Integral
INGENIEROS CONSULTORES

gramalote
Colombia

ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

TABLA DE CONTENIDO

MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DEL PROYECTO DE MINERÍA DE ORO A CIELO ABIERTO GRAMALOTE. 1
6 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL 1
6.1 CATEGORÍAS DE IMPORTANCIA PARA LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL 2
6.1.1 Áreas de especial significado ambiental 2
6.1.2 Áreas de especial importancia ecológica y ecosistemas estratégicos 2
6.1.3 Instrumentos de ordenamiento/planificación 13
6.1.4 Áreas de recuperación ambiental tales como áreas de conflicto por uso del suelo 18
6.1.5 Áreas de riesgo y amenazas 19
6.1.6 Áreas de producción económica 29
6.1.7 Áreas de importancia social 33
6.2 ZONIFICACIÓN INTERMEDIA 36
6.2.1 Criterios del medio abiótico y zonificación intermedia 37
6.2.2 Criterios del medio biótico y zonificación intermedia 57
6.2.3 Criterios del medio socioeconómico y zonificación intermedia 94
6.3 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL FINAL 112
Bibliografía 116

LISTA DE TABLAS

Tabla 6.1 Áreas Ambientales Estratégicas (AAE) presentes en el área de influencia del proyecto 3

Tabla 6.2 Determinantes ambientales de Yolombó presentes en el área de influencia del proyecto Gramalote. 18

Tabla 6.3 Porcentajes de ocupación de las categorías de susceptibilidad para el área de influencia abiótica del proyecto 21

Tabla 6.4 Distribución de la susceptibilidad por procesos erosivos en el área de influencia abiótica del proyecto Gramalote para modificación de licencia ambiental 23

Tabla 6.5 Resumen de las áreas – Vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos – DRASTIC 25

Tabla 6.6 Resultados de la zonificación geotécnica (CE) para el área abiótica del proyecto 28

Tabla 6.7 Densidad poblacional en el área de influencia del medio socioeconómico34

Tabla 6.8 Bienes de Interés Cultural con declaratoria en el AI 35

Tabla 6.9 Características consideradas para la zonificación ambiental por la susceptibilidad ante procesos de remoción en masa 38

Tabla 6.10 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad ante procesos de remoción en masa en el área de influencia abiótica del proyecto 38

Tabla 6.11 Características consideradas para la zonificación ambiental de la Mancha de inundación 40

Tabla 6.12 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad mancha de inundación en el área de influencia abiótica del proyecto 41

Tabla 6.13 Características consideradas para la zonificación ambiental por la susceptibilidad según zonificación geotécnica 42

Tabla 6.14 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad según zonificación geotécnica en el área de influencia abiótica del proyecto 43

Tabla 6.15 Características consideradas para la zonificación ambiental por la susceptibilidad ante procesos erosivos 44

Tabla 6.16 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad ante procesos erosivos en el área de influencia abiótica del proyecto 45

Tabla 6.17 Características consideradas para la zonificación ambiental por la susceptibilidad ante procesos de remoción en masa 46
Tabla 6.18 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad por vulnerabilidad por avenidas torrenciales en el área de influencia abiótica del proyecto 47
Tabla 6.19 Características consideradas para la zonificación ambiental por la susceptibilidad por vulnerabilidad de acuíferos 48
Tabla 6.20 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad por vulnerabilidad de acuíferos en el área de influencia abiótica del proyecto 49
Tabla 6.21 Características consideradas para la zonificación ambiental por la susceptibilidad por conflicto por uso del suelo..... 51
Tabla 6.22 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad por conflicto por uso del suelo en el área de influencia abiótica del proyecto 52
Tabla 6.23 Características consideradas para la zonificación ambiental por la susceptibilidad por rondas hídricas 53
Tabla 6.24 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad por rondas hídricas en el área de influencia abiótica del proyecto 54
Tabla 6.25 Clasificación y porcentajes de ocupación de sensibilidad del medio abiótico en el área de influencia abiótica del proyecto..... 55
Tabla 6.26. Características consideradas para la zonificación ambiental de la complejidad estructural 58
Tabla 6.27 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para las coberturas a partir de su complejidad estructural. 58
Tabla 6.28. Sensibilidad ambiental obtenida para la complejidad estructural..... 59
Tabla 6.29 Criterios de calificación para las unidades de vulnerabilidad de las especies de flora. 61
Tabla 6.30 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la vulnerabilidad de las especies de flora. 61
Tabla 6.31 Sensibilidad ambiental para la vulnerabilidad de las especies de flora.61
Tabla 6.32. Elementos de importancia de la red de conectividad funcional..... 64
Tabla 6.33. Sensibilidad del elemento nodo de la red de conectividad funcional 65
Tabla 6.34. Sensibilidad del elemento nodo y cobertura de la red de conectividad funcional 66
Tabla 6.35. Sensibilidad del elemento enlace de la red de conectividad funcional.. 68

Tabla 6.36. Sensibilidad del elemento zonas críticas de la red de conectividad funcional 69
Tabla 6.37. Sensibilidad del elemento corredores de la red de conectividad funcional71
Tabla 6.38. Sensibilidad del elemento corredores vs enlaces de la red de conectividad funcional 73
Tabla 6.39. Sensibilidad del elemento corredores vs zonas críticas de la red de conectividad funcional 75
Tabla 6.40. Sensibilidad de los elementos de la red de conectividad funcional 77
Tabla 6.41. Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la conectividad ecológica funcional 77
Tabla 6.42. Características consideradas para la zonificación ambiental de las coberturas vegetales a partir de su fijación de CO_2 79
Tabla 6.43. Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para las coberturas según la capacidad de fijación de CO_2. 79
Tabla 6.44. Sensibilidad ambiental obtenida para las coberturas vegetales según su capacidad de fijación de CO_2 81
Tabla 6.45. Sensibilidad del ecosistema a partir de su clasificación en áreas protegidas y estratégicas 82
Tabla 6.46. Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad del ecosistema a partir de su clasificación en áreas protegidas y estratégicas. 83
Tabla 6.47. Sensibilidad ambiental obtenida para las áreas Estratégicas y protegidas84
Tabla 6.48. Características consideradas para la zonificación ambiental del componente de fauna 86
Tabla 6.49. Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad del componente de fauna. 86
Tabla 6.50. Categorización fauna en términos de sensibilidad 87
Tabla 6.51. Características consideradas para la zonificación ambiental del componente de Ecosistemas Acuáticos 90
Tabla 6.52. Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad del componente de ecosistemas acuáticos. 91
Tabla 6.53. Categorización de ecosistemas acuáticos en términos de sensibilidad 91
Tabla 6.54 Clasificación y porcentajes de ocupación de sensibilidad del medio biótico en el área de influencia biótica del proyecto 93
Tabla 6.55 Características consideradas para la zonificación ambiental por producción agrícola 95

Tabla 6.56 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de producción agrícola 95
Tabla 6.57 Características consideradas para la zonificación ambiental por producción ganadera 96
Tabla 6.58 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de producción ganadera 97
Tabla 6.59 Características consideradas para la zonificación ambiental por producción minera 99
Tabla 6.60 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de producción minera 99
Tabla 6.61 Características consideradas para la zonificación ambiental por presencia de infraestructura física y social 100
Tabla 6.62 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de presencia de infraestructura física y social 101
Tabla 6.63 Características consideradas para la zonificación ambiental por densidad de asentamientos humanos 103
Tabla 6.64 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de densidad de asentamientos humanos 103
Tabla 6.65 Características consideradas para la zonificación ambiental por presencia de infraestructura histórica y cultural 105
Tabla 6.66 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de presencia de infraestructura histórica y cultural 105
Tabla 6.67 Características consideradas para la zonificación ambiental por presencia población en el Plan de Acción de Reasentamiento 106
Tabla 6.68 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de presencia de población en el Plan de Acción de Reasentamiento 107
Tabla 6.69 Características consideradas para la zonificación ambiental por la percepción del paisaje 109
Tabla 6.70 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de percepción del paisaje en el área de influencia socioeconómica del proyecto 109
Tabla 6.71 Clasificación y porcentajes de ocupación de sensibilidad en el área de influencia del medio socioeconómico 111
Tabla 6.72 Porcentajes de ocupación de sensibilidad ambiental final en el área de influencia del proyecto 113

LISTA DE FIGURAS

Figura 6.1 Áreas CONPES 3680 6
Figura 6.2 Áreas SINAP y RUNAP. 7
Figura 6.3 Áreas de ecosistemas estratégicos. 8
Figura 6.4 Áreas de identificación y priorización de ecosistemas y áreas ambientales EAA. 9
Figura 6.5 Áreas de distribución de especies sensibles según el Sistema de Alertas tempranas Tremarctos Colombia 3.0. 11
Figura 6.6 Determinantes Ambientales del EOT de San Roque 15
Figura 6.7 Áreas priorizadas por el SILAP 17
Figura 6.8 Conflicto de uso del suelo en las áreas de influencia 19
Figura 6.9 Susceptibilidad por remoción en masa 20
Figura 6.10 Susceptibilidad antes la ocurrencia de procesos erosivos en el área de influencia abiótica del proyecto Gramalote para la modificación de licencia ambiental 22
Figura 6.11 Susceptibilidad por Avenidas Torrenciales 24
Figura 6.12 Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de acuíferos. Método DRASTIC 25
Figura 6.13 Zonificación geotécnica para el área de influencia abiótica del proyecto 27
Figura 6.14 Mancha de inundación para el área de influencia abiótica del proyecto 29
Figura 6.15 Coberturas de uso agrícola en el AI del medio socioeconómico 30
Figura 6.16 Coberturas de uso ganadero en el AI del medio socioeconómico 31
Figura 6.17 Áreas asociadas a producción minera en el AI 32
Figura 6.18 Equipamientos en el área de influencia respecto al modelo de atmósfera 33
Figura 6.19 Veredas con población en el PAR 36
Figura 6.20 Sensibilidad ante procesos de movimientos en masa 39
Figura 6.21 Susceptibilidad por mancha de inundaciones 41
Figura 6.22 Sensibilidad por zonificación geotécnica 43
Figura 6.23 Sensibilidad por ante procesos erosivos 45
Figura 6.24 Susceptibilidad por avenidas torrenciales 47

Figura 6.25 Sensibilidad por vulnerabilidad de acuíferos 50
Figura 6.26 Sensibilidad por conflictos por uso del suelo 52
Figura 6.27 Sensibilidad por rondas hídricas 54
Figura 6.28 Zonificación intermedia del medio abiótico 57
Figura 6.29. Sensibilidad de las coberturas vegetales a partir de su complejidad estructural 60
Figura 6.30 Sensibilidad de la vulnerabilidad de las especies de flora en cuanto a la categoría de amenaza, veda y endemismo 63
Figura 6.31.Sensibilidad del elemento nodos. 67
Figura 6.32.Sensibilidad del elemento enlaces. 69
Figura 6.33.Sensibilidad del elemento Zonas críticas para la conectividad (Pitch-point) 70
Figura 6.34.Sensibilidad del elemento corredores de la red de conectividad funcional. 72
Figura 6.35.Sensibilidad del elemento corredores vs enlaces de la red de conectividad funcional. 74
Figura 6.36.Sensibilidad del elemento corredores vs zonas críticas de la red de conectividad funcional. 76
Figura 6.37. Sensibilidad de la conectividad ecológica funcional 78
Figura 6.38 Sensibilidad de las coberturas vegetales a partir de su capacidad de fijación de CO_2. 82
Figura 6.39. Sensibilidad ambiental a partir de la clasificación en áreas protegidas y estratégicas 85
Figura 6.40. Zonificación ambiental componente fauna 89
Figura 6.41. Zonificación ambiental componente ecosistemas acuáticos 92
Figura 6.42 Zonificación intermedia del medio biótico 94
Figura 6.43 Sensibilidad ambiental por producción agrícola 96
Figura 6.44 Sensibilidad ambiental por producción ganadera 98
Figura 6.45 Sensibilidad ambiental por producción minera 100
Figura 6.46 Sensibilidad ambiental por presencia de infraestructura física y social 102
Figura 6.47 Sensibilidad ambiental por densidad de asentamientos humanos 104
Figura 6.48 Sensibilidad ambiental por presencia de infraestructura histórica y cultural 106

Figura 6.49 Sensibilidad ambiental por presencia población en el Plan de Acción de Reasentamiento 108
Figura 6.50 Sensibilidad ambiental por percepción del paisaje 110
Figura 6.51 Zonificación intermedia del medio socioeconómico 112
Figura 6.52 Zonificación ambiental final 115

6 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

La zonificación ambiental permite obtener una visión espacial global de las condiciones socioambientales del área de influencia y definir el grado de sensibilidad de los medios abiótico, biótico y socioeconómico. Con base en la información de la caracterización ambiental de las áreas de influencia presentada en el capítulo 5 Caracterización, se efectuó un análisis integral de estos medios, con el fin de realizar la zonificación ambiental, a partir de la sensibilidad ambiental del área, en su condición sin proyecto, partiendo del análisis de las cualidades del medio que expresan su susceptibilidad ante fenómenos naturales y antrópicos.

