pérdida de biodiversidad evitando la fragmentación de los ecosistemas. Y, por último, (d) se analizan los programas ambientales diseñados o implementados por las concesionarias 4G para mitigar el impacto socioecológico provocado.

A partir del análisis de los objetivos específicos se propone un enfoque adicional para la gestión de la biodiversidad, incluyendo la fragmentación dentro de los parámetros de evaluación de compensaciones, y de tal manera, que los esfuerzos para compensar este tipo de proyectos, se enfoquen en acciones de conservación in situ –conservación de los ecosistemas y los hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales que disminuyan el impacto ocasionado por la fragmentación.

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE TRABAJO

Para Caracterizar espacialmente las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos por la construcción vial del proyecto Pacífico 1 mediante herramientas SIG, se utilizará un tipo de enfoque cuantitativo y cualitativo, por su parte, la investigación cualitativa da profundidad a los datos, la dispersión, la riqueza interpretativa, la contextualización del ambiente o entorno, los detalles y las experiencias únicas. (Sampieri, Fernández y Baptista, 2003). La investigación cuantitativa consiste en tratar de determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables, la generación y objetivación de los resultados a través de una muestra para hacer inferencia a una población de la cual toda muestra procede. (Ebdon, 1982).

5.2 PROCEDIMIENTO

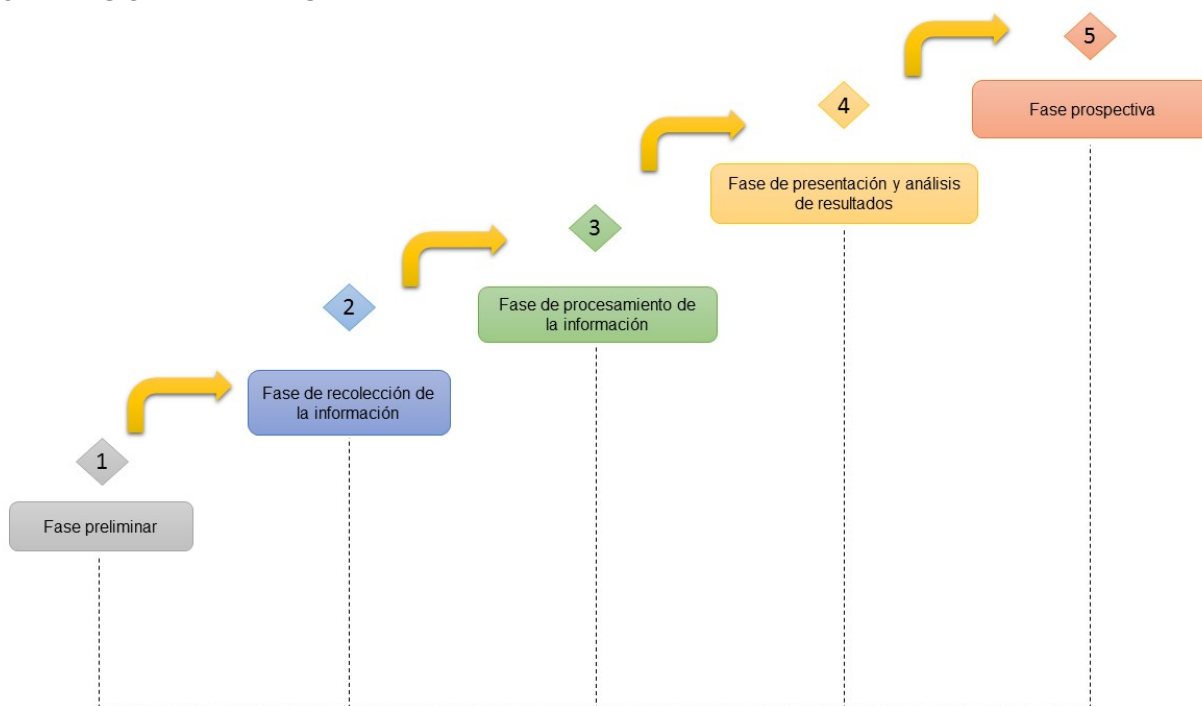


Figura 2. Fases del proyecto

5.2.1 Fase preliminar. Esta fase consiste en la elaboración de la propuesta de trabajo, descripción y formulación del problema, al cual se le dará solución a través del diseño de objetivos y metodología basada en la revisión bibliográfica de estudios desarrollados acerca del tema de interés y de fuentes de información competente.

5.2.2 Fase de recolección de la información. En esta fase del proyecto, se realizará la revisión bibliográfica y recolección de datos de fuentes secundarias, como se describe a continuación:

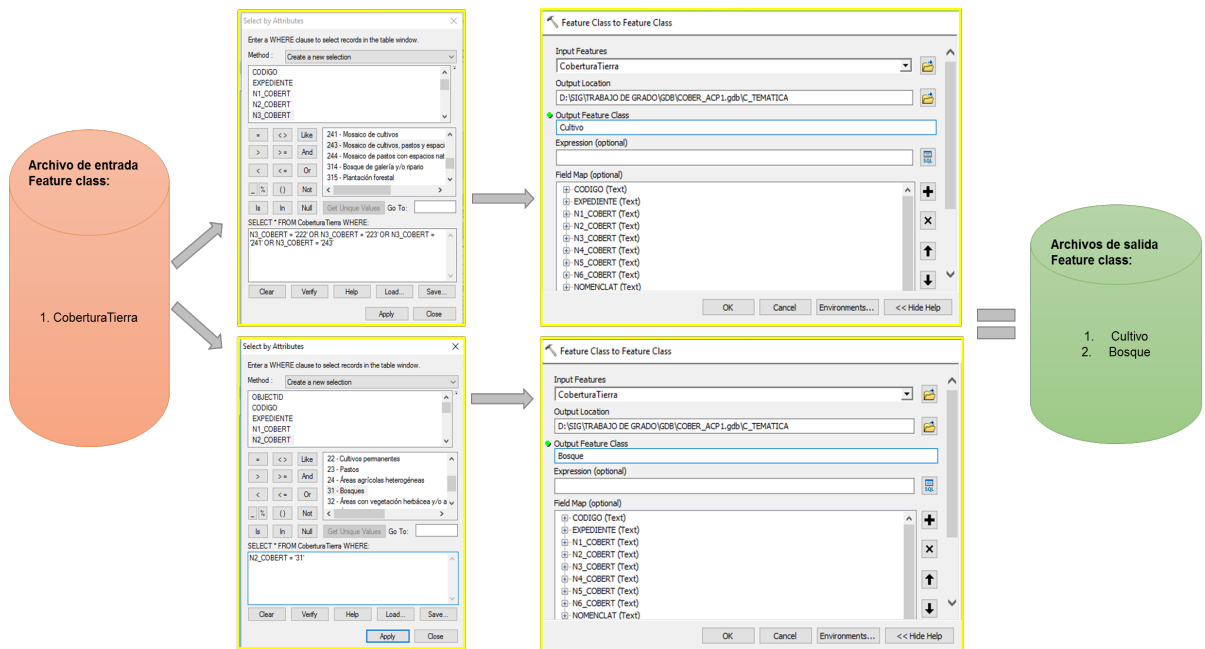
- Evaluación del Impacto Ambiental- EIA del proyecto Autopista de Conexión Pacífico 1: Se obtendrá la base de datos geográfica, desde la cual se utilizará toda la información contenida acerca de las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas. Revisión bibliográfica de los capítulos 5 Evaluación ambiental y 7 Plan de Manejo Ambiental.
- Plan Básico de Ordenamiento Territorial- PBOT del municipio de Caldas: Se obtendrá información espacial del uso actual del suelo, uso potencial del suelo y conflicto de uso del suelo.
- Esquema de Ordenamiento Territorial- EOT del municipio de Amagá: Se obtendrá información espacial del uso actual del suelo, uso potencial del suelo y conflicto de uso del suelo.
- Plan de Ordenamiento Territorial- POT del municipio de Titiribí: Se obtendrá información espacial de uso actual del suelo, uso potencial del suelo y conflicto de uso del suelo.
- Plan de Ordenamiento Territorial- POT del municipio de Venecia: Se obtendrá información espacial del uso actual del suelo, uso potencial del suelo y conflicto de uso del suelo.

5.2.3 Fase de procesamiento de la información. Luego de obtener la información de la Base de datos geográfica de la Evaluación del Impacto Ambiental - EIA, se realizó su clasificación para llevar a cabo su procesamiento y así poder desarrollar los objetivos propuestos. Por lo tanto, a la información digital obtenida se le realizaron los siguientes procedimientos para la conformación de la File Geodatabase.

Para crear las capas de cultivo y bosque, se realizaron los siguientes pasos:

1. Selección de los atributos del feature class de cobertura de la tierra correspondientes a bosque y cultivo.
2. Luego se importó la selección a la file Geodatabase.
3. Por último, se obtuvieron las capas de bosque y cultivos.

Figura 3. Procedimiento utilizado para generar los feature class de Cultivo y Bosque.

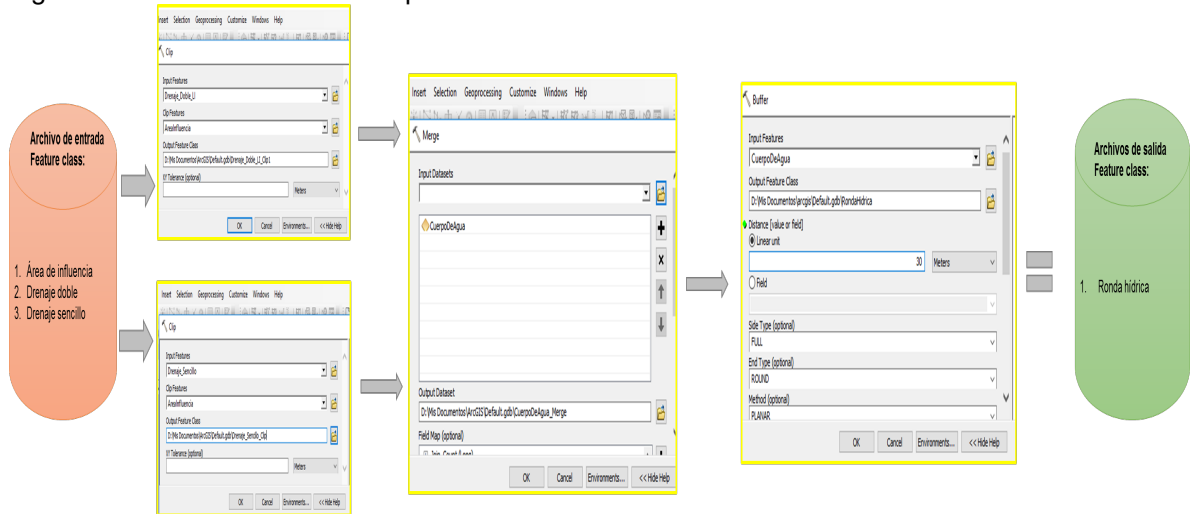


Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la cobertura de ronda hídrica, se realizaron los siguientes pasos:

1. Recorte sobre los feature class de drenaje doble y sencillo con respecto al feature class del área de influencia del proyecto, y luego se realizó una unión de las dos capas.
2. Una vez creada la capa de drenaje, se realiza un buffer de 30 metros, según el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente, resultado de lo anterior corresponde al features class de ronda hídrica