La zonificación ambiental se realizó según la metodología presentada en el capítulo de Generalidades, numeral 2.3.7. La determinación de la sensibilidad ambiental se obtuvo a partir de la evaluación de los elementos identificados en la caracterización, para lo cual se consideraron las siguientes unidades, sugeridas en los términos de referencia para proyectos mineros, TdeR 13:

- Áreas de exclusión minera y áreas restringidas para la minería según los Artículos 34 y 35 de la Ley 685 de 2001.
- Áreas de especial importancia ecológica, tales como áreas naturales protegidas públicas o privadas, ecosistemas estratégicos, rondas hidrográficas, corredores biológicos, presencia de zonas con especies endémicas, amenazadas (en peligro, en peligro crítico y vulnerables) de acuerdo con la Resolución 1912 de 2017, áreas de importancia para cría, reproducción, alimentación y anidación y zonas de paso de especies migratorias.
- Instrumentos de ordenamiento/planificación (p. e. POMCAS, PORH), así como otras áreas de reglamentación especial.
- Áreas de recuperación ambiental tales como áreas de conflicto por uso del suelo.
- Áreas de riesgo natural susceptibles a inundaciones, movimientos de remoción en masa, procesos erosivos

- Áreas de inversión estatal para conservación y/o protección de Microcuencas, ya sea adquiridas para tal fin o con reforestación o protección de suelos
- Áreas de producción económica tales como ganaderas, agrícolas, comercio y servicios, entre otras.
- Asentamientos humanos
- Áreas de infraestructura física y social
- Áreas con importancia histórica y cultural

Según el análisis de los aspectos anteriores, se realizó el análisis de sensibilidad de las variables definidas para los componentes de cada medio. Se realizó el análisis de zonificación intermedia por componente con el uso de mapas generados por SIG. Al final realizó la superposición de mapas temáticos intermedios. Esto, para determinar sensibilidad para el área de influencia final.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, según el análisis de las unidades, sugeridas en los términos de referencia para proyectos mineros.

6.1 CATEGORÍAS DE IMPORTANCIA PARA LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

6.1.1 Áreas de especial significado ambiental

Tras la revisión del Título Primero. Disposiciones Generales, Capítulo III. Zonas reservadas, excluidas y restringidas del Código de Minas (artículos 31 al 44), especialmente aquellos relacionados con las reservas especiales, áreas libres, zonas de seguridad nacional, zonas excluibles de minería y zonas de minería restringida, se concluye que no se identifican áreas de exclusión aplicables al Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.

En consecuencia, para el Proyecto Gramalote, la única área de exclusión establecida mediante acto administrativo corresponde a la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña, con una extensión de 1.914 ha, localizada en el corregimiento de San José del Nus, municipio de San Roque, de acuerdo con el Acuerdo 312 del 4 de septiembre de 2014.

Por lo anterior, la zonificación de manejo ambiental que se presenta para el área de influencia del proyecto considerará la porción de dicha reserva que coincide parcialmente con esta área. Cabe precisar que, aunque existe una superposición parcial con el área de influencia del proyecto, no se presenta traslape con las áreas a ser intervenidas por el proyecto minero.

6.1.2 Áreas de especial importancia ecológica y ecosistemas estratégicos

Los ecosistemas estratégicos se definen como aquellos sistemas naturales tales como bosques, páramos, sabanas, humedales, arbustales, entre otros, que juegan un papel fundamental para el sostenimiento de procesos naturales, sociales, económicos, ecológicos

o de otra índole (Calle, 2003). Estos ecosistemas se presentan a distintas escalas que van desde ecosistemas restringidos hasta cuencas, paisajes y biomas.

Los ecosistemas estratégicos garantizan la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales. Se caracterizan por mantener equilibrios y procesos ecológicos básicos como la regulación de climas, del agua, depuración del aire, agua y suelos; así como la conservación de la biodiversidad (Minambiente, s.f.). El sistema de áreas protegidas de Colombia permite agrupar estos ecosistemas a distintos niveles. Para ello, se realizó el cruce cartográfico con el fin de evaluar la presencia de ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas en el área de influencia del medio biótico para la modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, mediante la validación de información cartográfica pública y el uso de aplicativos oficiales proporcionados por las autoridades ambientales competentes.

En la Tabla 6.1 se presenta el compilado de las áreas ambientales estratégicas evaluadas. Según las búsquedas cartográficas y cruces realizados se encontró que el área de influencia de la modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote presenta intersección con una porción del área denominada de prioridad de conservación nacional, establecida por el CONPES 3680 de 2010, cuenta con una fracción de la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña y con una parte del ecosistema estratégico de humedales.

Tabla 6.1 Áreas Ambientales Estratégicas (AAE) presentes en el área de influencia del proyecto

Categoría	Tipo de área	Presencia en el área de influencia del proyecto
Sinap – Áreas del SPNN	Parque nacional natural	No
	Reserva natural	No
	Área natural única	No
	Santuario de flora	No
	Santuario de fauna	No
	Santuario de fauna y flora	No
	Vía parque	No
Sinap – Otras áreas	Parque regional natural	No
	Reserva forestal protectora nacional	No
	Reserva forestal protectora regional	Si
	Distrito nacional de manejo integrado	No
	Distrito regional de manejo integrado	No
	Distrito de conservación de suelos	No
	Área de recreación	No
	Reserva natural de la sociedad civil	No
Ecosistemas estratégicos	Páramos	No
	Subpáramos	No
	Humedales	Si
	Manglares	No aplica
	Arrecifes coralinos	No aplica
	Pastos marinos	No aplica
	Bosque natural	No

Categoría	Tipo de área	Presencia en el área de influencia del proyecto
	Bosque seco	No
	Sabana natural	No
	Zonas costeras, estuarios, meandros	No aplica
	Ambientes pelágicos, litorales rocosos y playas arenosas	No aplica
Estrategias complementarias de conservación y desarrollo sostenible	Distritos de manejo integrado del Área de manejo especial de La Macarena	No aplica
	Humedales RAMSAR	No
	Distrito de Aguas y Suelos del Caquetá	No aplica
	Otras Medidas Efectivas de Conservación (OMEC)	No
	Áreas protegidas declaradas por autoridad ambiental competente y que no hayan sido homologadas en las categorías del SINAP	No
	Áreas de vida de la Ley 2173 de 2021	No
	Zonas amortiguadoras de áreas del SPNN	No
	Áreas con prioridades de conservación contempladas por PNN (establecidas por el CONPES 3680 de 2010) y Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente	Si
	Zonas A de las reservas forestales de Ley 2 de 1959	No
	Zonas B y C de las reservas forestales de Ley 2 de 1959	No
	Zonas de las reservas forestales Ley 2 con decisión de ordenamiento previo a zonificación A, B y C	No
	Reserva forestal protectora-productora de la cuenca alta del Río Bogotá	No aplica
	Reservas de biósfera	No
	Áreas importantes para la conservación de aves (AICA)	No
	Bosques de paz	No
	Bancos de hábitat	No
	Área marina protegida de los archipiélagos del Rosario y de San Bernardo (hasta tanto se adelante su proceso de homologación con las categorías de manejo del SINAP)	No
	Áreas susceptibles a procesos de restauración ecológica (definidas en el Plan nacional de restauración)	No

Categoría	Tipo de área	Presencia en el área de influencia del proyecto
Instrumentos de ordenamiento ambiental y territorial	Otras áreas designadas como de conservación y preservación ambiental en los POMCA y POMIUAC	No
	Otras áreas designadas como suelo de protección en los POT por sus características paisajísticas o ambientales	Si

Fuente: Integral S.A., 2025 a partir de información consultada

A continuación, se presentan las consultas a las diferentes áreas ambientales estratégicas (AAE) presentes en el área de influencia del proyecto.

6.1.2.1Áreas protegidas y/o prioritarias para la conservación

Se verificó la presencia de áreas protegidas de carácter nacional o regional y del portafolio de áreas prioritarias para la conservación en la subzona hidrográfica en la que se desarrolla el proyecto. Como resultado de la verificación se encontraron las siguientes áreas: 1. áreas prioritarias para la conservación (CONPES 3680), las cuales hacen parte del SINAP y 2. se identificó la presencia de la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña, la cual se encuentran reportadas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) y registrada en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP).

6.1.2.1.1 CONPES (3680)

El CONPES 3680 (2010), establece los lineamientos y estrategias para el fortalecimiento y consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). Este instrumento de política pública orienta las acciones del Estado y de otros actores involucrados en la conservación, promoviendo la identificación, designación y gestión de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad,

Al realizar el cruce del área de influencia del proyecto con las áreas protegidas CONPES 3680 mediante el portal del SIAC (SIAC, 2025), se identifica un área con prioridad de conservación nacional. Esta área hace parte de las zonas protegidas propuestas por CORNARE y recibe el nombre de área asociada a los bosques en el centro y norte de San Roque, con un área de 2.426,40 ha (23,05%) dentro del área de influencia y 603,28 ha (12,46%) dentro del área de influencia biótica. A la fecha no se han establecido restricciones o limitantes en esta área.

A continuación, se presentan las áreas CONPES 3680 que se encuentran en el área de influencia del componente biótico del proyecto (véase la Figura 6.1)

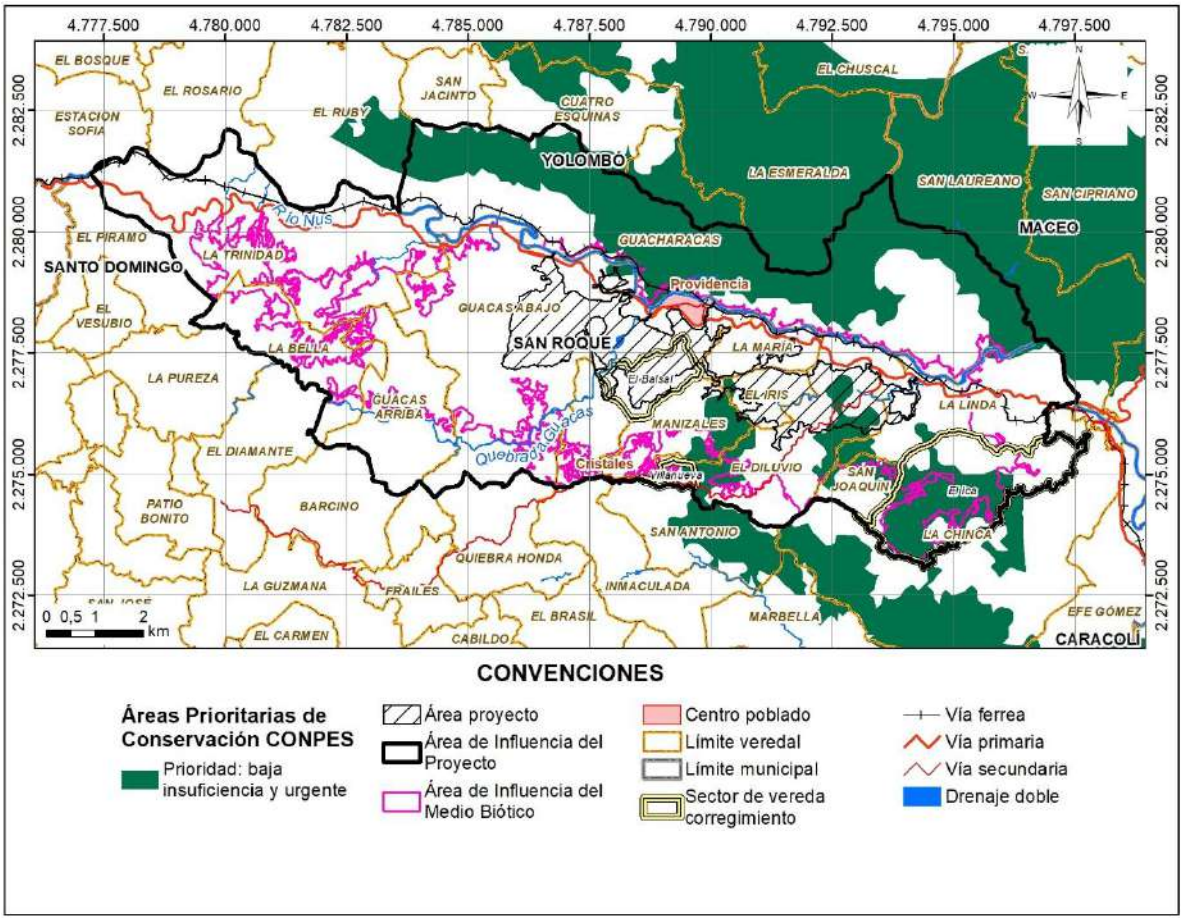

Figura 6.1 Áreas CONPES 3680

Fuente: Integral S.A., 2026 a partir de información de SIAC

6.1.2.1.2 SINAP y RUNAP

El Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP), es una herramienta que permite registrar todas las áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) que administra Parques Nacionales Naturales (PNN), en ella se consolida la información administrativa y geográfica de cada área (MADS, 2010).

Al realizar el cruce del área de influencia del proyecto con las áreas del RUNAP y SINAP (2025), se identificó la presencia de la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña, la cual cuenta con una extensión total de 1.914,46 ha. De esta superficie, 647,31 ha se localizan dentro del área de influencia del proyecto, lo que representa el 6,15% del área de influencia. Por su parte, al analizar la porción de la reserva comprendida en el área de influencia biótica, se estableció que 393,67 ha (equivalentes al 8,13% del área de influencia de flora) (véase la Figura 6.2). Esta reserva tiene como objetivo conservar la función protectora de los bosques, manejando actividades como la preservación, restauración y uso

sostenible, y fue declarada mediante el Acuerdo 312 de 2014 de CORNARE. Esta reserva es un área importancia ecosistémica, ya que hace parte de los últimos refugios de flora y fauna en la cuenca del río Nus, en el Orobioma bajo de los Andes (CORNARE, 2014).

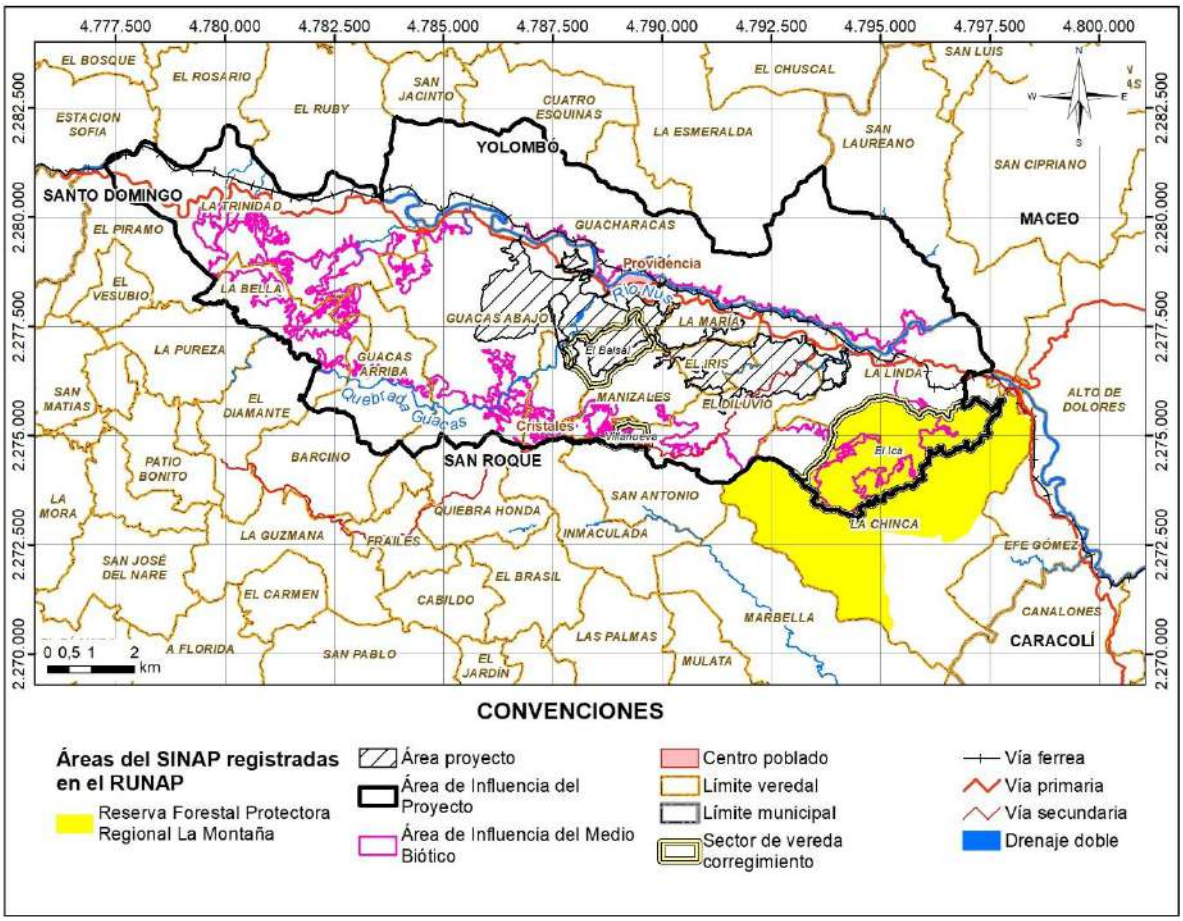

Figura 6.2 Áreas SINAP y RUNAP.

Fuente: Integral S.A., 2026 a partir de información de SIAC

6.1.2.2 Ecosistemas estratégicos a nivel local, regional o nacional

Dentro de los ecosistemas estratégicos a nivel local, regional, nacional se encuentran el Registro de Ecosistemas y Áreas ambientales (REAA), establecido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Este busca priorizar ecosistemas y zona claves que preservan la biodiversidad nacional y aseguran la provisión de servicios ecosistémicos esenciales. Entre ellos se destacan páramos, subpáramos, humedales, manglares, arrecifes coralinos, pastos marinos, bosque natural, bosque seco, sabana natural, zonas costeras, estuarios, meandros, ambientes pelágicos, litorales rocosos y playas arenosas; considerados ecosistemas susceptibles a procesos de restauración ecológica (SIAC, 2025).

Al realizar el cruce del área de influencia biótica con la capa de ecosistemas estratégicos de Colombia se encontró que dentro del área de influencia hay una fracción del ecosistema de humedales de nivel uno (1) y nivel dos (2). El nivel uno (1) corresponde a humedales permanentes, que mantienen la saturación del suelo de forma constante en condiciones naturales. Por su parte, el nivel dos (2) corresponde a humedales temporales transformados, que saturan los suelos de manera alternada entre inundación y exposición (Instituto Humboldt, 2022). En la Figura 6.3 se presentan los ecosistemas estratégicos presentes en el área de influencia del proyecto. Sin embargo, tras la verificación en campo se evidenció que la zona no presenta vegetación asociada al ecosistema estratégico de humedales, sino coberturas antropizadas, principalmente cultivos permanentes herbáceos de caña y pastos limpios, en los bordes de los drenajes. Como se señala en el capítulo 5.2.2.2. Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas del presente complemento del estudio de impacto ambiental.

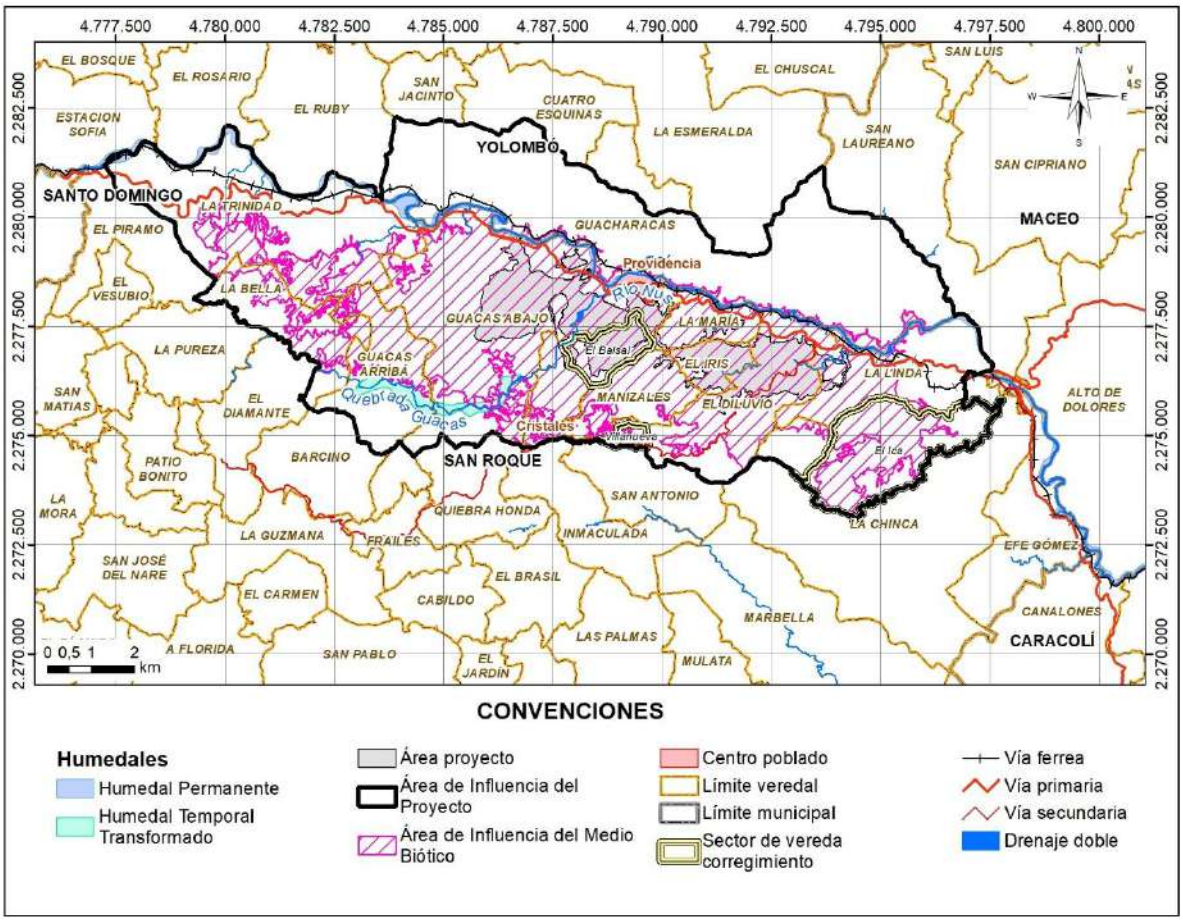

Figura 6.3 Áreas de ecosistemas estratégicos.

Fuente: Integral S.A., 2026 a partir de información de SIAC, 2020

Adicionalmente, se solicitó a CORNARE información sobre áreas estratégicas o prioritarias para la conservación en la zona del proyecto, mediante radicado CE-02210 del 7 de febrero de 2025. En respuesta, la Corporación remitió, vía radicado CS-02552 del 20 de febrero de 2025, la cartografía de Ecosistemas y Áreas de Importancia Ambiental (EAA) de su jurisdicción, elaborada en 2021. En ella identificó que el área de influencia del proyecto cuenta con áreas estratégicas o prioritarias para la conservación catalogadas como de alta, media y baja importancia, como se muestra en la Figura 6.4 la cual presenta el cruce cartográfico de la identificación y priorización de ecosistemas y áreas ambientales (EAA).

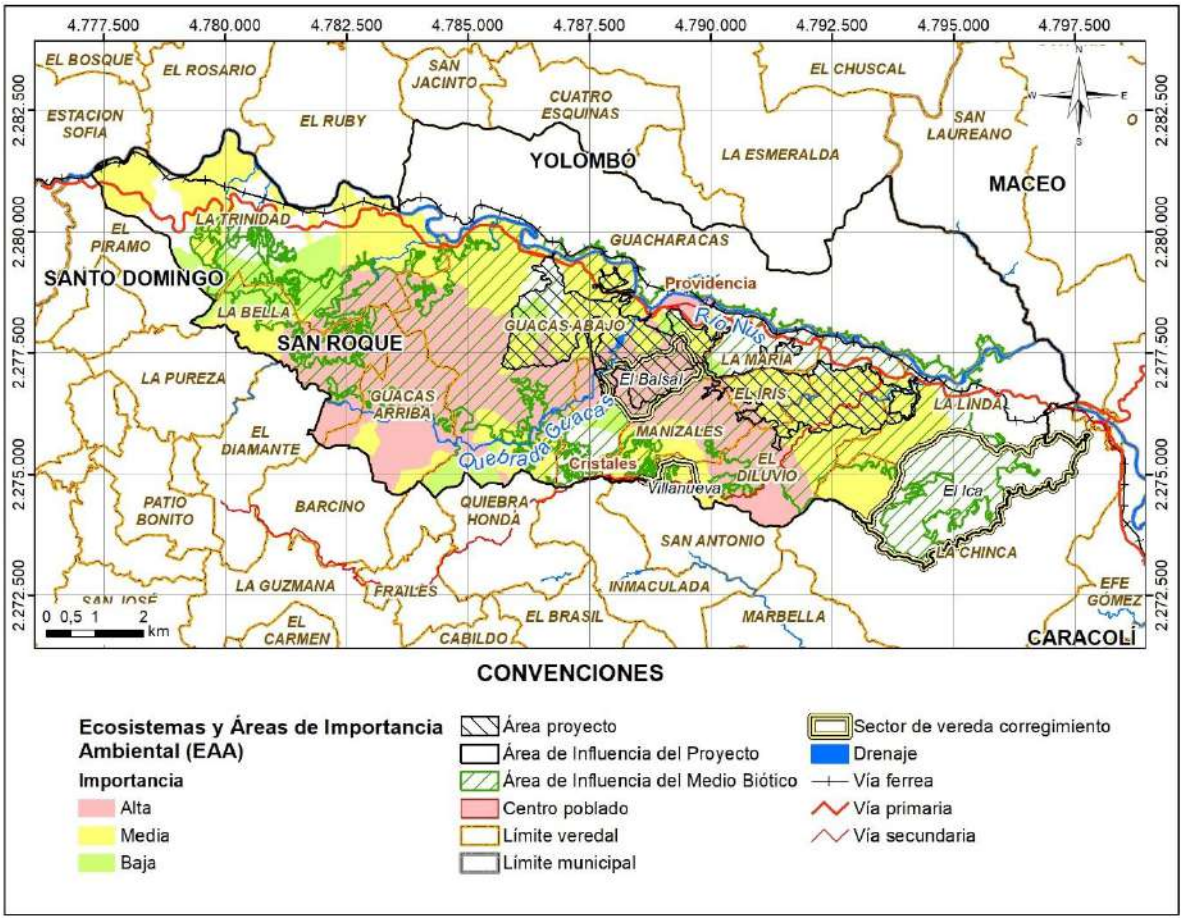

Figura 6.4 Áreas de identificación y priorización de ecosistemas y áreas ambientales EAA.