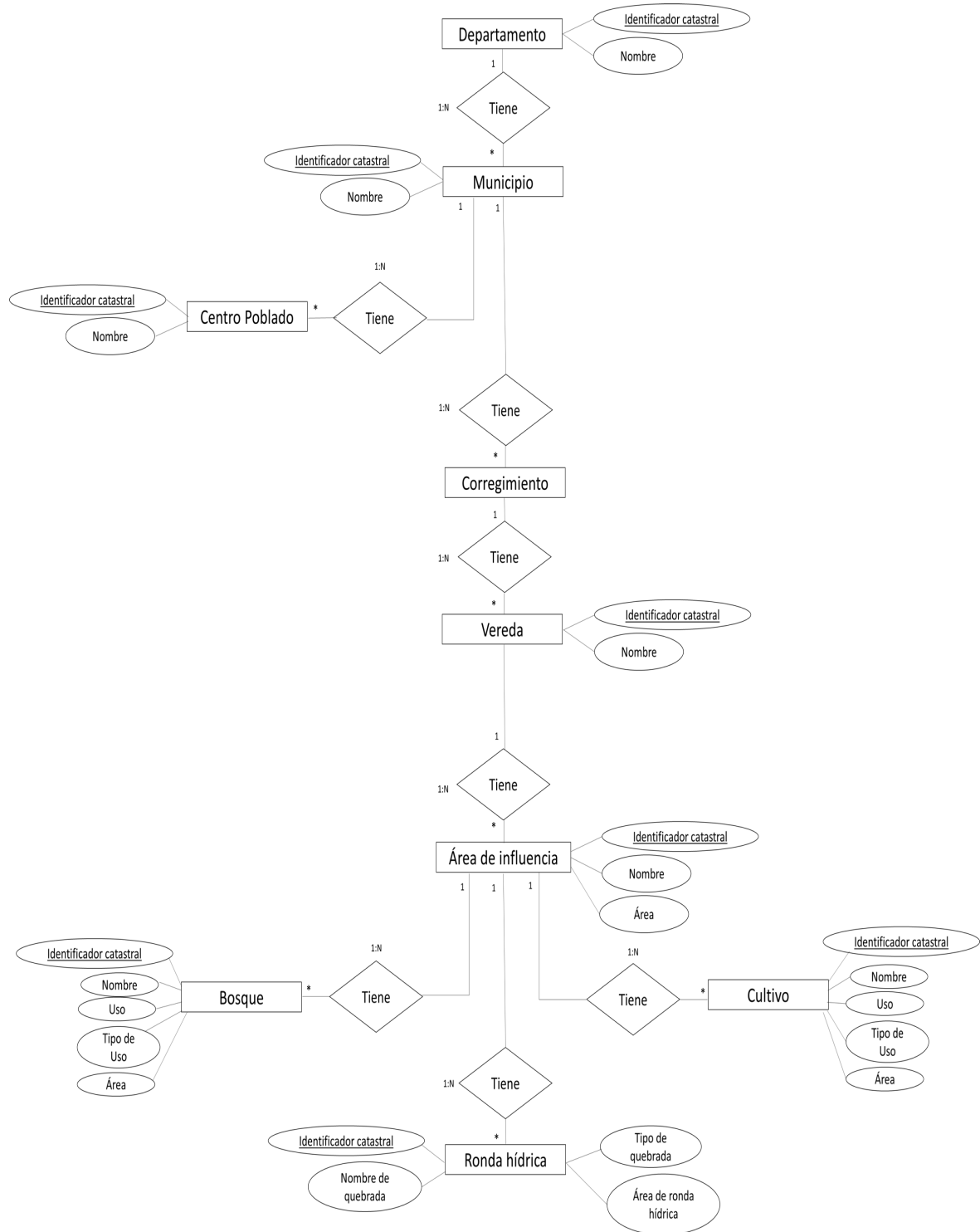
Figura 4. Procedimiento utilizado para obtener feature class de ronda hídrica



Fuente: Elaboración propia.

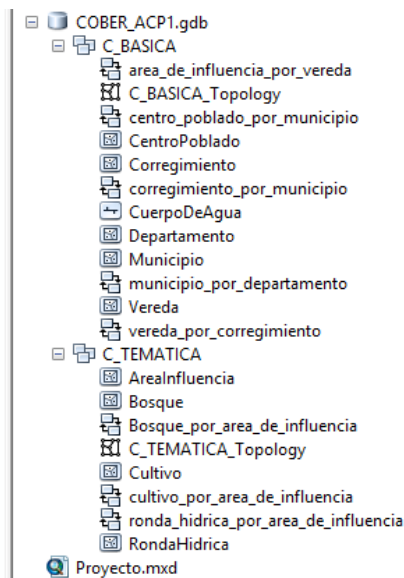
Finalmente, para la elaboración de la Geodatabase, se determinó la relación existente en cada una de las entidades (Capas/Featureclass) y sus respectivos atributos, la cual se establece en la siguiente figura.

Figura 5. Modelo Entidad Relación



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Estructura Geodatabase.



5.2.4 Fase de presentación y análisis de resultados. En esta fase se llevó a cabo la interpretación y análisis obtenidos en la fase de procesamiento de la información, con respecto a la identificación de las coberturas, el análisis de éstas en un escenario sin proyecto y el análisis en un escenario con proyecto.

5.2.5 Fase prospectiva. En esta fase, se desarrollaron alternativas que puedan ser aplicadas para un mejor manejo y mitigación de las problemáticas causadas por la intervención del proyecto vial sobre los bosques, cultivos y rondas hídricas, con respecto a las necesidades que éstas muestren, a través de los resultados alcanzados en la caracterización espacial en la fase de presentación y análisis de resultados.

6. RESULTADOS

6.1 COBERTURAS DE BOSQUES, CULTIVOS Y RONDAS HÍDRICAS INTERVENIDOS POR EL PROYECTO.

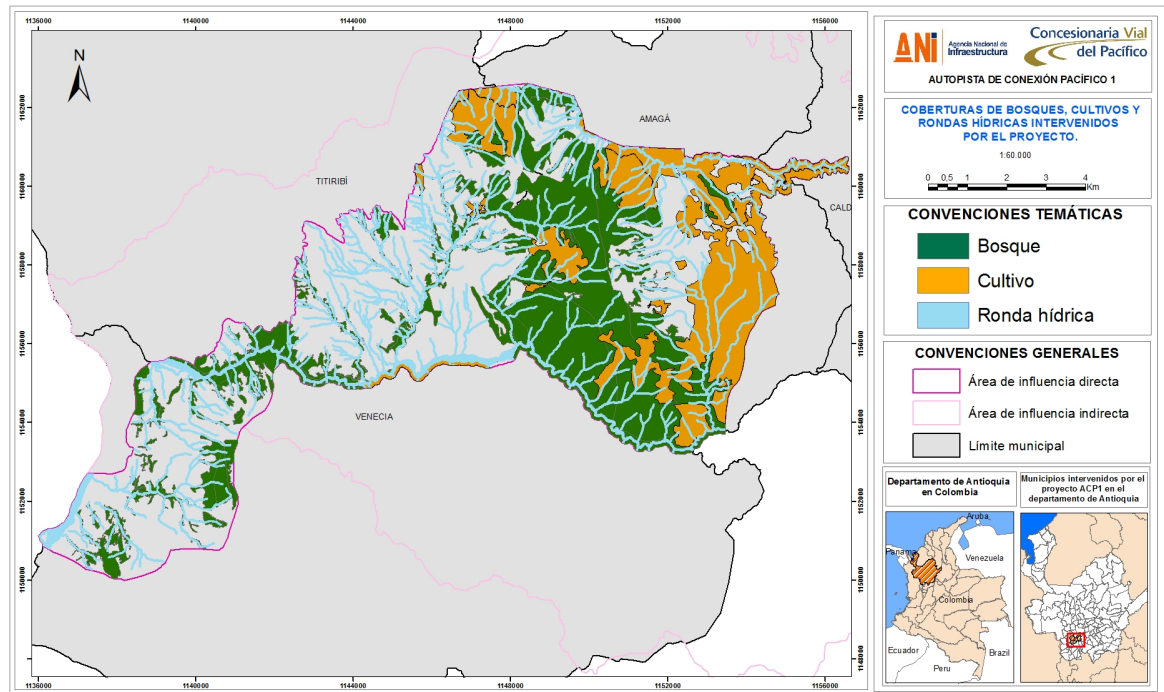
En el área de influencia directa del proyecto se intervienen 3295,80 ha. en cobertura de bosque de las cuales, 2952,80 ha. corresponden a vegetación secundaria o en transición, principalmente en los municipios de Venecia, Titiribí y Amagá, seguido de bosque de galería y/o ripario con un área de 343,00 ha. sobre los municipios de Titiribí y Venecia.

En cuanto a la cobertura de cultivos, esta presenta un total de 1877,70 ha., constituidas en 28,70 ha. de cultivos permanentes arbustivos, estos se encuentran sobre los municipios de Amagá y Titiribí, seguido de cultivos permanentes arbóreos con 8,10 ha., presentes en el municipio de Titiribí, continuando con mosaico de cultivos con 1,17 ha., localizados en el municipio de Amagá, y por último mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales con un área de intervención de 1839,73 ha. sobre los municipios de Amagá, Titiribí y Venecia

La intervención de ronda hídrica por el proyecto es de 2335,08 ha., distribuidos en toda el área de influencia directa constituidas por drenajes dobles y sencillos entre los cuales se encuentran las quebradas permanentes que a continuación se mencionan las más importantes con sus receptivas áreas intervenidas en ronda hídrica tales como; La Popala 26,83 ha., Sinifaná, 203,77 ha. Candela 5,37 ha., El Guamo 25,70 ha., La Pita 7,15 ha., Sabaletas 78,24 ha., La Cascajosa 30,14 ha., Cajones 26,94 ha., Yarumal 9,92 ha., Y La Maní Del Cardal 4,34 ha.

Por otro lado, se evidencia que para bosques la vegetación secundaria o en transición sería el de mayor intervención por el proyecto, en cuanto a cultivos, el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales serían los más afectados y en el caso de ronda hídrica se encuentra la quebrada Sinifaná con la mayor área de intervención, todos éstos ubicados en su mayoría en el municipio de Amagá.

Figura 7. Coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos por el proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

6.2 ANALIZAR LAS COBERTURAS DE BOSQUES, CULTIVOS Y RONDAS HÍDRICAS INTERVENIDOS EN UN ESCENARIO SIN PROYECTO.

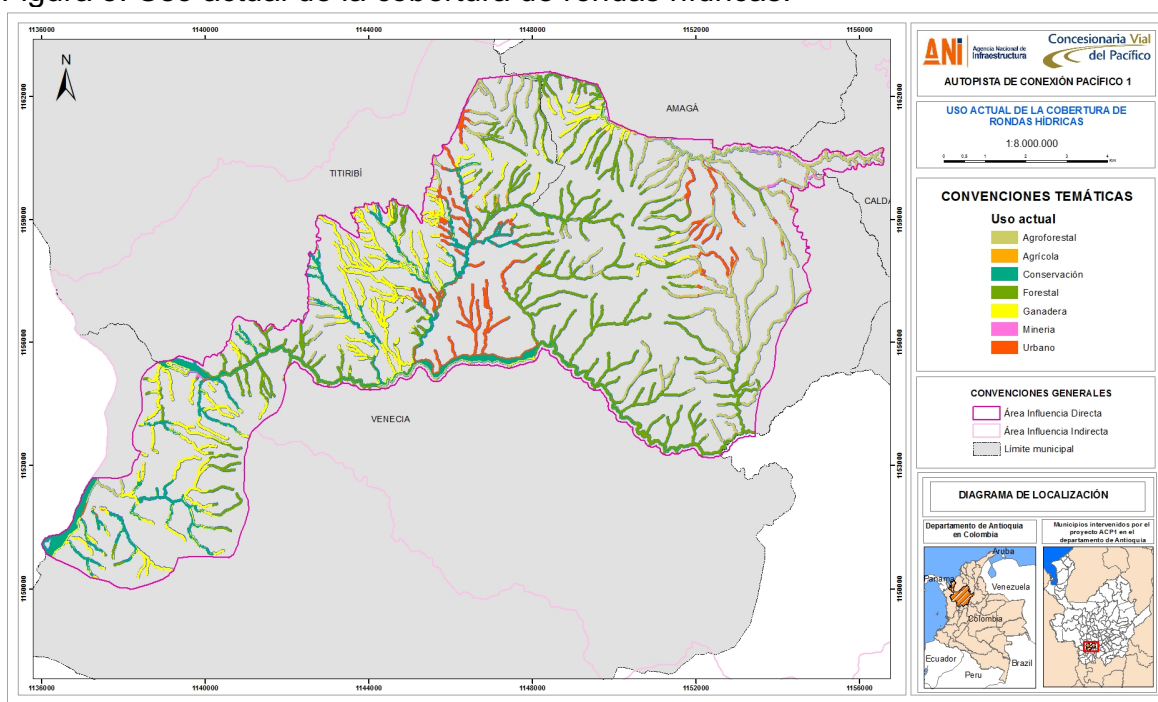
El área de influencia directa del proyecto interviene un total de ronda hídrica de 2335,08 ha. de las cuales 15,7 ha. están siendo ocupadas por actividad agrícola que consiste en cultivos semipermanentes, permanentes intensivos, semi-intensivos y cultivos transitorios intensivos, generando un conflicto en el uso de suelo ligero y moderado, debido a que el tipo de uso adecuado es el silvoagrícola y de protección. Continuando con 477,43 ha. representadas por actividad agroforestal de tipo agrosilvopastoril y silvopastoril, creando un conflicto de uso de suelo ligero, moderado y severo, esto obedece a que el tipo de uso adecuado es el de cultivos transitorios semi-intensivos y de protección, la actividad ganadera de pastoreo extensivo se realiza en una extensión de 495,69 ha. desarrollando un conflicto de uso de suelo generalmente moderado, dado que la vocación de dicho suelo es agrícola

La actividad forestal se realiza sobre 695,14 ha., de las cuales 5,78 ha. no generan impacto sobre las rondas hídricas, el resto causan impacto ligero, moderado y severo, debido a que la utilización óptima debe consistir en agroforestal y agrícola (ver figura 7).

Dentro de la cobertura de rondas hídricas se encuentran 395,76 ha. de uso de conservación, de las cuales 14,55 ha. no generan impacto sobre estas, el resto, es decir, 321,21 ha. producen un impacto severo, ya que estas áreas de suelo son solo aptas para la actividad agrícola.

El suelo urbano interviene en 255,36 ha. de ronda hídrica dentro del área de influencia directa del proyecto, constituido en espacio público, residencial e industrial, creando un impacto moderado, teniendo en cuenta que el uso adecuado en esta área es agroforestal, conservación y agrícola. Finalmente, se constituyen 15,81 ha. de actividad minera, ocasionado conflicto de uso de suelo severo, ya que el uso óptimo debe consistir en la actividad agrícola.

Figura 8. Uso actual de la cobertura de rondas hídricas.

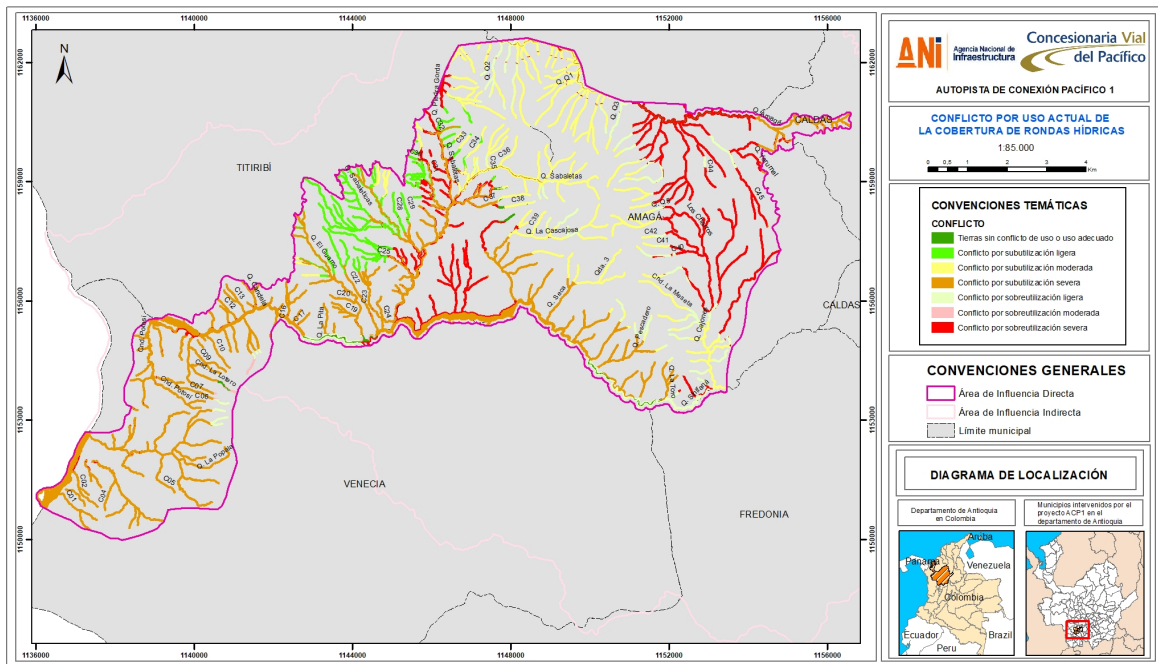


Fuente: Elaboración propia.

Los conflictos de uso de suelo por subutilización y sobreutilización más severos sobre las rondas hídricas, se deben a las actividades agrícola, agroforestal, conservación, forestal, ganadera minera y urbana, ubicados en las quebradas Sinifaná, Sabaletas, río Cauca, La Popala, Potosi, La pita, Canela, El Guamo y Yarumal, seguido de las actividades agroforestal, forestal y ganadera con un conflicto de uso de suelo por subutilización y sobreutilización moderado, sobre las quebradas La Cascajosa, Sabaletas y Cajones.

Continuando con las actividades agrícola, agroforestal, forestal y ganadera, las cuales generan conflictos de uso de suelo por subutilización y sobreutilización ligeros en las quebradas La Cascajosa, El Guamo y Amagá. Finalmente, las áreas de ronda hídrica que se encuentran sin conflicto de uso o uso adecuado, corresponden a las quebradas Sinifaná, Amagá y entre otras (ver figura 9).

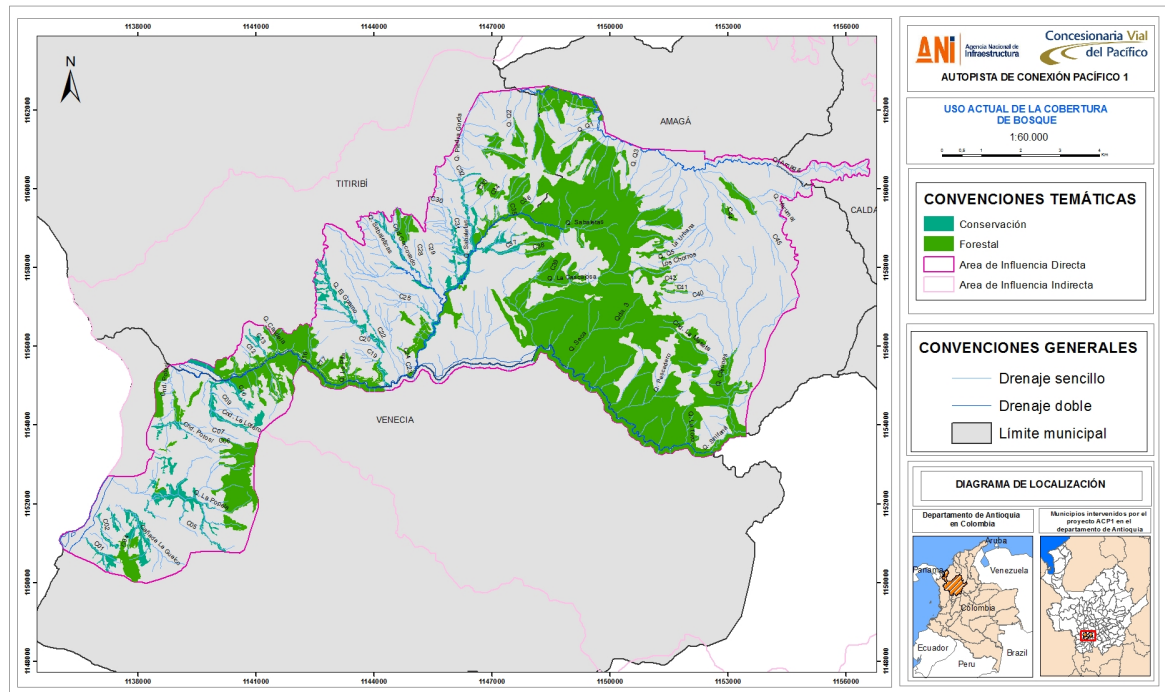
Figura 9. Conflicto por uso actual de la cobertura de rondas hídricas.



Fuente: Elaboración propia.

El proyecto vial interviene un total de cobertura de bosque de 3295,80 ha. de acuerdo al área de influencia directa, el uso más representativo es el forestal con un área de ocupación de 295 ha., de las cuales 2,78 ha. destinadas para la producción y protección, comprendidas entre especies como; pino, eucalipto, matarratón, aguacatillo y yarumo blanco distribuidos en los municipios de Venecia, Titiribí y Amagá. Seguido del uso de conservación con un área de 343,00 ha. para protección de los recursos hídricos, distribuidos principalmente en los municipios de Venecia y Titiribí (ver figura 10).

Figura 10. Uso actual de la cobertura de bosque.

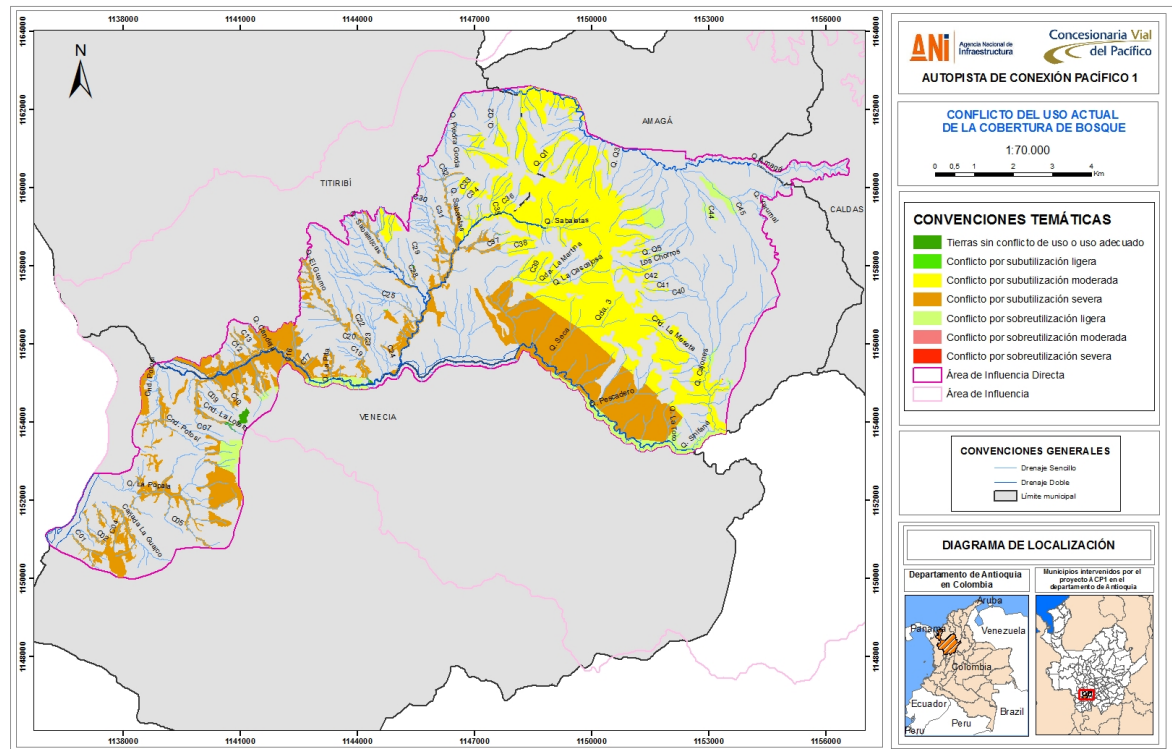


Fuente: Elaboración propia.

En la cobertura de bosque se presentan unos conflictos de uso de suelo por sobreutilización y subutilización, iniciando con 1477,88 ha. se encuentran los de representación severa, debido a que el uso adecuado sobre este suelo es el agrícola y forestal, sin embargo, el uso actual es de conservación, agroforestal, forestal y ganadería. Continuando el conflicto de uso de suelo por sobreutilización y subutilización moderado con 1586,47 ha., este obedece a que el uso actual se encuentra representado por actividades tales como, forestal y de ganadería, teniendo en cuenta que el uso potencial es el relacionado con la actividad agrícola.