Fuente: Integral S.A., 2026 a partir de información de CORNARE

6.1.2.3 Áreas con prioridades de conservación (PNNC)

Se validaron las áreas con prioridad de conservación, para lo cual se consultaron los distritos de manejo integrado del Área de Manejo Especial de La Macarena, los humedales RAMSAR, el Distrito de Aguas y Suelos del Caquetá, otras medidas efectivas de

conservación (OMEC), las Áreas de Vida establecidas en la Ley 2173 de 2021, las áreas de reservas forestales de la Ley 2 de 1959, la Reserva Forestal Protectora-Productora de la cuenca alta del río Bogotá, las reservas de biósfera, las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICA), los Bosques de Paz, los bancos de hábitat y las áreas susceptibles de restauración ecológica definidas en el Plan Nacional de Restauración.

El análisis de estos cruces permitió confirmar que dentro del área de influencia del proyecto no se encuentran áreas catalogadas con prioridad de conservación. Sin embargo, se identificó la presencia de AICA en el entorno regional, siendo las más cercanas el AICA Embalse de San Lorenzo y Jaguas, a 10,72 km seguida por el AICA Cañón del río Alicante, a 20,48 km y el AICA Embalse de Punchina y su zona de protección, a 24,76 km.

Por otro lado, y con el fin de complementar esta validación, se consultó el portal del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), el cual permite identificar la presencia de diferentes figuras de conservación, tales como Santuarios de Flora, Santuarios de Fauna, Áreas Naturales Únicas, Áreas de Recreación, Distritos Nacionales y Regionales de Manejo Integrado, Distritos de Conservación de Suelos, Parques Nacionales Naturales, Parques Naturales Regionales, Reservas Naturales (incluidas las de la sociedad civil), Reservas Forestales Protectoras (nacionales y regionales), Santuarios de Flora y Fauna, vías parques y otras áreas con prioridad de conservación, este tampoco evidenció cruces con alguna de estas áreas.

De manera complementaria, la extensión del área del proyecto se analizó frente al portal Tremarctos Colombia 3.0, herramienta empleada para la evaluación preliminar de los impactos potenciales sobre la biodiversidad y la distribución de especies sensibles. Este cruce se realizó con las áreas de distribución de las especies, las reservas forestales protectoras regionales, los hallazgos arqueológicos y la lista roja de ecosistemas.

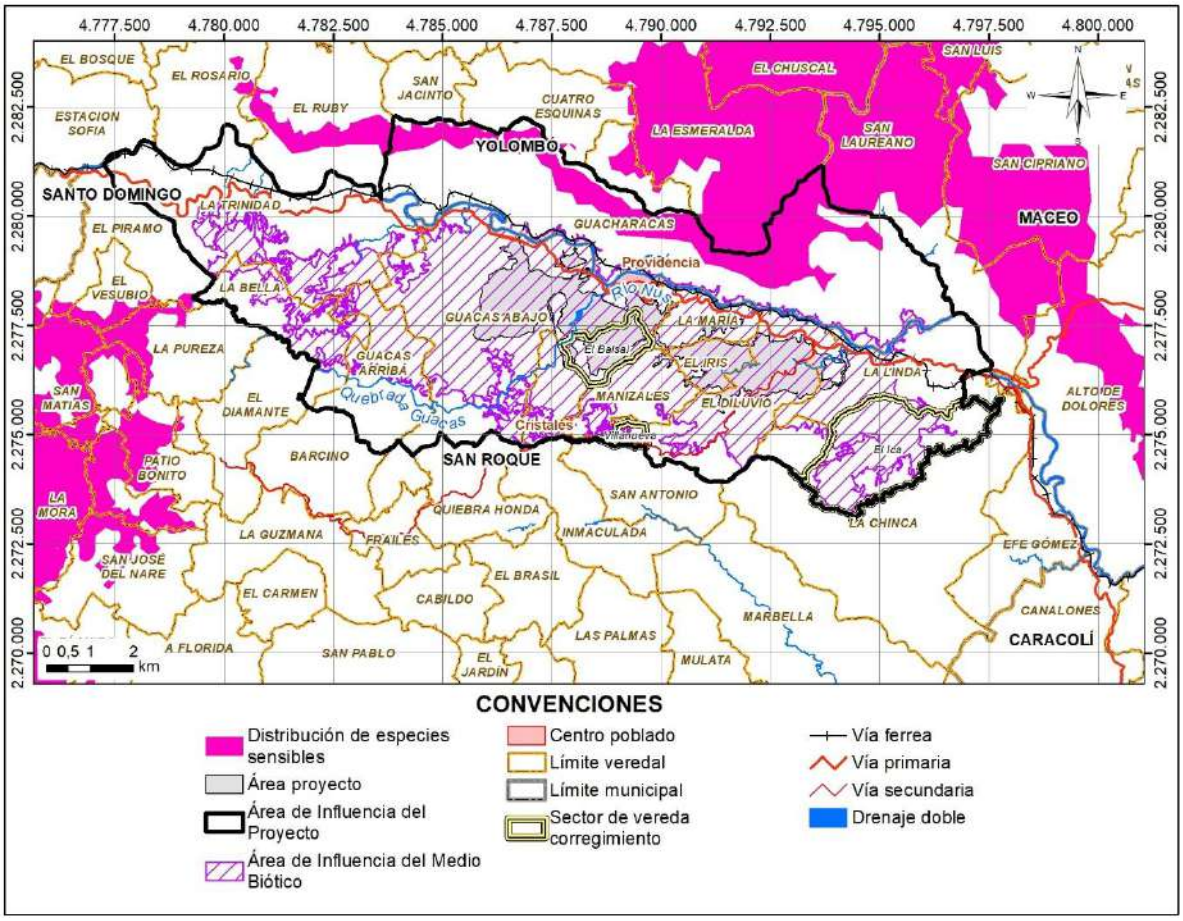

Figura 6.5 Áreas de distribución de especies sensibles según el Sistema de Alertas tempranas Tremarctos Colombia 3.0.
Fuente: Integral S.A., 2026 a partir de Tremarctos Colombia 3.0.

6.1.2.4 Listado de especies faunísticas endémicas, amenazadas y/o de importancia económica

Dentro del área de influencia del componente de fauna se registraron, basados en la caracterización de información primaria, un total de 309 especies, comprendidas en 208 especies de Aves, 48 especies de mamíferos, 27 Anfibios y 26 Reptiles.

Para las **aves** se identificaron que 36 especies son sensibles, ya sea porque están incluidas en alguna categoría de amenaza nacional o global, CITES y/o presentan distribución endémica o casi endémica. A nivel Global, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2025) reporta que todas las especies registradas presentan categoría de Preocupación Menor (LC), mientras que la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2025) reporta 23 especies en el apéndice II.

A nivel nacional, según el Libro rojo de las aves de Colombia (Renjifo, y otros, 2014) y la Resolución 0126 de 2024 (MADS, 2024), todas las especies registradas se encuentran catalogadas como Preocupación Menor (LC).

Adicionalmente, se destacan aquellas especies que presentan distribuciones endémicas: *Melanerpes pulcher* y *Ortalis columbiana,* y casi endémicas: *Cyanocorax affinis, Forpus conspicillatus, Myrmotherula pacifica, Oncostoma olivaceum, Pachysylvia semibrunnea, Pheugopedius fasciatoventris, Pheugopedius spadix, Pionus chalcopterus, Ramphocelus dimidiatus, Stilpnia vitriolina, Thalurania colombica, Thamnophilus multistriatus, Todirostrum nigriceps* y *Turdus obsoletus.* debido a que sus distribuciones son reducidas, lo que las hace más vulnerables a la pérdida y fragmentación del hábitat.

En cuanto a los **mamíferos** se identificó que, a nivel global, la UICN reporta 37 especies en la categoría de Preocupación Menor (LC); tres (3) especies están catalogadas con Datos Insuficientes (DD); cinco (5) especies no han sido evaluadas (NE); una (1) se considera Casi Amenazada (NT): *Herpailurus yagouaroundi*; y finalmente, dos (2) especies son Vulnerables (VU): *Aotus griseimembra* y *Oedipomidas leucopus*.

En cuanto a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2025), este reporta 11 especies dentro de sus apéndices; de estas, dos (2) especies se encuentran en el apéndice I, cinco (5) especies se encuentran en el apéndice II y las cuatro (4) especies restantes se encuentran en el apéndice III.

A nivel nacional, según el Libro rojo de mamíferos de Colombia (Rodríguez-Mahecha, Landazabal-Mendoza, & Nash, 2006) 44 especies no están incluidas en alguna categoría de amenaza; dos (2) especies se categorizan como casi amenazadas (NT): *Cabassous centrales* y *Leopardus pardalis*; y dos (2) aparecen como vulnerables: *Aotus griseimembra*,y *Oedipomidas leucopus*.

Según la Resolución 0126 de 2024 (MADS), las especies *Aotus griseimembra* y *Hydrochoerus isthmius* se catalogan como Vulnerables (VU). Las 46 especies restantes no están incluidas en esta resolución.

Adicionalmente, se resalta la importancia de las especies que presentan distribuciones endémicas (*Aotus griseimembra, Oedipomidas leucopus, Proechimys aff. Chrysaeolus* y *Proechimys chrysaeolus*), debido a que sus áreas de distribución geográfica son pequeñas y, por ende, son de alto interés para la conservación.

Por otra parte, en la primera Modificación de la Licencia Ambiental en 2018 se reporta el uso de *Dasypus fenestratus, Dasyprocta punctata y Cuniculus paca* como carne de monte, el cual de acuerdo con las encuestas de servicios ecosistémicos realizada a la comunidad estas prácticas han disminuido, señalando que ya no practican la cacería.

Los **anfibios**, por su parte, a nivel global, la UICN categoriza una (1) especie con Datos Insuficientes (DD), y las demás 26 especies como Preocupación Menor (LC).

En cuanto a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2025), esta reporta dos (2) especies dentro del apéndice II: *Dendrobates truncatus* y *Hyalinobatrachium tatayoi*

A nivel nacional, según El Libro Rojo de Anfibios de Colombia (Rueda-Almonacid, Lynch, & Amézquita, 2004) y la Resolución 0126 expedida por el MADS en 2024, ninguna de las especies registradas se encuentra en alguna categoría de amenaza.

Adicionalmente, se resalta la importancia de las especies que presentan distribuciones endémicas (*Craugastor metriosistus, Dendrobates truncatus* y *Rheobates pseudopalmatus*) *y casi endémicas* (*Craugastor raniformis, Dendropsophus subocularis, Diasporus gularus, Leptodactylus colombiensis, Pristimantis* aff. *Taeniatus* y *Pristimantis taeniatus*) debido a su interés de conservación.

Por último, para los **reptiles**, de las 26 especies registradas durante las actividades de campo en el área de influencia se encuentra que cuatro (4) de ellas se encuentran en categorías de amenaza a nivel global y nacional o presentan distribuciones endémicas.

A nivel global, la UICN reporta una (1) especie como casi amenazada (NT): *Anolis sulcifrons*. Por otra parte, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres reporta una (1) especie dentro del apéndice II: *Boa imperator*.

A nivel nacional, según el Libro rojo de reptiles de Colombia (Morales-Betancourt, Lasso, Páez, & Bock., 2015), la especie *Anolis sulcifrons* se reporta como Casi Amenazada (NT) y según la Resolución 0126 expedida por el MADS en 2024, ninguna de las especies registradas en el área se encuentra en alguna categoría de amenaza.

Adicionalmente, se resalta la importancia de las especies que presentan distribuciones endémicas (*Anolis* cf. *Mariarum* y *Anolis sulcifrons*) y casi endémicas (*Urotheca fulviceps*) debido a que son de alto interés para la conservación.