El conflicto de uso de suelo por sobreutilización y subutilización ligera con 220,77 ha., se debe a que, en su mayoría, éstas áreas actualmente son utilizadas para la ganadería, y actividades forestales, lo cual es óptimo para el suelo, excepto por la actividad de ganadería. Por último, las áreas sin conflicto o con uso adecuado del suelo se representan en menor medida con un área de 10,65 ha. y consiste en los usos de conservación y forestal.

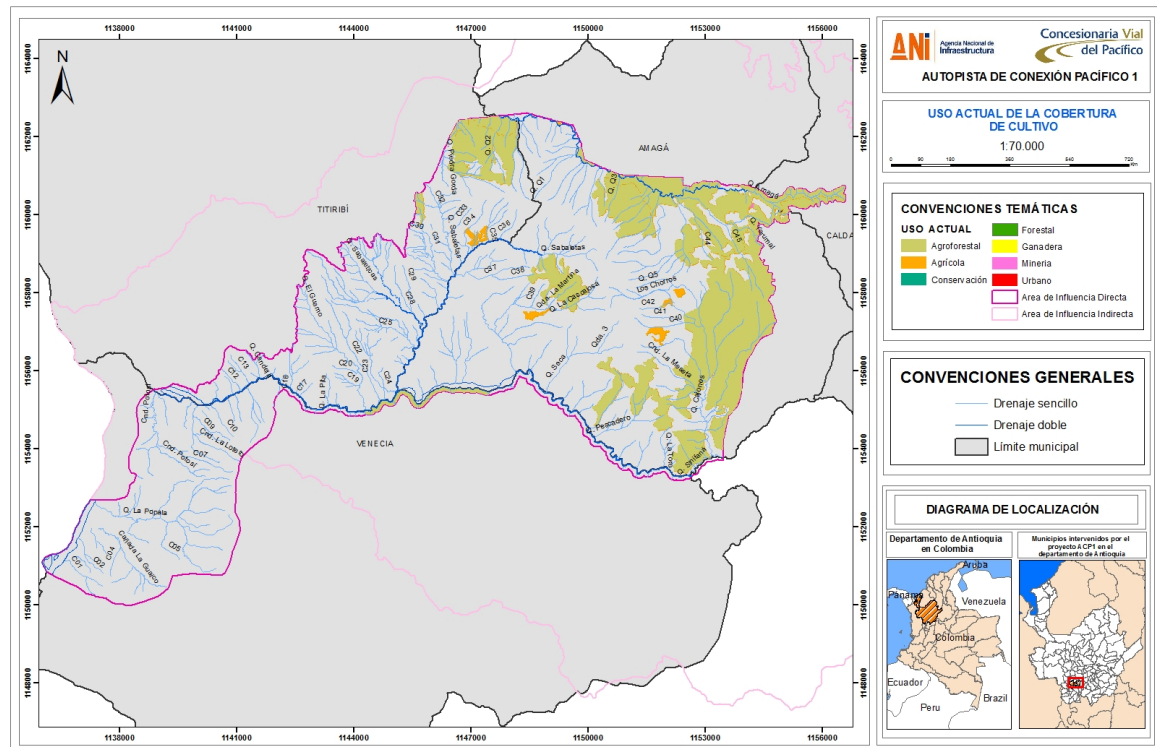
Figura 11. Conflicto por uso actual de la cobertura de bosque.



Fuente: Elaboración propia.

En el área de influencia directa del proyecto vial Pacífico 1, se intervendrá un total de 1877,70 ha en cobertura de cultivo, la actividad más representativa de esta cobertura es la agroforestal con un área de 1839,45 ha., seguido de la actividad agrícola con 37,50 ha., continuando con 0,05 ha. de uso forestal, finalizando con 0,7042 ha. dedicados a la explotación minera.

Figura 12. Uso actual de cobertura de cultivo



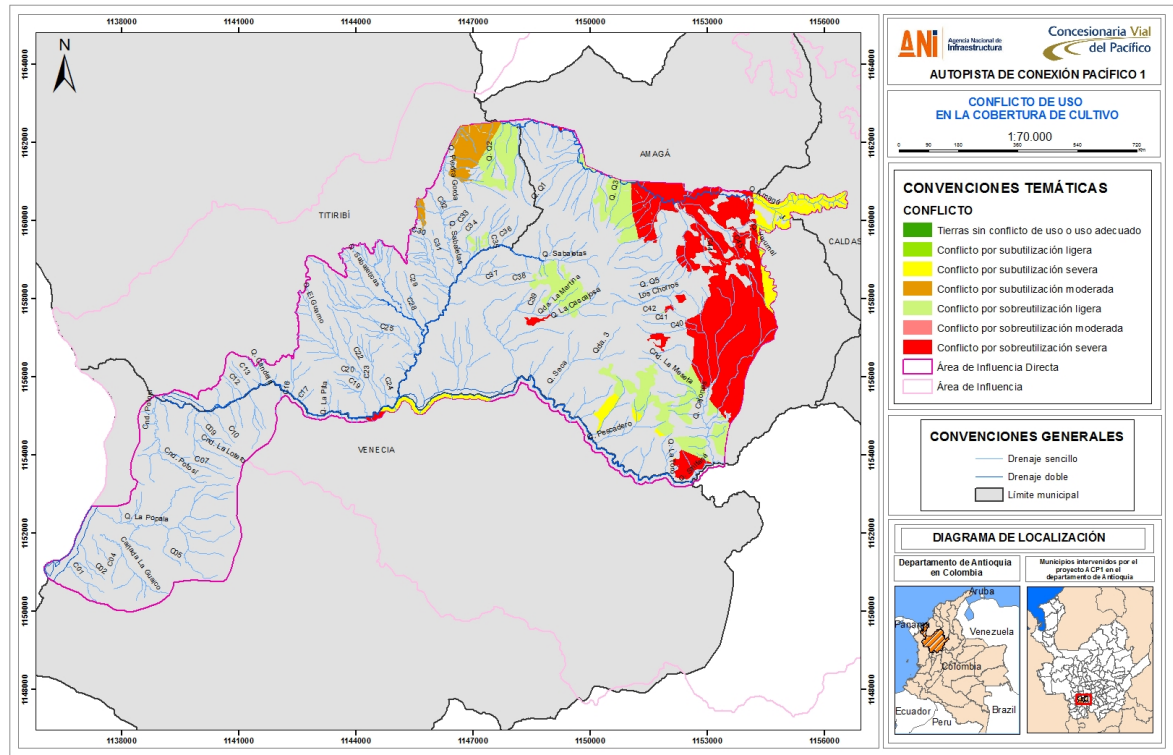
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, estos usos generan unos conflictos por subutilización y sobreutilización sobre la cobertura de cultivo, el conflicto más severo se debe a que el uso actual agroforestal y minero, no coincide con el uso potencial que consiste en las actividades forestales y agrícolas.

En cuanto al conflicto por subutilización y sobreutilización moderado, se presenta debido a que el uso agroforestal que se desarrolla actualmente, no es conveniente para el suelo, por lo tanto, este debe ser reemplazado por el uso potencial agrícola y forestal.

No obstante, el conflicto por subutilización y sobreutilización ligero para la cobertura de cultivo, se presenta por que las actividades desarrolladas sobre el suelo son agrícola y agroforestal, las cuales son óptimas para el suelo, sin embargo, se debe incluir el uso forestal.

Figura 13. Conflicto de uso en cobertura de cultivo



Fuente: Elaboración propia.

6.3 ANALIZAR LAS COBERTURAS DE BOSQUES, CULTIVOS Y RONDAS HÍDRICAS INTERVENIDOS EN UN ESCENARIO CON PROYECTO.

Para analizar las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos en un escenario con proyecto, se tuvieron en cuenta las obras de este tales como: ZODMES - Zonas de Deposito de Material Escarpado, instalaciones temporales fijas, corredor vial y accesos. Los ZODMES son los lugares destinados para albergar el volumen de tierras excedentes, las instalaciones temporales fijas son aquellas que estarán en un mismo sitio durante toda la etapa constructiva y serán desmontados en el momento de iniciar la operación del proyecto, constituidas por oficinas, talleres, plantas de concreto, asfalto y trituración, entre otros.

El corredor vial es el espacio de terreno que ocupará la autopista de conexión, a través de la adquisición predial y finalmente los accesos consisten en la construcción de vías industriales requeridas para acceder a los ZODMES, instalaciones temporales fijas y al corredor vial durante de etapa de construcción del proyecto.

Estas obras se desarrollan a través de unas actividades las cuales son: adquisición de predios, esta se ejecuta sobre los mecanismos de la compra directa, por enajenación voluntaria, expropiación judicial o expropiación por vía administrativa, negociación de áreas requeridas para la ejecución de actividades y obras (incluye relacionamiento con propietarios y ocupantes). Esta actividad también incluye negociación de servidumbres. (Concesionaria Vial del Pacífico, 2015)

Montaje y operación de instalaciones temporales fijas, consiste en el funcionamiento de las instalaciones temporales, que incluyen la operación y mantenimiento de maquinaria y equipo de construcción, el almacenamiento de materiales, insumos, repuestos, manejo integral de residuos sólidos (ordinarios, reciclables y peligrosos) y líquidos (domésticos y peligrosos), combustibles, sustancias químicas y los demás insumos asociados a la construcción del proyecto. (Concesionaria Vial del Pacífico, 2015)

Además, incluye la dotación para la construcción de obras de drenaje y señalización, el funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales e industriales, obras civiles para las desviaciones de cauces y la operación de plantas de procesamiento de material (concreto y asfalto). Es importante resaltar, que los campamentos contarán con oficinas, unidades sanitarias y baños portátiles.

Desmonte y descapote, desmonte es la limpieza del terreno natural en las áreas que ocuparan las obras, y las zonas o fajas laterales del derecho de vía, que se encuentren cubiertas de bosque y cultivos. Descapote es el retiro de todos los materiales de carácter orgánico e inorgánico de los terrenos elegidos para la realización de las obras. (Concesionaria Vial del Pacífico, 2015)

Excavaciones superficiales (movimiento de tierras), se refiere al volumen de material que debe removerse de manera mecánica o manual, para la apertura de la doble calzada y para las fundaciones de las estructuras de puentes, cruces, túneles, obras de arte y estabilización, entre otros. Adecuación, operación y mantenimiento de zonas de depósito, hace referencia a la construcción de obras de arte, sistemas de drenaje y adecuación de sitios para la disposición de material proveniente de las excavaciones, suelo orgánico, desmonte, escombros, etc. Incluye también la construcción de cimentaciones del depósito de estériles. (Concesionaria Vial del Pacífico, 2015)

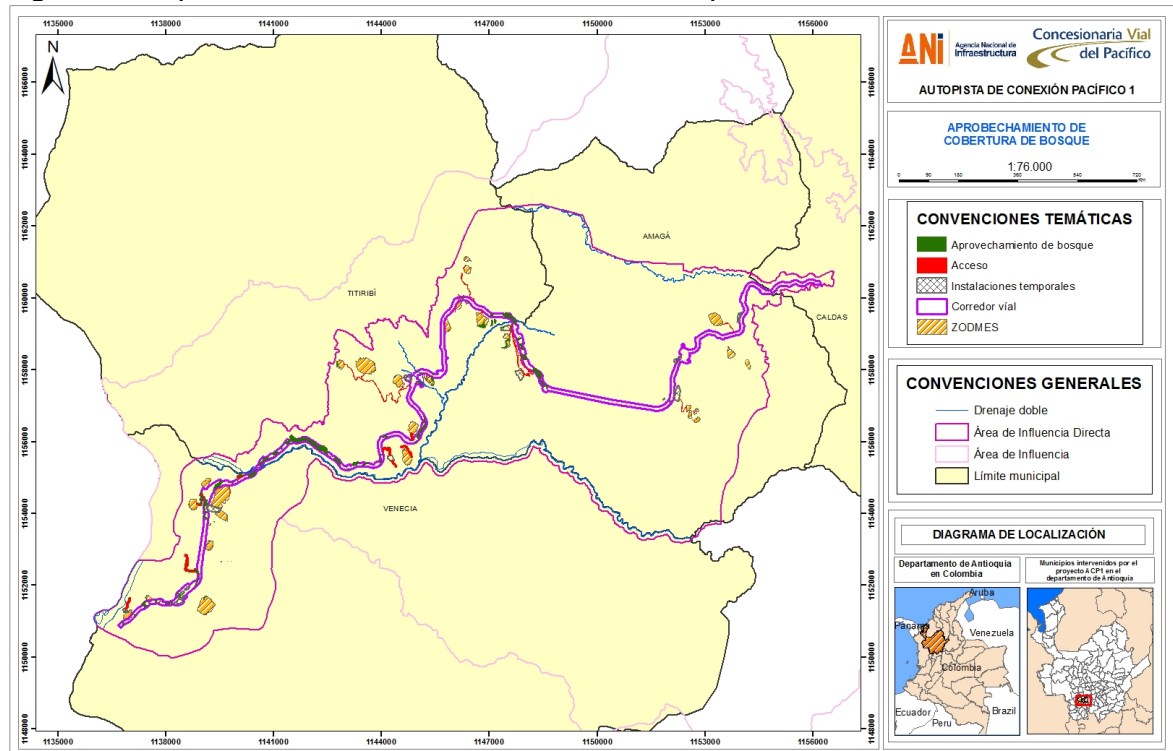
Construcción de obras hidráulicas para el cruce y/o ocupación de varios cuerpos de agua presentes dentro del área de influencia directa. Los cruces de las quebradas más importantes (en tamaño de cuenca y caudal) se realizan mediante puentes o pontones. Los cauces que coinciden con el trazado vial se intervendrán mediante box culvert y alcantarillas transversales. Incluye desvíos temporales de cauces. (Concesionaria Vial del Pacífico, 2015)