6.1.3 Instrumentos de ordenamiento/planificación

Mediante consulta en el portal del Sistema de Información del Recurso Hídrico – SIRH de (MINAMBIENTE, 2022), se validó el estado del POMCA del Río Nus -NSS (2308-05). Esta cuenca pertenece al área hidrográfica Magdalena Cauca, a la zona hidrográfica Medio Magdalena y la subzona hidrográfica Río Nare. Cuenta con un área de 83.983,92 ha y una comisión conjunta entre CORNARE y Corantioquia, en donde se identificó que este instrumento se encuentra en fase de aprestamiento, donde se define el plan de trabajo a partir de la identificación, caracterización y priorización de actores, estrategia de participación, recopilación y análisis de información existente. En esta fase se desarrolla el análisis situacional inicial y se formula un plan operativo. Como validación a la información consultada, se solicitó información a la autoridad ambiental CORNARE y CORANTIOQUIA mediante las consultas realizadas mediante los radicados CE-02210-2025 del 7 de febrero de 2025 ante CORNARE y 160-COE2502-5646 del 13 de febrero de 2025 ante CORANTIOQUIA, respectivamente. Concluyendo que, ninguna de las cuencas del área de influencia del proyecto cuenta en la actualidad (enero, 2026) con un Plan de ordenamiento que establezca determinantes ambientales para el uso del territorio.

Por otro lado, se validó el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de San Roque, mediante Acuerdo Municipal 016 del 5 de enero de 2022, en donde se identifican los determinantes ambientales del municipio, los cuales se señalan en la subsección I del

Acuerdo No. 16 de 05 de enero de 2022, correspondiente a las áreas de protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, las cuales se acogen en el Esquema de Ordenamiento Territorial como suelos de protección del medio ambiente y los recursos naturales conforman los dispuesto en el artículo 35 de la Ley 388 de 1997 y el numeral 1 del artículo 2.2.2.2.1.3 del Decreto único Reglamentario 1077 de 2015, los cuales corresponden a:

- Áreas de reserva forestal
- Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña
- Reserva Forestal Protectora Regional San Lorenzo
- Áreas de especial importancia ecosistémica
- Embalse San Lorenzo
- Rondas hídricas
- Zonas de amenaza alta
- Pendientes mayores al 75% incluye las zonas localizadas en los suelos rurales suburbanos dispuestos para el proyecto minero de oro a cielo abierto Gramalote
- POMCA Río Nare
- Otras áreas de especial importancia ecosistémica: Predios adquiridos por la Administración Municipal de San Roque y/o Acueductos Veredales para la protección hídrica.

En donde, de acuerdo con el mapa EOT F CG 04 Áreas de protección y conservación ambiental del EOT, las veredas: La Trinidad, La Bella, Guacas Abajo, Guacas Arriba, Peñas Azules, Guacas Abajo sector El Balsal, La María, El Diluvio, El Iris, San Joaquin y La Linda donde se ubica el área de influencia del medio biótico, se presentan restricciones por:

- Pendientes >75%
- Protección de infraestructura de Servicios Públicos y/o Servicios Públicos Primarios (SSPP)
- Rondas hídricas.

En la Figura 6.6, se ilustran los determinantes ambientales en categoría de protección para el uso del suelo por el EOT.

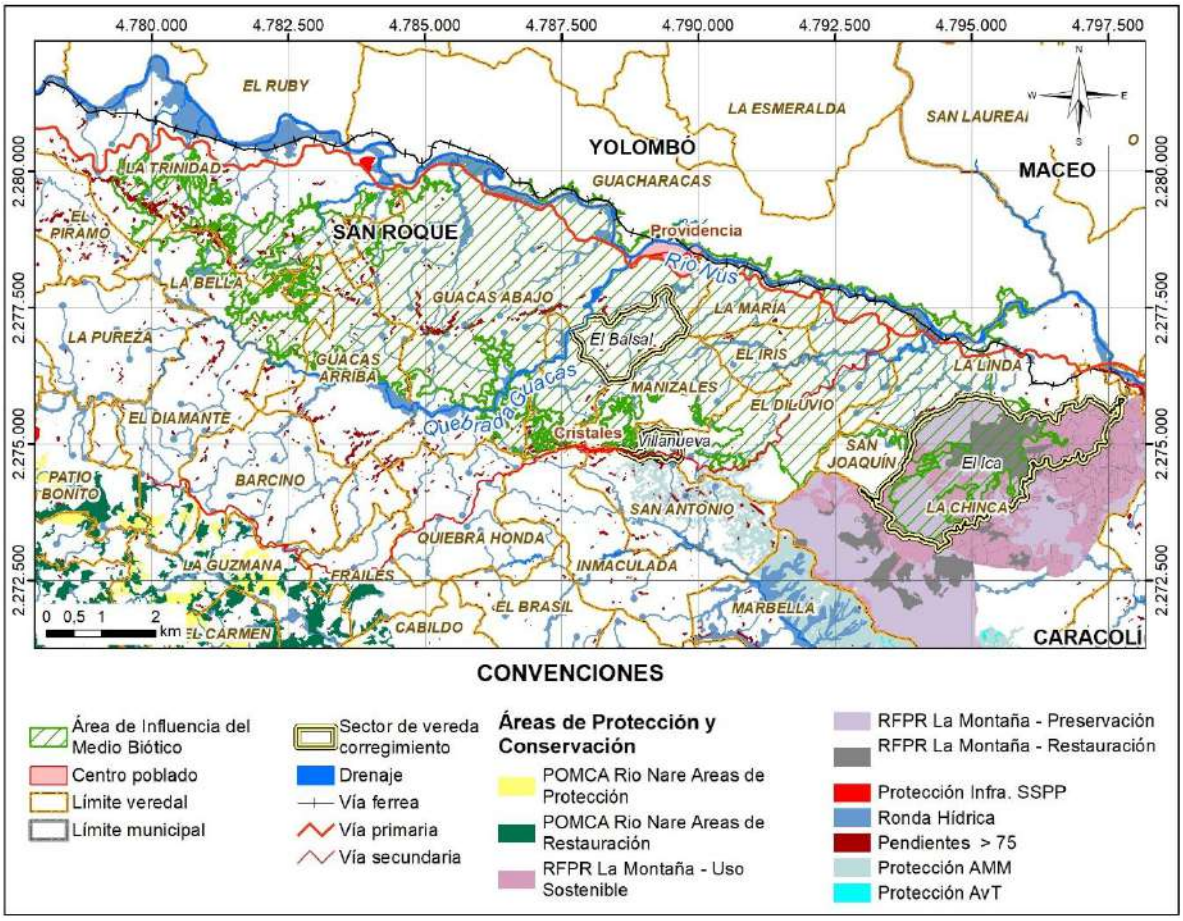

Figura 6.6 Determinantes Ambientales del EOT de San Roque
Fuente: Integral S.A., 2026 con información de la (Alcaldía Municipal de San Roque, 2022)

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación, se definen los principales lineamientos:

- Preservación de suelos de alto valor ecológico y alta fragilidad ambiental, especialmente aquellos localizados en zonas de ronda hídrica, pendientes superiores al 75%, áreas de restauración ecológica y zonas de recarga hídrica. Estos suelos deben ser clasificados bajo la categoría de protección y excluidos de usos productivos o edificatorios intensivos.
- Los suelos con pendientes >75%, presentarán un área bajo la categoría de protección.
- Los suelos dedicados a la Protección de infraestructura de Servicios Públicos y/o Servicios Públicos Primarios (SSPP), presentarán un área bajo la categoría de protección.
- Para las rondas hídricas, catalogadas como zonas de protección y conservación: de acuerdo con el Acuerdo 251 de 2011 de Cornare, para efectos de reglamentación de las rondas hídricas se adopta el criterio para la delimitación de estas, aquellas asociadas al periodo de retorno correspondiente a los 100 años. Cuando la mancha de inundación

para el periodo de retorno de 100 años sea inferior a los 30 metros, la ronda hídrica será de treinta (30) metros. Y cuando la mancha de inundación para el factor de retorno de los cien años sea superior a los 30 metros de la faja de protección, la ronda hídrica corresponderá a la mancha de inundación.

- Para las rondas hídricas de nacimientos de agua: Los nacimientos de agua y su área periférica de 100 metros, se constituyen como ecosistemas estratégicos y áreas de especial importancia ecológica que deben ser zonificadas como suelos de protección, cuyo uso principal es la conservación de los suelos y la restauración de la vegetación. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

Así mismo, se validó el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de Yolombó, mediante Acuerdo Municipal 006 de mayo de 2021, sin identificar cruce con la estructura ecológica principal ni zonas de conservación principal, sin embargo, dentro de la vereda de Guacharacas, se identificó un área categorizada como Sistemas Forestales Protectores, en el cual "*se identifican una serie de bosques remanentes en el municipio, los cuales deben ser protegidos de forma que puedan conservarse, muchos de estos bosques hacen parte de las áreas priorizadas por el SILAP, por tanto su conservación se constituye en el primer paso para su recuperación e inclusión en los suelos de protección del municipio*", en ese sentido dentro del EOT de Yolombó también se señala que estas áreas se definieron por su importancia ecológica y de provisión de servicios y fueron incluidas dentro de los suelos a declarar en protección para la conservación ambiental. Sin embargo, será menester del municipio adoptar y promover procesos de conservación en estas áreas. En ese sentido, se considera que son áreas que se proponen para incluirse en suelos de protección ambiental tras un análisis exploratorio, pero no están declaradas todavía. Las áreas corresponden a la zona denominada "4 esquinas", la cual tiene un área de 237,80 ha, y se ubica en zona de escarpe de la vereda Guacharacas, presenta dos ecosistemas el Bosque Denso del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas y Vegetación secundaria o en transición del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas, resaltando que es un área que se encuentra dentro del área de influencia del proyecto Gramalote, sin embargo, no hace parte del área de intervención. (Ver Figura 6.7)

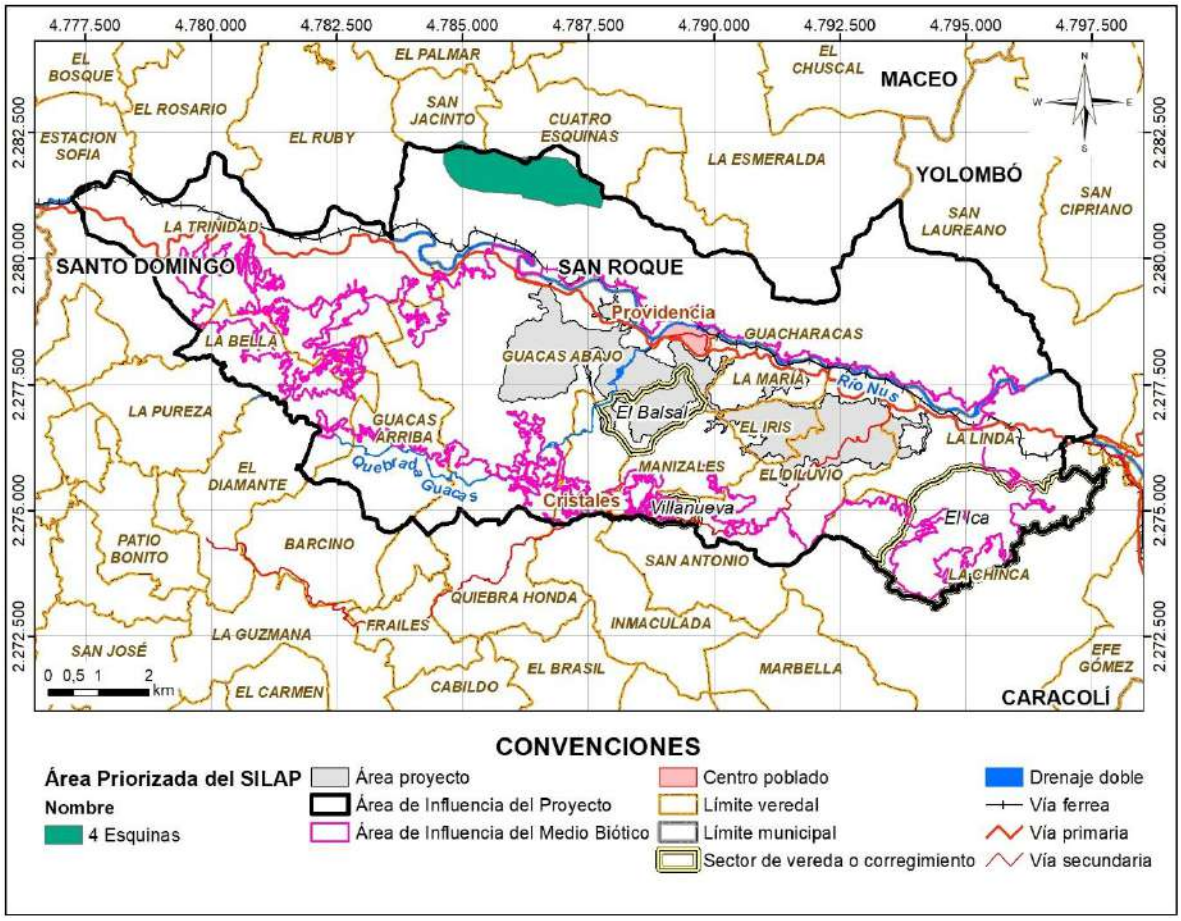

Figura 6.7 Áreas priorizadas por el SILAP

Fuente: Integral S.A. 2026, a partir del EOT de Yolombó, 2021.