Una vez manifestado lo anterior, a continuación se inicia el desarrollo del análisis de las coberturas en un escenario con proyecto. En el caso de bosque, se estarían interviniendo 80,00 ha. distribuidas de la siguiente manera; iniciando con los accesos, se intervendrían 4,40 ha. a través de las actividades de desmonte y descapote de terreno natural con existencia de bosques para ejecutar las vías de acceso hacia las instalaciones temporales fijas, ZODMES y el corredor vial. Continuando con 7,80 ha. intervenidas por ZODMES para la disposición de material proveniente de las excavaciones, suelo orgánico, desmonte, escombros, etc.

Seguido de 0,64 ha. aprovechadas para instalaciones temporales fijas asociados a la construcción, operación y mantenimiento del proyecto. Y finalmente para llevar a cabo la construcción del corredor vial, se estarían aprovechando 67,22 ha. a través de la adquisición de predios. Lo anteriormente expuesto, genera un cambio de uso de suelo actual por todas las obras a realizar sobre las coberturas de bosque intervenidas por las mismas. Con respecto al corredor vial, cambia la destinación del suelo en su totalidad, dado que este pasaría a ser ocupado por el corredor vial, desapareciendo así la cobertura de bosque.

En cambio para los accesos y las instalaciones temporales fijas, el retiro de equipos e infraestructura y la limpieza final, de áreas utilizadas temporalmente por el proyecto, debido a la finalización de la etapa de construcción, produce un cambio positivo en el uso del suelo, dado que se recuperan las condiciones de uso en algunas áreas, de acuerdo con lo definido en el Esquema de Ordenamiento Territorial - EOT o Plan Básico de Ordenamiento Territorial – PBOT de cada municipio, tales como el uso de conservación para la cobertura de bosques. Las obras para ZODMES, generan un cambio de uso del suelo impidiendo que la cobertura de bosque retorne a sus condiciones originales por medios naturales.

Figura 14. Aprovechamiento de cobertura de bosque.

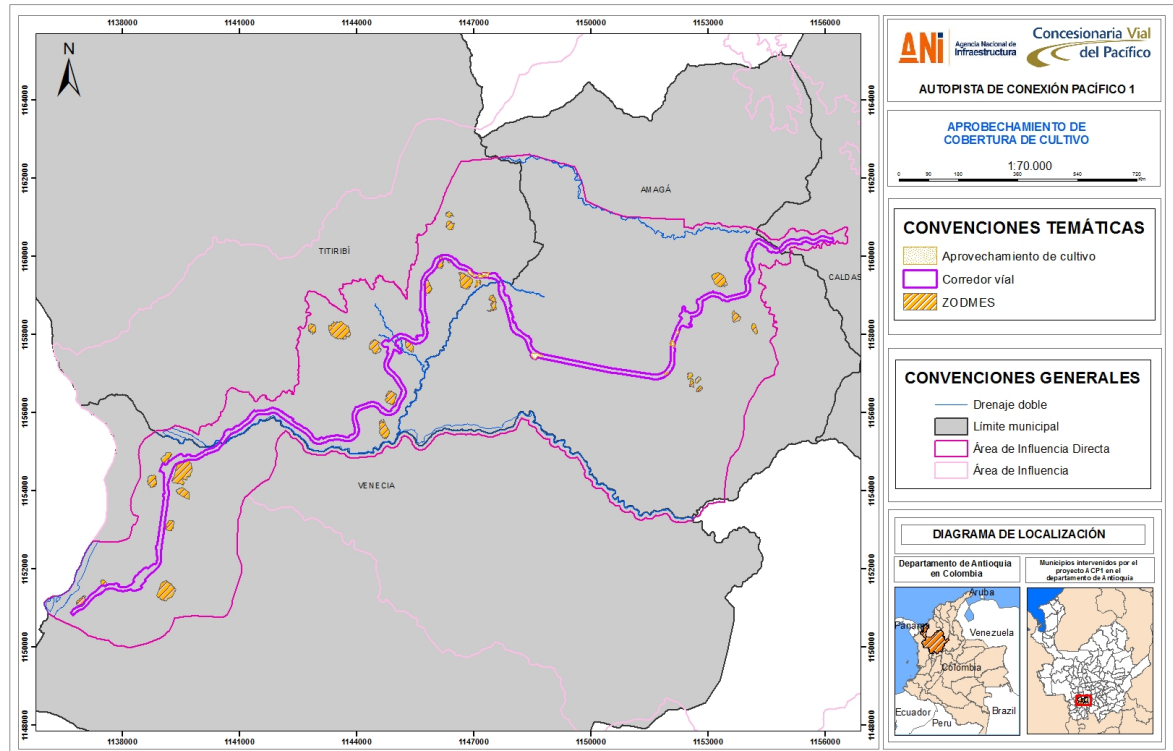


Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la cobertura de cultivo, el aprovechamiento sería por Zonas de Deposito de Material Escarpado – ZODMES y corredor vial, por lo tanto, para lo primero se aprovecharía un área de cultivo de 0,22 ha. para la construcción de doble calzada, se aprovecharían 7,6 ha. de cultivos, con un total de 7,82 ha. de cultivos intervenidas. No obstante, la anterior situación genera un cambio de uso de suelo actual por estas obras a realizar sobre la cobertura de cultivo, de tal manera que la destinación del suelo en su totalidad pasaría a ser ocupado por el corredor vial, desapareciendo así la cobertura. Las obras para ZODMES generan un cambio de uso del suelo impidiendo que sea apto para que retorne a sus condiciones originales.

Con la adquisición de predios las actividades económicas generadas por el cultivo y realizadas por la población del área de influencia podrán variar ante la oferta de alternativas de empleo directo y/o indirecto que generen mayor estabilidad y mejor remuneración. Algunos pobladores locales optan por abandonar las labores tradicionales y buscan vinculación laboral con el proyecto. Esta situación se presenta en todas las etapas del proyecto, con mayor significancia en la etapa de construcción, debido a que en ella se requiere el mayor número de empleos.

Figura 15. Aprovechamiento de cobertura de cultivo.



Fuente: Elaboración propia.

El aprovechamiento de ronda hídrica, se genera debido a los vertimientos domésticos e industrial, ocupación de cauce y captación de agua. Todos estos generados por las actividades desarrolladas en las etapas de preconstrucción y construcción, a través de las obras tales como; accesos, ZODMES – Zonas de Deposito de Material Escarpado, instalaciones temporales y el corredor vial.

En cuanto a los vertimientos domésticos, durante la etapa de construcción se producirán en las diez instalaciones temporales que comprende el proyecto y en la etapa de operación en el Centro de control Operativo (CCO) Titiribí, en el área de pesaje y de servicios Bolombolo, y en los centros de control a la entrada y salida de los túneles Sinifaná y Amagá. Los vertimientos industriales durante la etapa de construcción del proyecto se generarán en las áreas de limpieza y talleres, plantas de trituración, concreto, asfaltos y de estabilización de suelo y en los túneles Sinifaná y Amagá asociados a las actividades de perforación y caudales de infiltración.

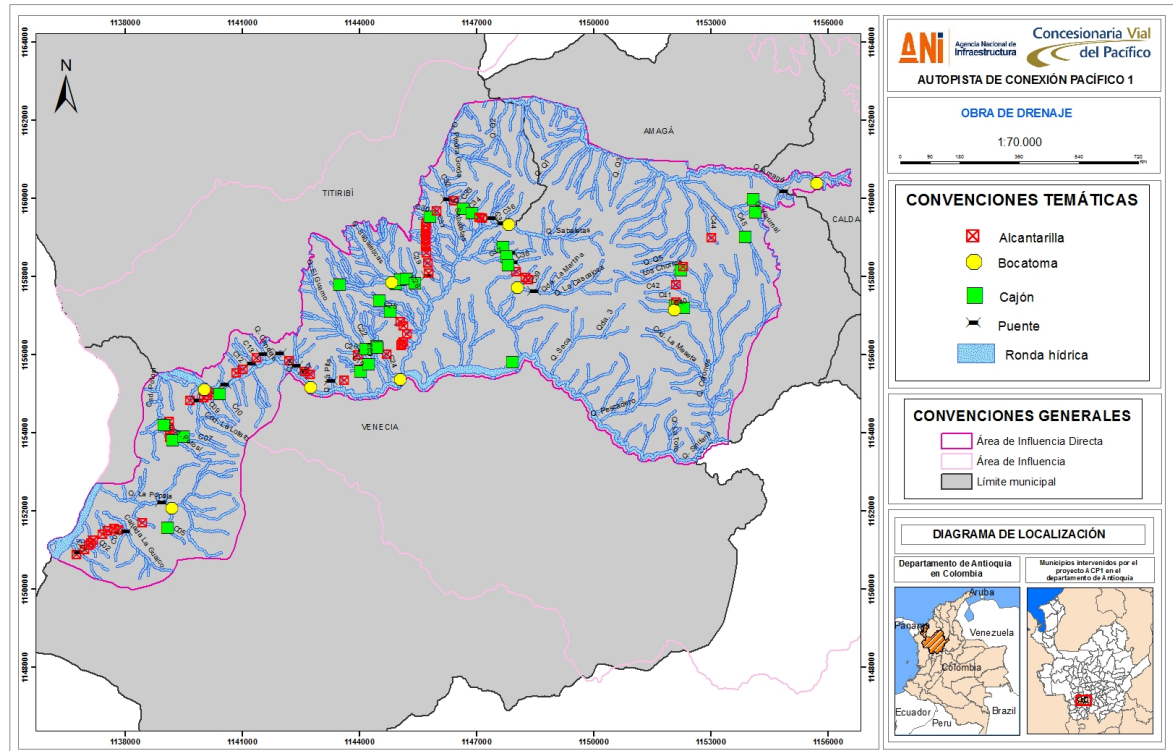
Las rondas hídricas afectadas por vertimientos domésticos, pertenecen a las quebradas Sabaletas y La Cascajosa. Las rondas hídricas afectadas por vertimientos industriales, pertenecen a las quebradas Amagá, C40, Sinifaná, Sabaletas y Cañada La Guaico.

Figura 16. Vertimientos domésticos e industriales en ronda hídrica.



La construcción de estas obras hidráulicas tales como; alcantarilla, bocatoma, cajón y puente pueden ocasionar aporte de agentes contaminantes a las rondas hídricas deteriorando su calidad, dado que la intervención se realiza directamente en el cuerpo hídrico (ver figura 17). También pueden incluir desvíos temporales de cauces, causando alteraciones en la morfología de las rondas hídricas intervenidas, lo que altera el comportamiento natural del flujo de la corriente y procesos como transporte y depósito de sedimentos.

Figura 17. Ocupación de ronda hídrica por obras de drenaje.