Por su parte, dentro del esquema de ordenamiento territorial del municipio de Yolombó (Alcaldía de Yolombó, 2021), se identifican los siguientes determinantes ambientales que regulan el uso del suelo:

- Estructura Ecológica Principal (EEP/CPA): Rondas hídricas (30m retiro), nacimientos (100m radio), DMI Cañón Alicante y áreas de protección, donde la minería está prohibida.
- Conflictos suelo (RUM): Sobreutilización ganadera extensiva, lo que exige reconversión obligatoria a sistemas silvopastoriles (ASP) y agrosilvopastoriles.
- Las clases agrológicas con pendientes 50-75%, especial en suelos de Andisol/Inceptisol profundos, en grupo de infiltración A, con limitaciones por erosión que requieren planes manejo.
- Amenazas geológicas: Movimientos en masa, inundaciones las cuales requiere de estudios de detalle previos para intervenciones.

- Servicios ecosistémicos: Regulación hídrica, conectividad biológica, mediante corredores ecológicos obligatorios en Pastoreo Semi-Intensivo PSI, Sistemas Silvopastoril (ASP) y en Cultivos Transitorios Intensivos (CTI).

Tabla 6.2 Determinantes ambientales de Yolombó presentes en el área de influencia del proyecto Gramalote.

Determinantes ambientales	Descripción
Estructura Ecológica Principal (EEP/CPA)	Si se presenta en la vereda Guacharacas por Rondas hídricas (30m retiro) y nacimientos (100m radio)
Conflictos suelo (RUM)	Si se presenta en la vereda Guacharacas por sobreutilización ganadera extensiva (de acuerdo con la clasificación del EOT)
Las clases agrológicas con pendientes 50-75%	Se identifican pendientes altas en la zona de acuerdo con el EOT, son las pendientes se encuentran en su mayoría en Vertientes escarpadas (C3-VCvesc) o vertientes y en colinas de topes redondos estrechos (C3-Fcre) o Colina medias
Amenazas geológicas	En el EOT se señala que la amenaza a movimientos en masa en Guacharacas es media, e inundación es entre media y alta sobre la margen del río Nus.
Servicios ecosistémicos	Si se presenta en la vereda Guacharacas por Regulación hídrica, (no hay corredores ecológicos, ni conectividad biológica)

Fuente: Integral S.A., 2026 a partir de los mapas de formulación del EOT de Yolombó 2021 disponibles en ColombiaOT

6.1.4 Áreas de recuperación ambiental tales como áreas de conflicto por uso del suelo

Estas zonas se presentan, en general, por el conflicto de uso, ya que el uso actual no corresponde con el uso potencial, resultando bien sea en una subutilización del recurso o sobreutilización. Son áreas que requieren de un manejo orientado a la recuperación de suelos alterados o degradados.

Para definir los conflictos por uso del suelo se realizó la superposición de los mapas de uso actual y capacidad de uso del suelo, según la utilización adecuada o no, que se hace en el suelo, de acuerdo con los limitantes y requerimientos de este. De acuerdo con lo anterior, el valor más representativo en las áreas de influencia tanto del medio abiótico como del componente suelo con el 46,91% y el 56,20%, respectivamente son las tierras sin conflicto de uso o uso adecuado, seguida del conflicto por sobreutilización moderada (37,36% y el 27,28%, respectivamente). (ver Figura 6.8).

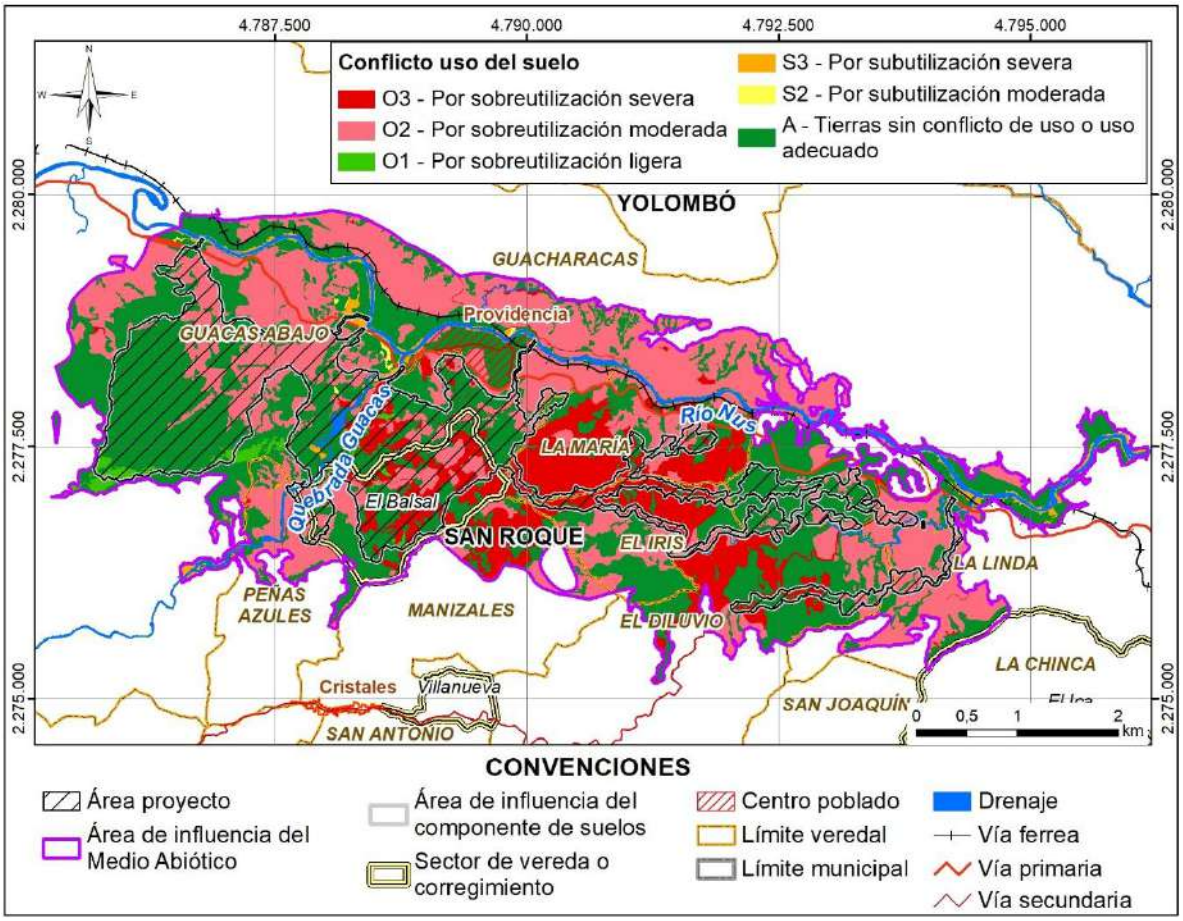

Figura 6.8 Conflicto de uso del suelo en las áreas de influencia

Fuente: Integral S.A., 2026 a partir de (CORPOICA & IGAC., 2002)

6.1.5 Áreas de riesgo y amenazas

Según la caracterización del área de influencia del componente de geología, geomorfología y geotecnia, se establecieron las zonas de riesgo natural susceptibles a la ocurrencia de los diferentes fenómenos que se describen a continuación.

6.1.5.1 Susceptibilidad por la ocurrencia de procesos de remoción en masa

El análisis de la susceptibilidad por movimientos en masa busca relacionar las condiciones intrínsecas del terreno con la posible ocurrencia de movimientos en masa. De esta manera un mapa de susceptibilidad contiene información sobre el tipo de movimientos morfodinámicos y las áreas más probables para su ocurrencia.

A partir de la información geológica, edafológica, geomorfológica e hidrológica, para el área del proyecto se realizó una zonificación de la susceptibilidad a procesos de remoción en

masa, siendo estos los factores intrínsecos del terreno o de susceptibilidad (Ramírez & González, 1989).

La metodología empleada involucra la identificación previa de las unidades de terreno (zonas homogéneas). Posteriormente, se evalúan cuatro (4) parámetros: Tipo de material geología (M), Relieve – Pendiente del terreno y formas del relieve (R), Drenaje (D) y Vegetación – Cobertura vegetal (V), y por último se integran todas estas variables con la ayuda de los Sistema de Información Geográfica (SIG) bajo la plataforma ArcGIS mediante suma ponderada de sus índices para obtener la calificación de estabilidad (CE), que define tres niveles de susceptibilidad (alta, media, baja). (ver capítulo 5.1.2 Geomorfología para más detalle).

Teniendo en cuenta los pesos de importancia se grafica la susceptibilidad por movimientos en masa presentada en la Figura 6.9 (Véase mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-CAI-05-SUSC-RM).

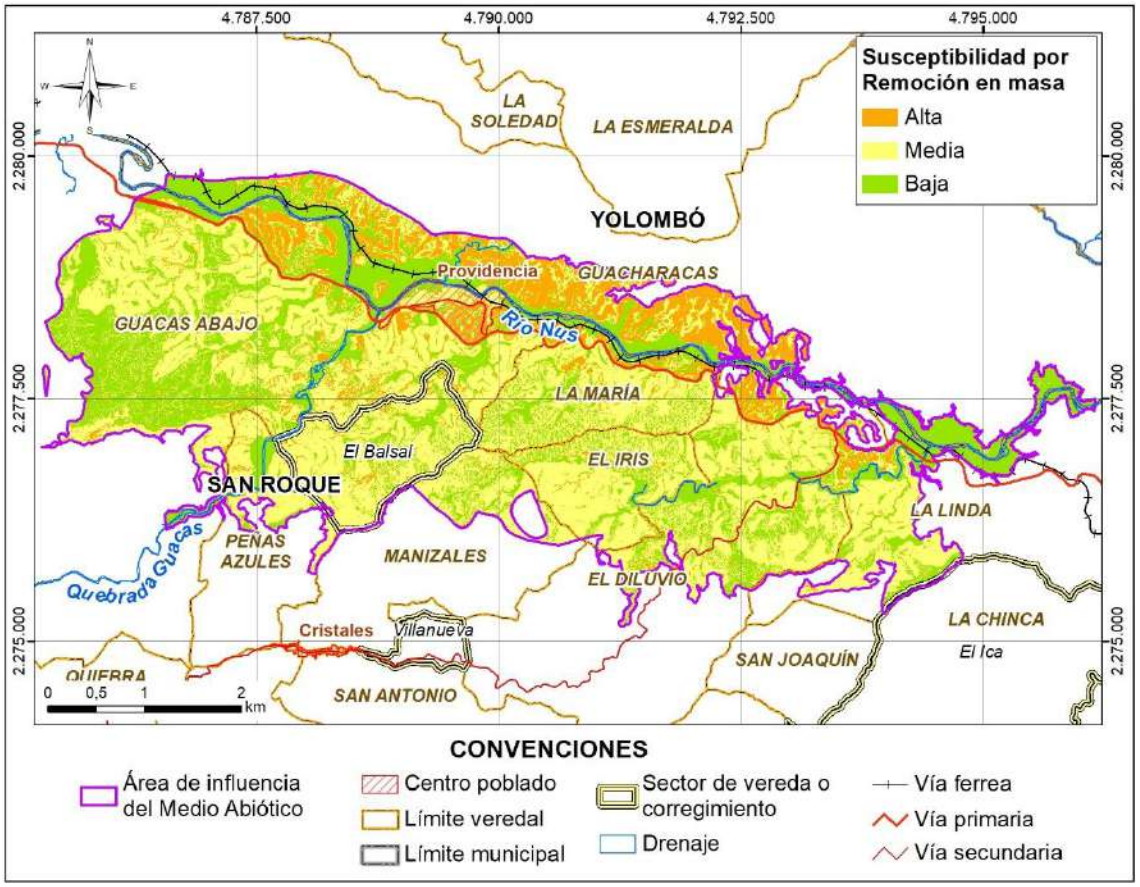

Figura 6.9 Susceptibilidad por remoción en masa

Fuente: Integral S.A., 2026

Para el área de influencia abiótica del proyecto objeto de la modificación, el 52,57% corresponde a susceptibilidad media, el 34,22% se define en la categoría baja y el 13,21% en la categoría alta a susceptibilidad por remoción en masa (Tabla 6.3). La mayoría de los procesos morfodinámicos de tipo movimientos en masa presentes en los terrenos de análisis se encuentran colonizados por la vegetación, es decir ya corresponden a un rasgo morfológico en el terreno (lo que se denomina cicatrices de deslizamiento). Esta condición contribuye a la estabilidad general del área, sin embargo, se debe tener en cuenta el manejo de las laderas en cuanto a términos de intervenciones antrópicas, para minimizar riesgos y garantizar la estabilidad a largo plazo.

Tabla 6.3 Porcentajes de ocupación de las categorías de susceptibilidad para el área de influencia abiótica del proyecto

Categoría Susceptibilidad	Área (ha)	Área (%)
Baja	853,85	34,22
Media	1.311,85	52,57
Alta	329,57	13,21
Total	**2.495,27**	**100,00**

Fuente: Integral S.A. 2026

6.1.5.2 Susceptibilidad por la ocurrencia de procesos erosivos

La erosión de los suelos es un proceso natural, sin embargo, debido al uso intensivo de las tierras agrícolas, al cambio de coberturas y al manejo inadecuado, la dinámica del paisaje ha cambiado y como consecuencia de tales actividades del hombre, la erosión de los suelos se acelera (FAO, 1990).

De esta forma, la erosión es una de las variables ambientales que suele desestimarse, sin embargo, es un proceso natural en el que los suelos varían su espesor, desestabilizando los taludes y laderas, produciendo sedimentos que anegan y colmatan los sistemas naturales o artificiales que controlan el excedente de escorrentía superficial (río, humedales, canales, lagos, entre otros) provocando desbordamientos e inundaciones y afectando las actividades agropecuarias e industriales que se encuentren cercanas (Mesén, 2009).

Una de las formas para calcular la erosión es utilizar el método de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) descrito por (Wischmeier & Smith, 1978) este evalúa los efectos del clima, suelo, topografía, cultivos y prácticas de conservación en la erosión de una pendiente o en una cuenca; la otra forma de evaluar este proceso es calculando la susceptibilidad a la erosión, definida como la capacidad de un área para ser modificada o afectada por factores externos, en su propensión para erosionarse (Empresas Públicas de Medellín, 2006) y es esta la forma que se empleará para este estudio.

De esta forma, según la ecuación universal de pérdida del suelo (USLE), y a partir del análisis estadístico, se definió un modelo matemático para calcular la susceptibilidad bajo la integración de los sistemas de información geográfica en la plataforma ArcGis, se tiene que intervienen cinco parámetros tales como vegetación (V), lluvias – precipitación (Lm), escorrentía (Es), pendiente (s) y geología (Geo). Tras computar, por medio de Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo (USLE) (Ver Capitulo 5_1_2 Geomorfología) los valores

asignados a cada punto para las variables definidas, se obtiene la susceptibilidad ante la ocurrencia por procesos erosivos (Figura 6.10), este, según la metodología de Ceballo & Toro, (2012), se clasifica por medio del método de los expertos bajo la plataforma del software ArcGIS. De este modo, se obtienen cinco categorías de susceptibilidad: Muy baja, baja, media, alta y muy alta (Véase mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-CAI-05-SUSC-PE).

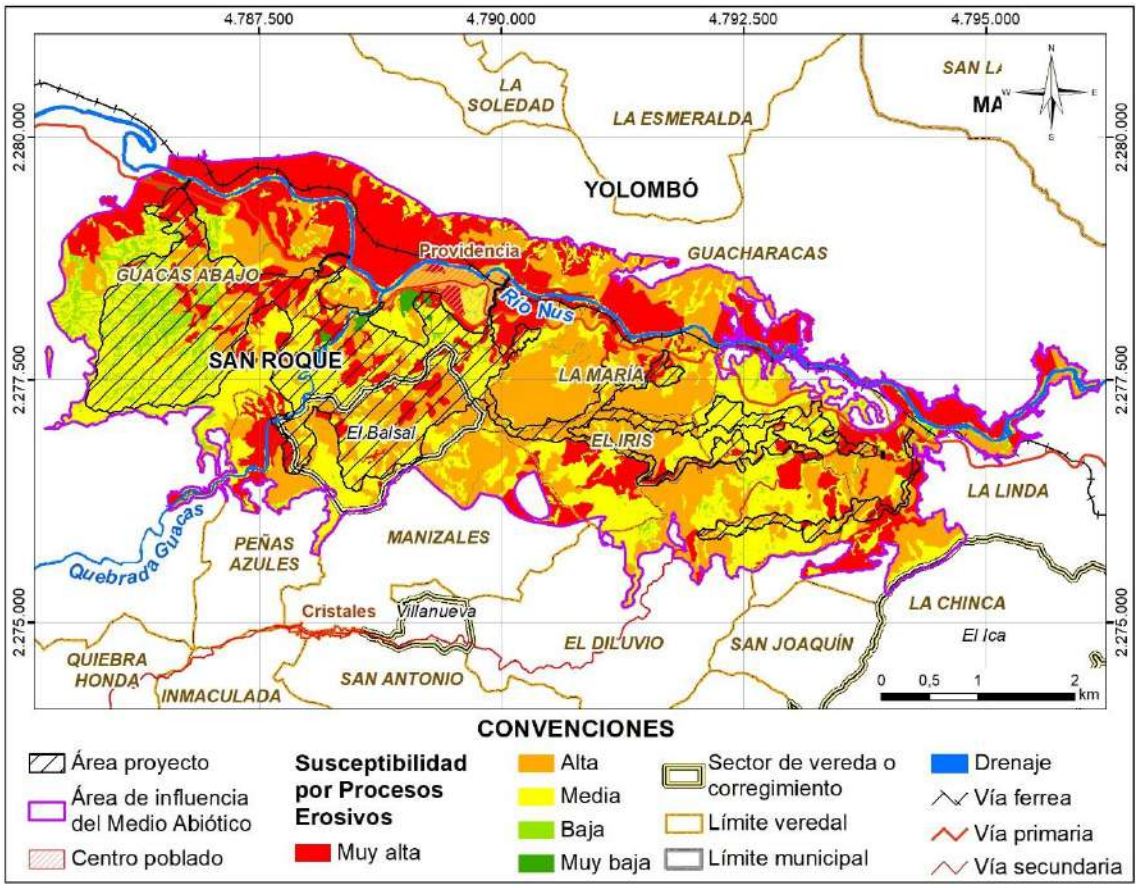

Figura 6.10 Susceptibilidad antes la ocurrencia de procesos erosivos en el área de influencia abiótica del proyecto Gramalote para la modificación de licencia ambiental

Fuente: Integral S.A., 2026

La susceptibilidad ante la ocurrencia de procesos erosivos del área de influencia abiótica del proyecto presenta un predominio de la categoría Media, con un 35,11%, seguida por la clase Alta (30,42%) y la clase Muy alta (26,43%). Esta última se concentra en las zonas planas adyacentes al río Nus, donde la dinámica fluvial y la textura de los depósitos incrementan la probabilidad de erosión.

Esta distribución indica que, aunque existen condiciones relevantes en áreas específicas, la mayor proporción en la categoría Media sugiere una estabilidad relativa del terreno. No

obstante, para las zonas que se clasifican como Alta y Muy alta se deben considerar estrategias de manejo y control.

Tabla 6.4 Distribución de la susceptibilidad por procesos erosivos en el área de influencia abiótica del proyecto Gramalote para modificación de licencia ambiental

Categoría	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	659,54	26,43
Alta	759,03	30,42
Media	875,99	35,11
Baja	135,35	5,42
Muy baja	65,36	2,62
Total	**2.495,27**	**100,00**

Fuente: Integral S.A., 2026

6.1.5.3 Susceptibilidad ante procesos de avenidas torrenciales

Las avenidas torrenciales son flujos formados por una mezcla de sedimentos y agua en diferentes proporciones, que se desplazan a lo largo de un cauce, generalmente a grandes velocidades. Son fenómenos originados por lluvias intensas, de corta duración y de naturaleza convectiva, que ocurren en cuencas normalmente pequeñas donde el proceso prevalente de escorrentía es superficial y donde priman las altas pendientes (Borga, Stoffel, Marchi, Marra, & Jakob, 2014).

Con base en los valores del índice de Melton, el Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET), las zonas geomorfológicas y la presencia de eventos torrenciales, se categoriza en general a todas las cuencas presentes que componen el área de influencia, asignándole una ponderación igual a cada una de las variables equivalentes al 25% de importancia (Ver Capitulo 5_1_2 Geomorfología).

En la Figura 6.11 se muestra la susceptibilidad por Avenidas Torrenciales, donde se evidencia una susceptibilidad baja (Véase mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-CAI-05-SUSC-AT).

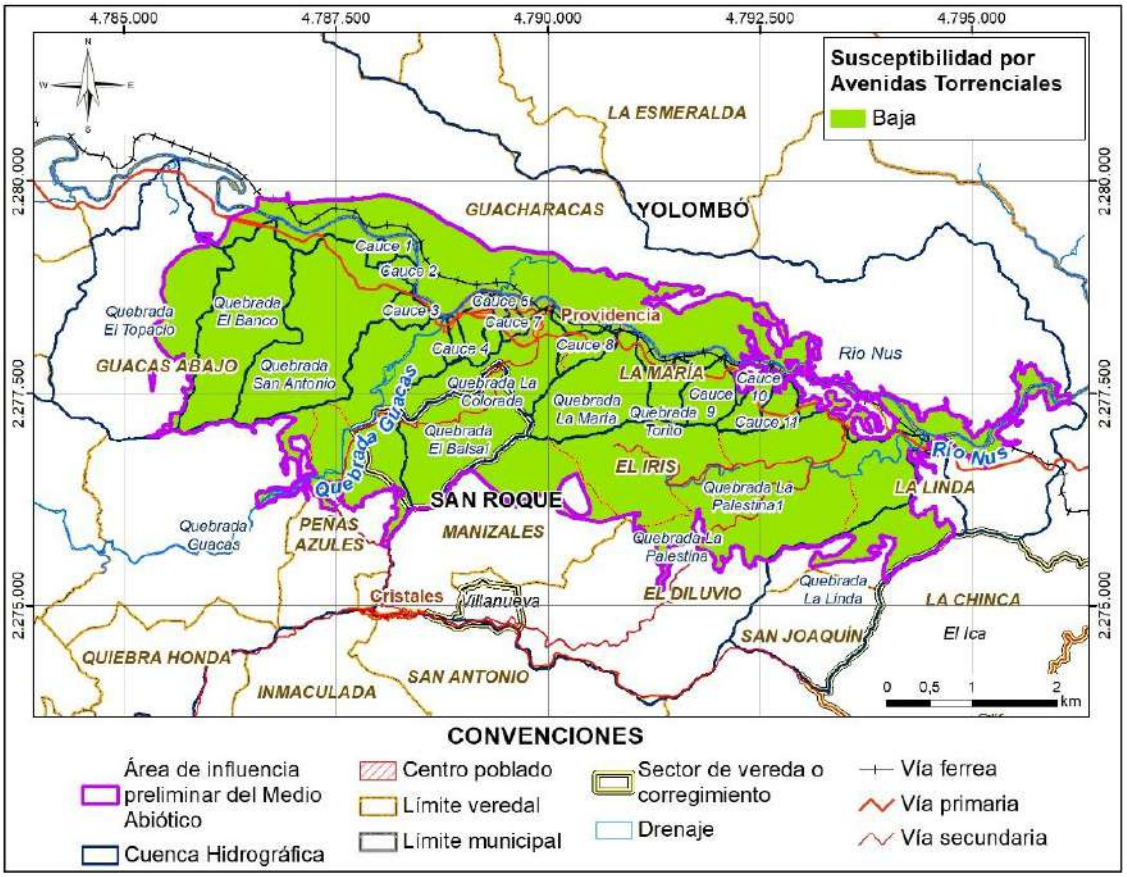

Figura 6.11 Susceptibilidad por Avenidas Torrenciales

Fuente: Integral S.A., 2025

6.1.5.4 Vulnerabilidad de acuíferos

La vulnerabilidad de los acuíferos representa las características intrínsecas que determinan la sensibilidad de varias partes de un acuífero a ser afectado adversamente por un contaminante (Vargas, M., 2010). Para evaluar la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas existen varias metodologías, la selección y aplicación de cualquiera de ellas dependerá de la información existente y la utilidad de dicha evaluación. En este caso, para el análisis se trae a colación el método paramétrico DRASTIC, en donde cada parámetro está dividido en clases a las que se atribuye una puntuación y además cada parámetro es multiplicado por un factor ponderador (Vargas, M., 2010). Este método utiliza siete parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad, que dependen del clima, el suelo, el sustrato superficial y el subterráneo (Vargas, M., 2010)

De acuerdo con la Figura 6.12 que se obtiene a partir de la información presentada en la caracterización (capitulo 5.1.6 Hidrogeología), se evidencia que las mayores vulnerabilidades se concentran en los sectores occidental y oriental del área de influencia.

Estas zonas corresponden a áreas con niveles freáticos someros y presencia del acuífero aluvial, condiciones que, sumadas a la alta recarga, incrementan el riesgo de contaminación. En contraste, la zona central muestra vulnerabilidad baja a muy baja, asociada a niveles freáticos más profundos, lo que proporciona mayor protección frente a la infiltración de contaminantes.