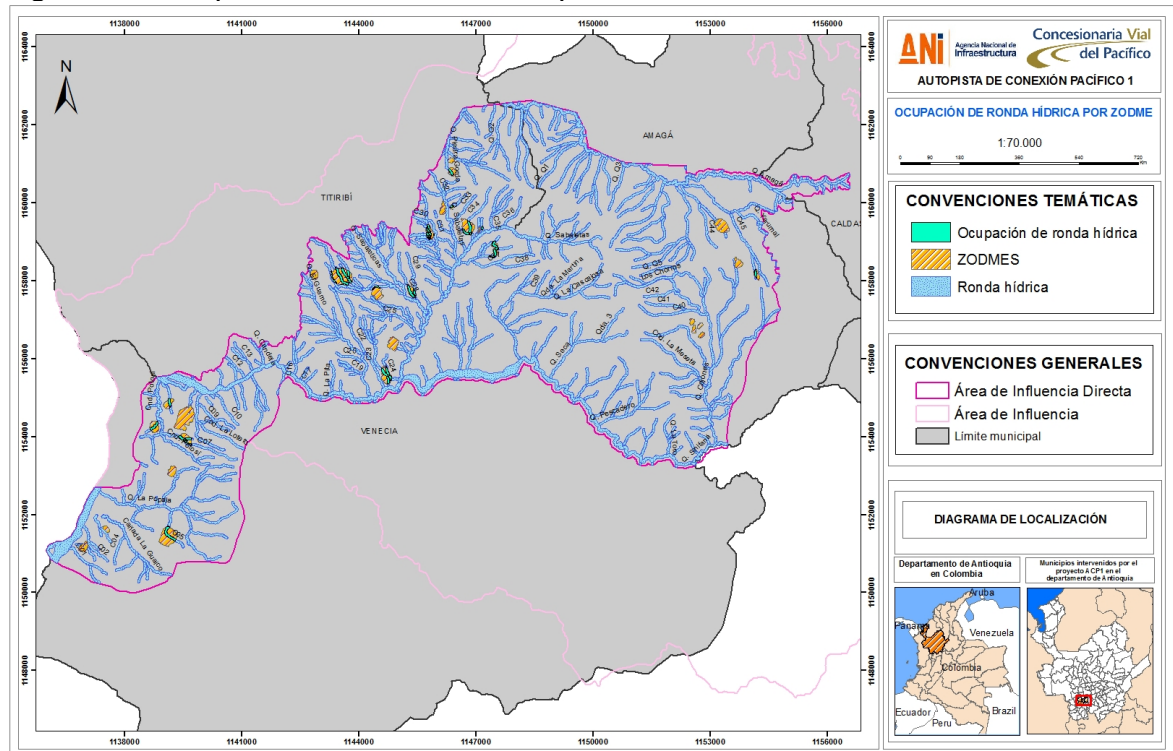


Fuente: Elaboración propia.

Algunas de las zonas seleccionadas para la disposición de los materiales sobrantes de las excavaciones y material estéril, llamadas Zonas de Deposito de Material Escarpado – ZODMES, resultante durante la construcción del proyecto Autopista Conexión Pacífico 1, se encuentran ubicadas sobre rondas hídricas. La Zona de Deposito de Material Escarpado – ZODME que genera mayor ocupación de ronda hídrica es la B-5B con un área de 8,60 ha. Seguido de la Zona de Deposito de Material Escarpado – ZODME B-6 con un área de 4,73 ha., la Zona de Deposito de Material Escarpado – ZODME B-11 tiene un área de ocupación de 4,72 ha., la Zona de Deposito de Material Escarpado – ZODME B-8A, ocupa un área de 3,95 ha.

Las Zona de Deposito de Material Escarpado – ZODMES con menor ocupación de ronda hídrica es la B-5A con 0,55 ha., la ZODME B-8C tiene un área de ocupación de 0,40 ha. y la ZODME B-8D con un área de intervención por ronda hídrica de 0,37 ha. Al igual que en la construcción de obras de drenaje, la adecuación, operación y mantenimiento de estas zonas de depósito puede aportar sustancias, como sólidos principalmente, a las rondas hídricas, lo cual modifica la calidad del recurso y genera alteraciones en las comunidades de organismos asociados y presentes a estas, así como limitaciones en la disponibilidad del recurso para usarlo con determinado fin.

Figura 18. Ocupación de ronda hídrica por ZODME.

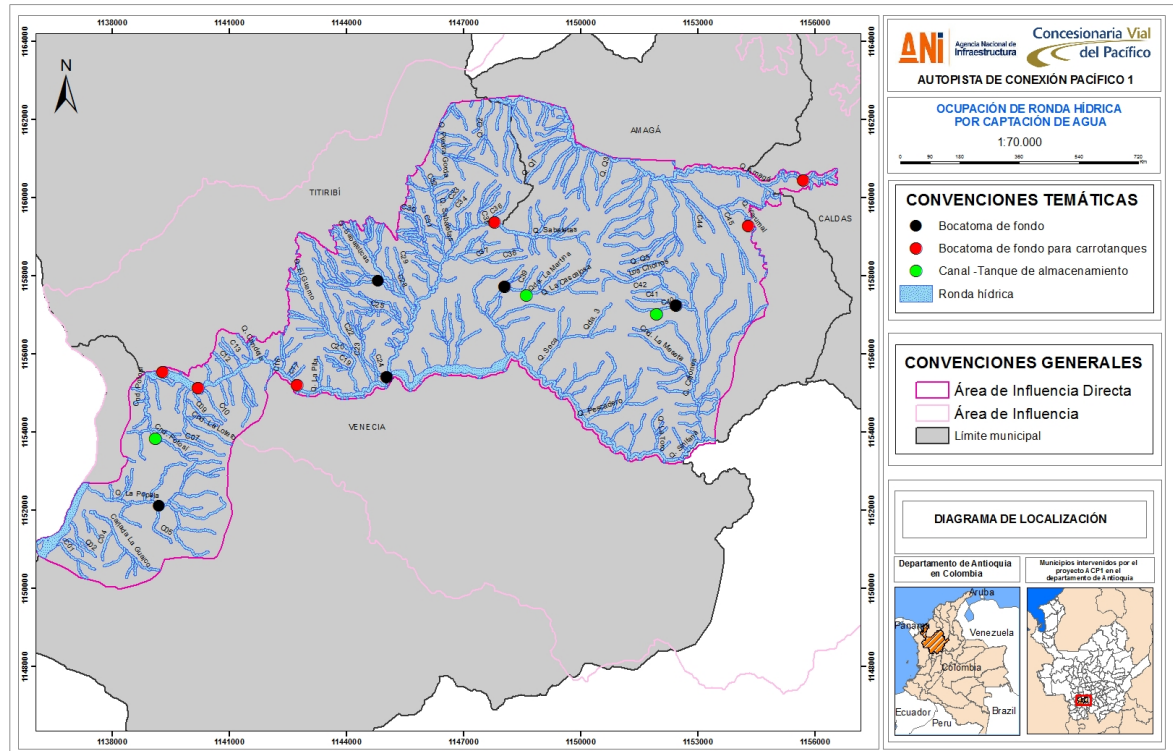


Fuente: Elaboración propia.

En la ocupación de ronda hídrica por captación de agua, consiste en la elaboración de bocatamos de fondo sobre las rondas hídricas de La Popala, Sabaleticas, Sinifaná, La Cascajosa y C 40 afluente de la quebrada Cajones. En cuanto a las bocatamos de fondo, con posibilidad de captación para carrotanques, estos se generarían sobre las rondas hídricas de Sinifaná, La Cascajosa, Sabaletas, C40 afluente de la quebrada Cajones, Amagá y Yarumal. Para la elaboración de canales para los tanques de almacenamiento, es necesario la ocupación de las rondas hídricas de quebrada Potosí, La Cascajosa y C40.

La perforación y voladuras para la construcción del túnel de Amagá y Sinifaná, puede alterar las condiciones de las rondas hídricas disponibles (en cantidad o volumen) para cualquier uso, o limitación de las posibilidades de acceso al recurso, ya sea por medios físicos (aislamiento por obras o cerramientos principalmente), por sustracción del recurso (derivación o sustracción de caudales) o por deterioro de la calidad que lo hace inutilizable (contaminación física o química del recurso). Debido a que la posible reducción del caudal afectaría a los habitantes de la parcelación La Siria y vereda Pueblito de los Sánchez, con 511 y 750 usuarios respectivamente, así como habitantes de la finca La Otilia, y los sectores Los Granados y La Cuadra que se abastecen de dichas captaciones. (Concesionaria Vial del Pacífico, 2015)

Figura 19. Ocupación de ronda hídrica por captación de agua.



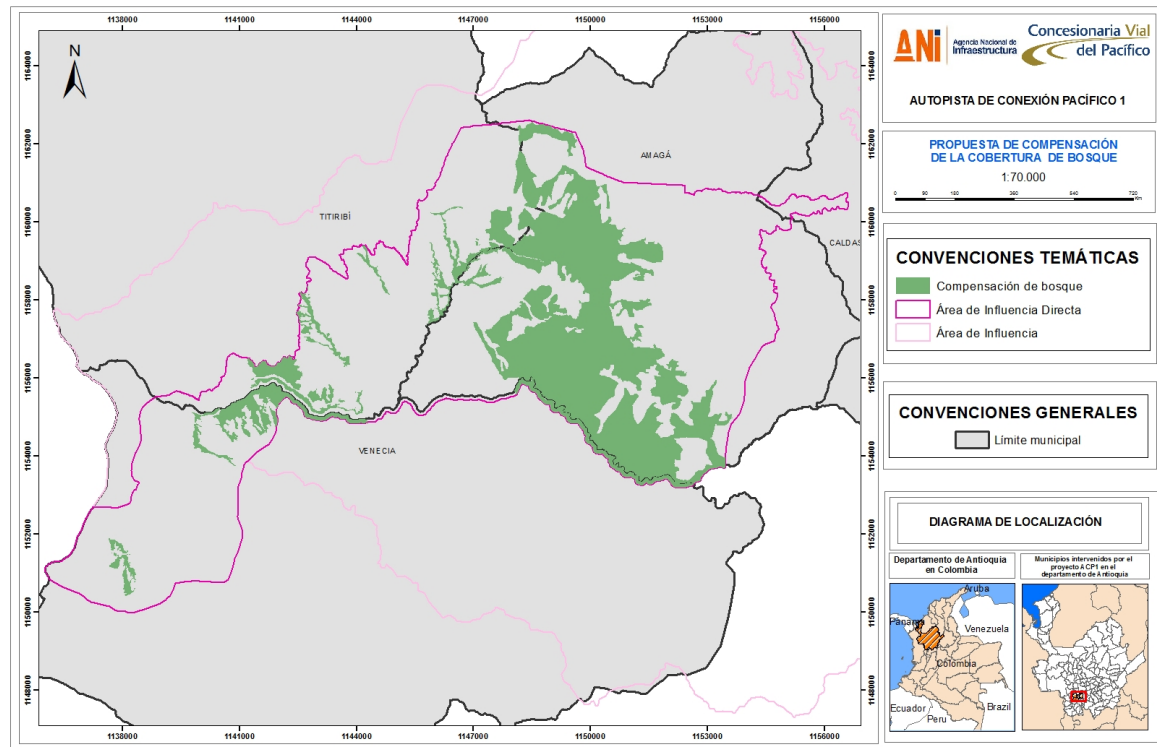
Fuente: Elaboración propia.

6.4 PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MANEJO Y MITIGACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA CAUSADA POR LA INTERVENCIÓN DEL PROYECTO VIAL SOBRE LOS BOSQUES, CULTIVOS Y RONDAS HÍDRICAS.

Se propone un conjunto de acciones o medidas necesarias para prevenir, mitigar, corregir y compensar las problemáticas identificadas, que se generan sobre las coberturas de bosque, cultivo y ronda hídrica durante la construcción, operación y ejecución del proyecto vial Autopista Conexión Pacífico 1.

En cuanto a la cobertura de bosque, se propone como medida de mitigación a la problemática causada sobre esta cobertura, una compensación de 177,85 ha. de bosque ripario y 2392,49 ha. de Vegetación secundaria o en transición de acuerdo al uso potencial del suelo.

Figura 20. Propuesta de compensación de la cobertura de bosque.



Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la ocupación de cause, se propone para la protección de las rondas hídricas, ser aisladas y protegidas en sus márgenes, mediante la instalación de elementos de contención como mallas y cerramientos para evitar aporte de materiales, se deberá evitar la instalación de baños portátiles, a menos de 30 m, de patrones de escorrentía y drenajes superficiales. No se deberá adecuar accesos vehiculares hasta la ronda hídrica. (Concesionaria vial del Pacífico – COVIPACIFICO, 2015)

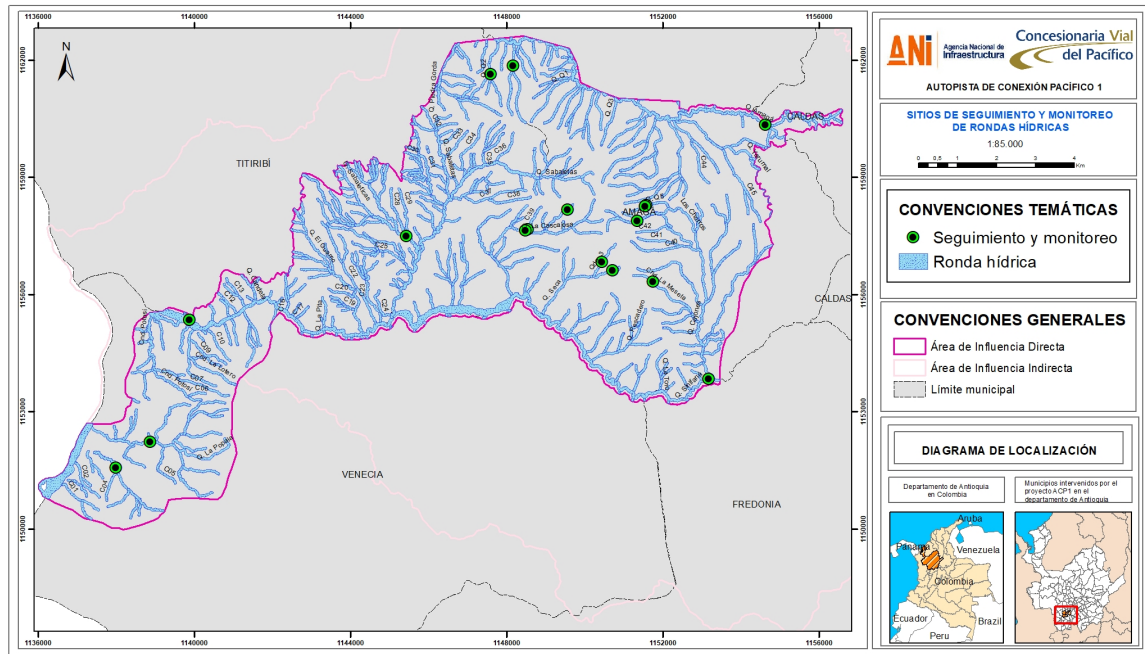
Las actividades tales como descapote y excavaciones por las obras de Zonas de Deposito de Material Escarpado – ZODMES se deben desarrollar de manera tal que se evite aporte de materiales a cuerpos de agua; en caso presentarse esta situación, deben ser retirados inmediatamente. Se supervisará permanentemente las rondas hídricas durante la ejecución de las obras, en pro de mantenerlas libre de contaminación por aporte de residuos sólidos, grasas o aceites, entre otros; y adoptar, en caso de ser necesario, medidas de mitigación, tales como la limpieza inmediata de la corriente retirando los residuos sólidos y líquidos (por ejemplo mediante baldeo) para su adecuado manejo con base en los lineamientos estipulados en los subprogramas manejo de residuos sólidos domésticos, industriales y especiales y manejo de residuos líquidos.

Se propone construir obras de protección necesarias en las rondas hídricas, como medida para limitar la socavación en la cercanía de los estribos y garantizar la estabilidad del lleno en tierra armada en los terraplenes de aproximación de los puentes proyectados, durante los eventos de creciente. Estas obras serían de desviación y canalización, las cuales deben garantizar el flujo de agua y minimizar la alteración de los cauces y la hidráulica de las corrientes. La ejecución de las obras de desvío y canalización, deben hacerse de forma gradual, avanzando desde aguas arriba hacia aguas abajo. La construcción del canal de desvío se debe iniciar desde el centro hacia los extremos para trabajar en seco dentro del canal, sin ingreso de agua mientras se realiza el movimiento de tierras, si es posible, el inicio de las obras debe efectuarse al comienzo de la estación seca con el fin de que la construcción se realice durante el tiempo de verano.

Por otro lado, se recomienda mantener condiciones de orden y aseo adecuadas de los diferentes frentes de trabajo cercanos a las rondas hídricas para evitar que los cauces sean receptores de residuos contaminantes y manejar los residuos. Proteger y delimitar las áreas de acopio de materiales requeridos para las obras, con el fin de evitar la acción erosiva del viento y el arrastre de material hacia las rondas hídricas, mediante la implementación de muros o elementos contenedores.

Para lo anterior, se debe realizar el seguimiento de las medidas de manejo de las rondas hídricas, a través de unos sitios de monitoreo distribuidos espacialmente de acuerdo a las obras y actividades generadas en las mismas, las cuales, intervienen las rondas hídricas, iniciando por el municipio de Amagá, se estarían instalando diez sitios de monitoreo sobre las rondas hídricas de Quebrada Yarumal, Quebrada Amagá, La Meseta, Quebrada Sinifaná, Los Chorros, Q. 5, Quebrada Seca, Q.3, La Cascajosa, Quebrada La Martina (ver figura 21), continuando por el municipio de Titiribí se encontrarían tres sitios de monitoreo en las rondas hídricas de Q. 2, Quebrada Sabaleticas y Quebrada Sinifaná, y por último, en el municipio de Venecia, estarían dos sitios de monitoreo de rondas hídricas sobre las quebradas de La Popala y Cañada La Guaico.

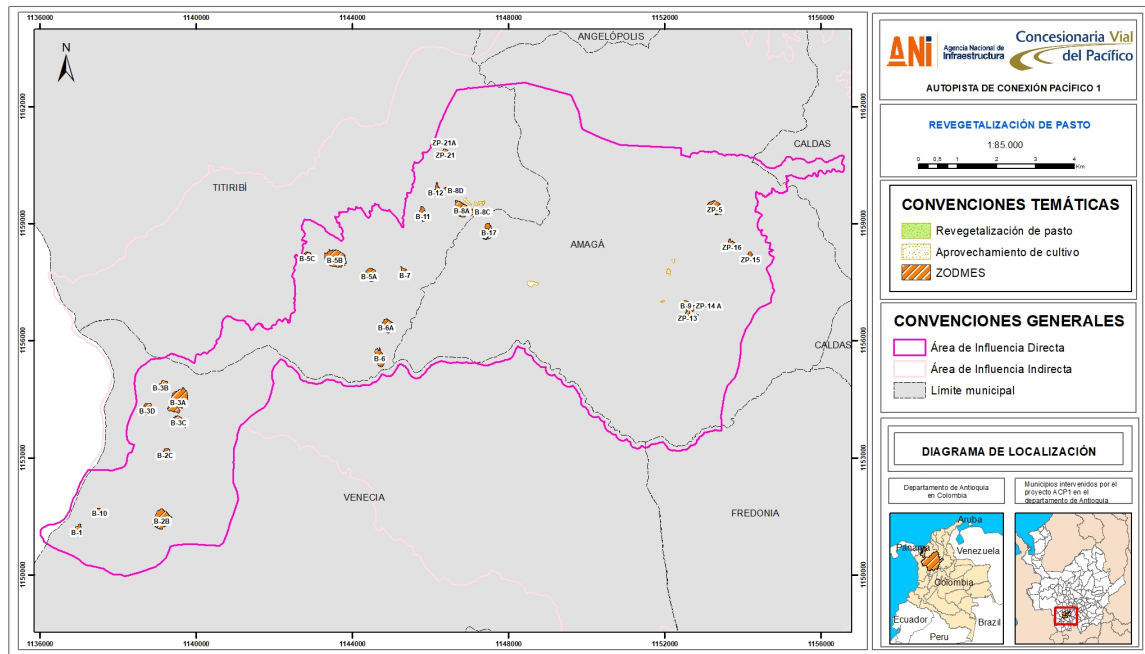
Figura 21. Sitios de seguimiento y monitoreo de rondas hídricas.



Fuente: Elaboración propia.

Para la cobertura de cultivos se propone como medida de recuperación a la intervención causada de 0,22 ha. por las obras de Zonas de Deposito de Material Escarpado – ZODMES, revegetalizar con pasto una vez terminadas las actividades realizadas sobre dicha obra, debido a que el cambio de uso del suelo generado por la misma impide que sea apto para que retorne a sus condiciones originales, por lo tanto, las condiciones del suelo solo son aptas para la revegetalización de pasto. Lo anterior se elaborará en el municipio de Titiribí en las Zonas de Deposito de Material Escarpado Zodmes B-8B, Zodmes B-8C y Zodmes B-8A (ver figura 22).

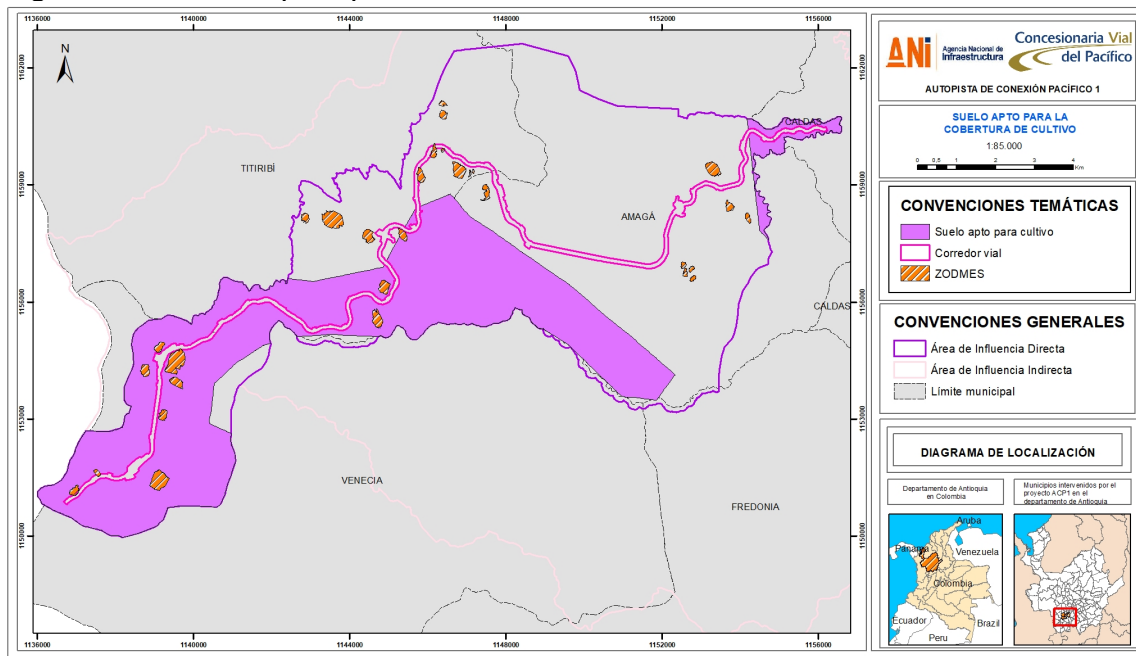
Figura 22. Revegetalización de pasto.



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en cuanto a la intervención de la cobertura causada por el corredor vial de 7,6 ha., no podrá ser recuperada debido a que dicho espacio sería ocupado totalmente por la doble calzada, sin embargo, de acuerdo al Plan Básico de Ordenamiento Territorial- PBOT del municipio de Caldas, Esquema de Ordenamiento Territorial- EOT del municipio de Amagá, Plan de Ordenamiento Territorial- POT del municipio de Titiribí y Plan de Ordenamiento Territorial- POT del municipio de Venecia, existen suelos aptos para la cobertura de cultivos, teniendo en cuenta el área de influencia directa del proyecto, existen 3665,06 ha. de suelo potencialmente apto para la continuidad de la cobertura de cultivo, contribuyendo de esta manera a la productividad, protección del suelo y demás recursos naturales.

Figura 23. Suelos aptos para la cobertura de cultivos



Fuente: Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES

Como conclusión de la identificación de las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos por el proyecto, se determinó que el bosque de galería y/o ripiario sería el de mayor intervención por el proyecto, en cuanto a cultivos, el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales serían los más afectados y en el caso de ronda hídrica se encuentra la quebrada Sinifaná con la mayor área de intervención, todos éstos ubicados en su mayoría en el municipio de Amagá. El segundo objetivo se fundamentaba en analizar las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidos por el proyecto, en un escenario sin proyecto, se presentó una situación del estado actual de las coberturas, describiendo las condiciones actuales de las mismas con énfasis en las principales alteraciones de cada una ocasionadas por distintos sectores o actividades productivas y de ocupación del territorio que han estado interviniendo y alterando el entorno desde épocas pasadas, de lo cual se determinó que los conflictos de uso de suelo por subutilización y sobreutilización más severos sobre las rondas hídricas, se deben a las actividades agrícola, agroforestal, conservación, forestal, ganadera, minera y urbana, ubicados en las quebradas Sinifaná, Sabaletas, río Cauca, La Popala, Potosí, La pita, Canela, El Guamo y Yarumal.

Por otro lado, en cuanto a la cobertura de bosques se presentaron unos conflictos de uso de suelo por sobreutilización y subutilización severa, debido a que el uso adecuado sobre este suelo es el agrícola y forestal, sin embargo, el uso actual es de conservación, agroforestal, forestal y ganadero. Sobre la cobertura de cultivo, el conflicto más severo se debe a que el uso actual agroforestal y minero, no coincide con el uso potencial que consiste en las actividades forestales y agrícolas. En el tercer objetivo, el cual consistió en el análisis de las coberturas de bosques, cultivos y rondas hídricas intervenidas en un escenario con proyecto, la mayor intervención de bosque se debe a la construcción del corredor vial, dado que de las 80.00 ha. intervenidas, 67,22 ha. serán afectadas por esta obra, cambiando la destinación del suelo en su totalidad, dado que este pasaría a ser ocupado por el corredor vial, desapareciendo así la cobertura de bosque. Para el caso de la cobertura de cultivo, al igual que en la cobertura de bosque, el aprovechamiento más significativo sería por el corredor vial, porque, de 7.82 ha., se intervendrían 7.60 ha. de cultivo.

No obstante, la anterior situación genera un cambio de uso de suelo actual por esta obra a realizar sobre la cobertura de cultivo, de tal manera que la destinación del suelo en su totalidad pasaría a ser ocupado por el corredor vial, desapareciendo así la cobertura. Por otra parte, la intervención de ronda hídrica se genera debido a los vertimientos domésticos, sobre las quebradas Sabaletas y La Cascajosa. La afectación de ronda hídrica por vertimientos industriales, se realizará sobre las quebradas Amagá, C40, Sinifaná, Sabaletas y Cañada La Guaico.

Otro tipo de intervención de ronda hídrica es generado por la construcción de obras hidráulicas ocasionando aporte de agentes contaminantes y deteriorando su calidad, dado que la intervención se realiza directamente en el cuerpo hídrico. También pueden incluir desvíos temporales de cauces, causando alteraciones en la morfología de las rondas hídricas intervenidas, lo que altera el comportamiento natural del flujo de la corriente y procesos como transporte y depósito de sedimentos. Las Zonas de Deposito de Material Escarpado - ZODME'S intervienen un total de ronda hídrica de 23.32 ha., de manera que La Zona de Deposito de Material Escarpado - ZODME que genera mayor intervención de ronda hídrica es B-5B con un área de 8,60 ha. a diferencia de La Zona de Deposito de Material Escarpado - ZODME B-8D con un área de intervención por ronda hídrica de 0,37 ha.

En la ocupación de ronda hídrica por captación de agua, consiste en la elaboración de bocatomas de fondo sobre las rondas hídricas de La Popala, Sabaleticas, Sinifaná, La Cascajosa y C 40 afluente de la quebrada Cajones. En cuanto a las bocatomas de fondo, con posibilidad de captación para carrotanques, estos se generarían sobre las rondas hídricas de Sinifaná, La Cascajosa, Sabaletas, C40 afluente de la quebrada Cajones, Amagá y Yarumal. Para la elaboración de canales para los tanques de almacenamiento, es necesario la ocupación de las rondas hídricas de quebrada Potosí, La Cascajosa y C40.

Finalmente en el cuarto objetivo, se propone un conjunto de acciones o medidas necesarias para prevenir, mitigar, corregir y compensar las problemáticas identificadas, que se generan sobre las coberturas durante la construcción, operación y ejecución del proyecto vial Autopista Conexión Pacífico 1. Dentro de estas acciones, en cuanto a la cobertura de bosque, se propone como medida de mitigación a la problemática causada sobre esta cobertura, una compensación de 177,85 ha. de bosque ripario y 2392,49 ha. de Vegetación secundaria o en transición de acuerdo al uso potencial del suelo.

En el caso de la intervención de ronda hídrica se plantean unos sitios de monitoreo y seguimiento de las rondas hídricas, de acuerdo a las medidas de impedir el aporte de materiales a cuerpos de agua, se supervisará permanentemente las rondas hídricas durante la ejecución de las obras, en pro de mantenerlas libre de contaminación por aporte de residuos sólidos, grasas o aceites, entre otros.

Se propuso construir obras de protección necesarias en las rondas hídricas, como medida para limitar la socavación en la cercanía de los estribos y garantizar la estabilidad del lleno en tierra armada en los terraplenes de aproximación de los puentes proyectados, durante los eventos de creciente. Proteger y delimitar las áreas de acopio de materiales requeridos para las obras, con el fin de evitar la acción erosiva del viento y el arrastre de material hacia las rondas hídricas, mediante la implementación de muros o elementos contenedores.

En cuanto a la cobertura de cultivo, se propuso como medida de recuperación a la intervención causada por las obras de Zonas de Deposito de Material Escarpado – ZODMES, revegetalizar con pasto una vez terminadas las actividades realizadas sobre dicha obra, debido a que el cambio de uso del suelo generado por la misma impide que sea apto para que retorne a sus condiciones originales. Lo anterior se elaborará en el municipio de Titiribí en las Zonas de Deposito de Material Escarpado Zodmes B-8B, Zodmes B-8C y Zodmes B-8A.

Por otro lado, la intervención de la cobertura causada por el corredor vial no podrá ser recuperada, sin embargo, de acuerdo al Plan Básico de Ordenamiento Territorial- PBOT del municipio de Caldas, Esquema de Ordenamiento Territorial- EOT del municipio de Amagá, Plan de Ordenamiento Territorial- POT del municipio de Titiribí y Plan de Ordenamiento Territorial- POT del municipio de Venecia, dentro del área de influencia directa del proyecto, existen 3665,06 ha. de suelo potencialmente apto para la continuidad de la cobertura de cultivo, contribuyendo de esta manera a la productividad, protección del suelo y demás recursos naturales.

8. RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES TÉCNICAS.

Incorporar completamente las herramientas de Sistemas de Información Geográfica, como elemento útil en la gestión ambiental, debido a las ventajas que estas ofrecen desde la espacialización y almacenamiento de la información que brindan, en comparación a la que se encuentra representada en tablas.

Se recomienda aprovechar a los SIG, como un sistema que permite integrar distintas disciplinas para dar respuestas de cada uno de los fenómenos generados por la intervención de estos proyectos sobre las coberturas.

RECOMENDACIONES DE LA GESTIÓN AMBIENTAL EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN COLOMBIA.

Reforzar los lineamientos a cerca de la compensación por pérdida de la biodiversidad, debido a que aún tiene muchos vacíos en cuánto se debe compensar, dónde compensar y cómo compensar la funcionalidad y la no pérdida de biodiversidad a una escala local.

Se debe definir la fragmentación de los ecosistemas por la infraestructura vial, con claridad en el otorgamiento de las licencias ambientales que se entregan a las concesiones viales.

Se requiere de estudios suficientes para evaluar los efectos de estas obras sobre la biodiversidad e implementar monitoreo de los efectos en la biodiversidad después de la realización de las obras de los proyectos de infraestructura vial.

Considerar la implementación de la propuesta desarrollada en la presente investigación, como alternativa para dar solución a la problemática socio-ambiental que presenta el área de influencia del proyecto Autopista de Conexión Pacífico 1.

BIBLIOGRAFÍA

- Arcila, M. (2003). Sistemas de información geográfica y medio ambiente: principios básicos. Universidad de Cádiz, España.
- Bosque, J. (1992). Sistemas de Información Geográficos. Ed. Rialp. Madrid.
- Buzai, G. (2004). Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos: análisis espacial de Centros de Atención Primaria de Salud (CAPS) en la ciudad de Luján, Argentina. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, Vol. 20, Núm. 2 (2011). [En línea]. Disponible en: <file:///D:/Mis%20Documentos/Downloads/27184-95386-1-PB.pdf>. [Accesado 13/8/2017]
- Cuevas, A. y Escobar, F. (2009). Caracterización espacial de la vulnerabilidad sociodemográfica en dos distritos madrileños ante riesgos tecnológicos. Universidad de Granada, España.
- Concesionaria Vial del Pacifico- COVIPACIFICO. (2015). Estudio de Impacto Ambiental, Capitulo 05. Antioquia, Colombia.
- Concesionaria Vial del Pacifico- COVIPACIFICO. (2015). Plan de Manejo Ambiental, Capitulo 07. Antioquia, Colombia.
- Convis, Ch. 1996. La Naturaleza de los Sistemas de Información Geográfica. Serie de Seminarios del Programa de Conservación de ESRI. [En línea]. Disponible en: <http://www.conservationgis.org/gishistory/gishistry2.html>.
- Del Río, J. (2010). Introducción al tratamiento de datos espaciales en la hidrología. España
- Ebdon, D. (1982). Estadística para geógrafos. 1 Edición. España: Oikos-Tau S.A. Ediciones, 352 p. ISBN: ISBN: 9788428105064
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial- MAVDT. (2007). Decreto Número (3600). [En línea]. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_3600_2007.pdf
- Mosquera, W. (2016). Análisis de la gestión ambiental en las vías 4G en construcción en Colombia. Universidad EAN, Colombia.
- Sampieri, R. Fernández, C y Baptista, P. (2003). Metodología de la Investigación. México, D.F.

Sistema Nacional de Áreas Protegidas- SINAP y Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente de Uruguay- MVOTMA. (2010). Caracterización y Distribución Espacial del Bosque y Matorral Psamófilo. Uruguay, Montevideo.

ANEXOS

COBERTURAS DE BOSQUES, CULTIVOS Y RONDAS HIDRICAS INTERVENIDAS



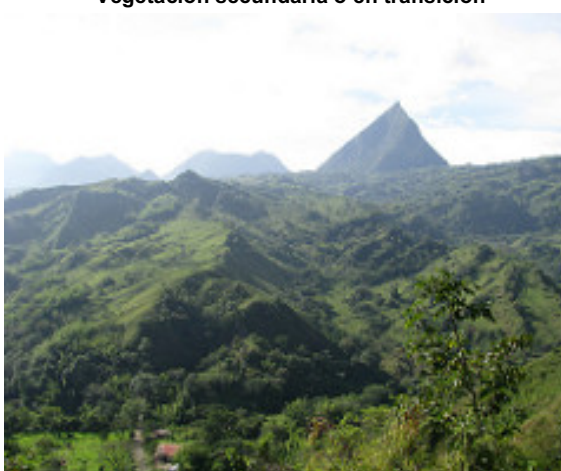
Bosque de galería - Quebrada Sinifaná



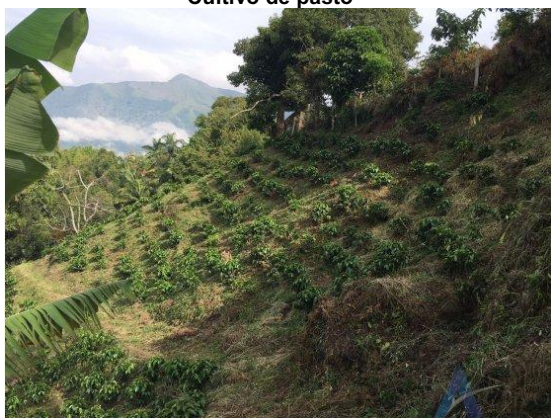
Vegetación secundaria o en transición



Cultivo de pasto



Espacios naturales – Cerro Tusa



Cultivo de café



Bosque natural