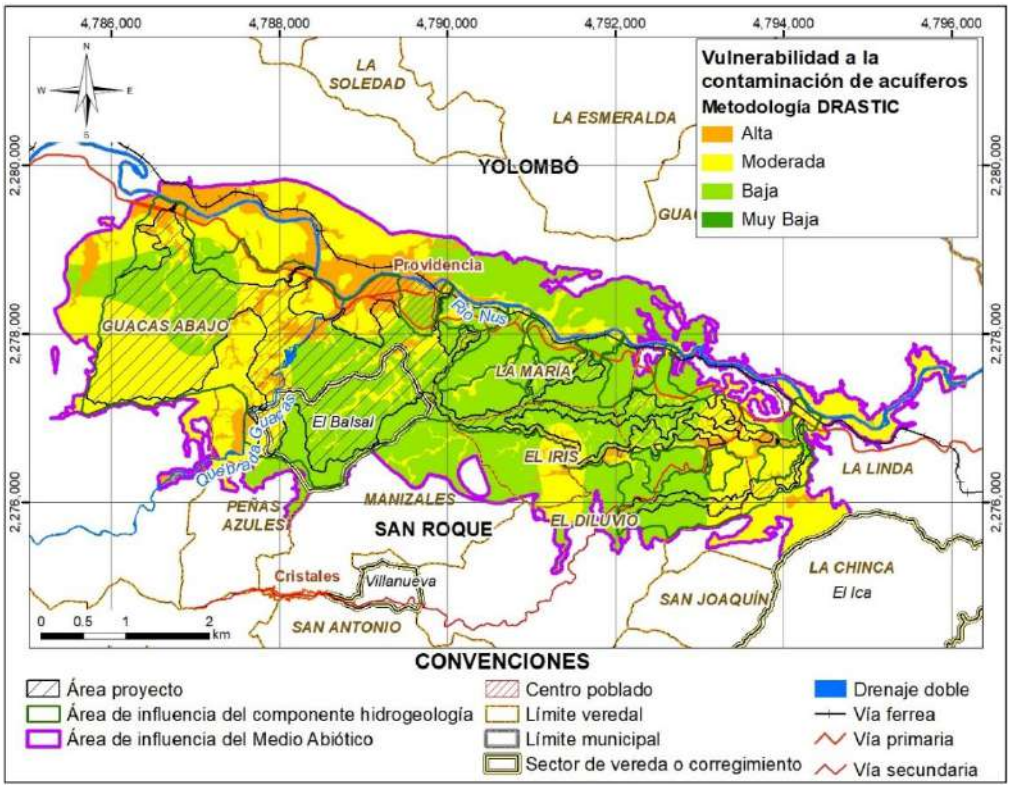

Figura 6.12 Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de acuíferos. Método DRASTIC

Fuente: Integral S.A., 2025

La Tabla 6.5 muestra las áreas para cada categoría de vulnerabilidad a la contaminación.

Tabla 6.5 Resumen de las áreas – Vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos – DRASTIC

Categoría Vulnerabilidad	Área (ha)	Área (%)
Muy baja	0,20	0,01
Baja	1.191,45	47,75
Moderada	1.011,55	40,54
Alta	2.92,07	11,71
Total	2495,27	100,00

Fuente: Integral S.A., 2025

6.1.5.5 Zonificación geotécnica

Para la elaboración de la zonificación geotécnica, se seleccionó una metodología semi-cuantitativa que agrupa un gran número de variables y que ha sido utilizada con éxito en diferentes proyectos. La metodología propuesta por (Ramirez & Gonzalez, 1989) define zonas homogéneas a partir de las condiciones litológicas, topográficas, climáticas, hidrológicas, dinámica superficial y sismológica; a la que se le asigna una categoría de estabilidad, donde los valores que determinan la calificación de la estabilidad geotécnica definen un límite superior de condición de estabilidad y el límite inferior una zona crítica o con mayores condiciones de inestabilidad. (ver capítulo 5.1.7 Geotecnia para mayor detalle)

A partir de la información geológica, edafológica, geomorfológica, hidrogeológica, hidrológica, climatológica y de amenaza sísmica para el área de influencia abiótica del proyecto se hace una zonificación geotécnica de los terrenos. Esta zonificación está enfocada a determinar las condiciones de estabilidad bajo una calificación de la estabilidad geotécnica (CE).

Derivado de los análisis de los parámetros integrados de las condiciones descritas de materiales, relieve, drenajes, vegetación, erosión, clima, sismicidad y factores antrópicos para el área de influencia del proyecto presentadas en el capítulo 5.1.7 Geotecnia, se define la zonificación geotécnica para determinar la estabilidad geotécnica de los terrenos de manera semicuantitativa, donde los valores de intervalo para los límites superiores son de condición de estabilidad y el límite inferior una zona crítica o con inestabilidad. En la Figura 6.13 se muestran los resultados obtenidos.

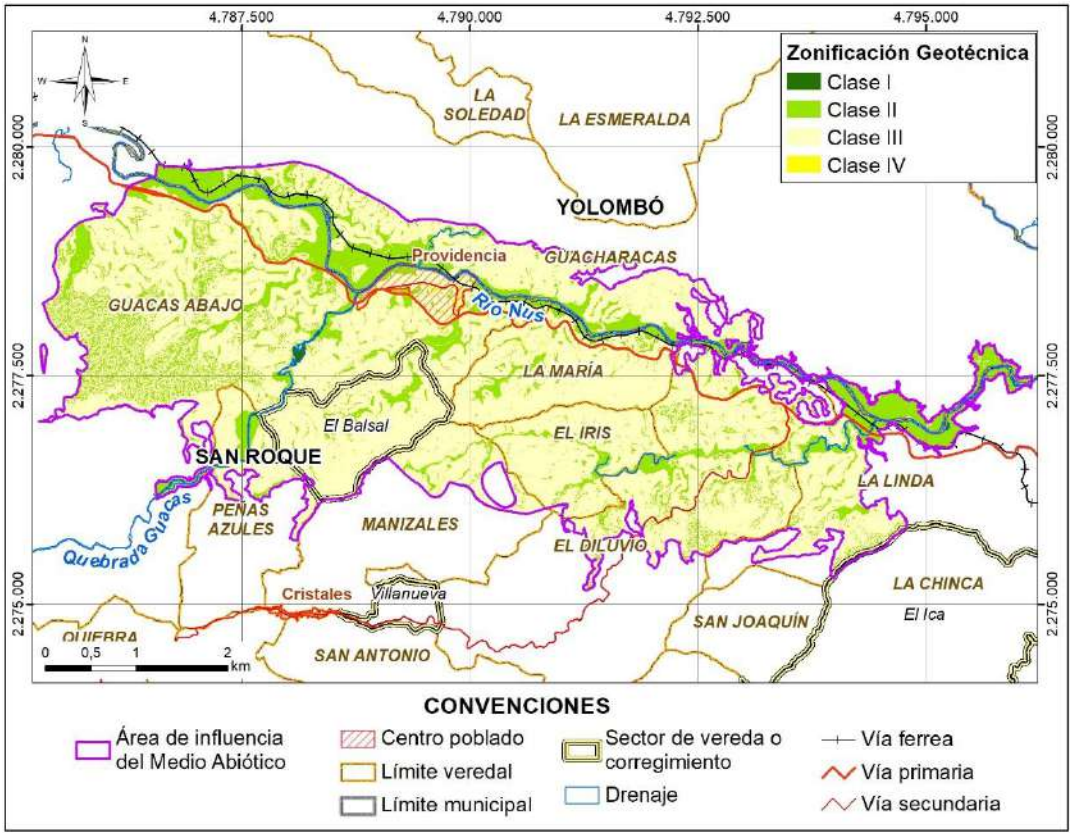

Figura 6.13 Zonificación geotécnica para el área de influencia abiótica del proyecto

Fuente: Integral S.A., 2026

En la Tabla 6.6, se presenta los resultados de la zonificación geotécnica, en donde se identifica un predominio de la clase III – zonas estables moderadamente dependientes, con un valor de ocupación porcentual de 75,82%, lo cual es consecuente con lo observado en el área de análisis, ya que estás zonas corresponden a pendientes que puntualmente muestran indicios de antiguos deslizamientos, es decir cicatrices de deslizamientos, las cuales son evidentes en el área de acuerdo con la cartografía de procesos morfodinámicos realizada. La reactivación de estas cicatrices o antiguos procesos va a depender del manejo de la ladera.

Por otra parte, en las zonas cercanas a los drenajes principales la clasificación de estabilidad es clase II con una ocupación porcentual del 22,11% - zonas estables poco dependientes, cuyas pendientes no presentan evidencias de deslizamientos, no obstante, dependiendo del manejo de las laderas pueden desarrollar procesos morfodinámicos.

Tabla 6.6 Resultados de la zonificación geotécnica (CE) para el área abiótica del proyecto

Descripción	Área (ha)	Porcentaje de ocupación
Zona I – Zonas estables o independientes	37,94	1,52
Zona II – Zonas estables poco dependientes	551,81	22,11
Zona III - Estables moderadamente dependientes	1.892,01	75,82
Zona IV - Estables muy dependientes	13,52	0,54
Total	**2.495,27**	**100,00**

Fuente: Integral S.A., 2026

6.1.5.6 Mancha de inundación

Teniendo en cuenta la información de la caracterización de hidrología (capítulo 5.1.5 Hidrología), se analiza el modelo hidráulico desarrollado para simular el comportamiento del río Nus y de las quebradas El Banco, San Antonio, Guacas, Cauce 5, Cauce 6, La Colorada, Cauce 8, La María, El Torito, Cauce 9, Cauce 10 y La Palestina frente a eventos hidro-climatológicos extremos. Este tipo de modelaciones permite delimitar con precisión las manchas de inundación, identificando las áreas que se verían potencialmente afectadas ante eventos naturales de desbordamiento. Para la construcción del modelo hidráulico se consideraron diferentes escenarios de caudal, los cuales incluyen desde la condición media, hasta los caudales asociados a periodos de retorno de 2,33, 100 años y la Creciente Máxima Probable – CMP - (equivalente a un 1’000.000 de años de periodo de retorno). En la Figura 6.14 se presentan las manchas de inundación identificadas en las fuentes hídricas antes mencionadas.

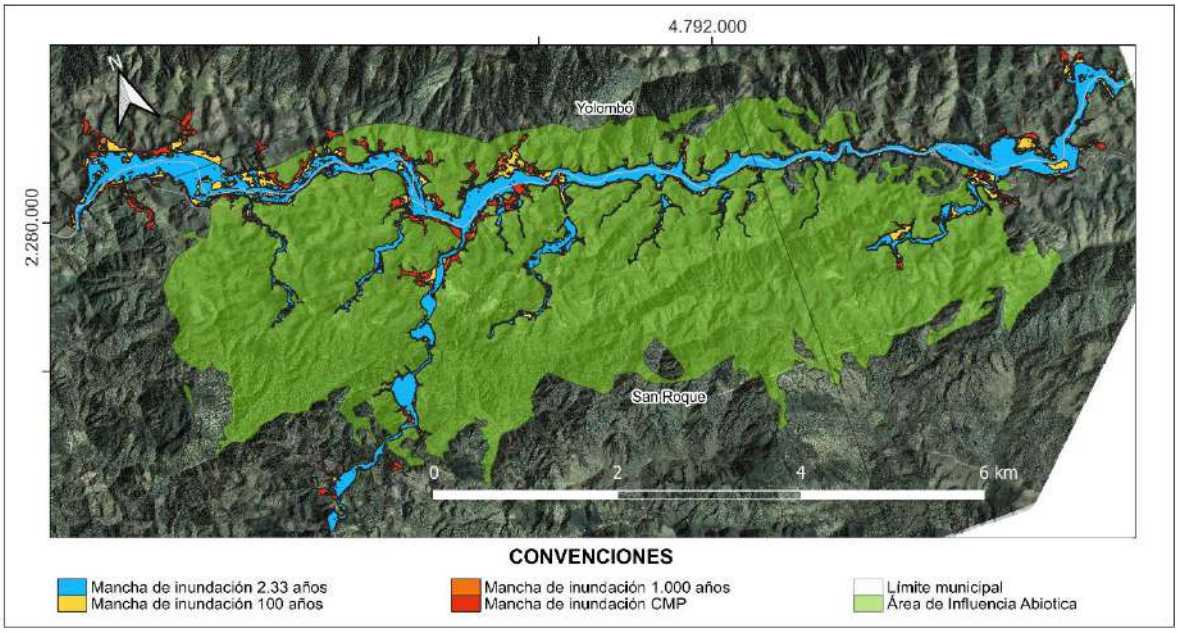

Figura 6.14 Mancha de inundación para el área de influencia abiótica del proyecto

Fuente: Integral S.A., 2025

6.1.6 Áreas de producción económica

Teniendo en cuenta el objeto de la zonificación ambiental, los lineamientos de los TdR-13, y el entendimiento del territorio a partir de la caracterización del área de influencia del medio socioeconómico, a continuación, se presenta la zonificación ambiental de las áreas de producción económica. La misma consideró las particularidades del sistema productivo local y la vocación productiva del territorio, al igual que la interacción con el escenario con proyecto.

6.1.6.1Sensibilidad por presencia de áreas de producción agrícola

Para identificar la sensibilidad por presencia de áreas de producción agrícola, fueron consideradas las coberturas asociadas a este tipo de producción, especialmente aquellas afines a las prácticas productivas locales: mosaico de cultivos, y cultivos caña en el área de influencia (ver Figura 6.15). Este elemento fue destacado considerando la sensibilidad de frente a una eventual interacción con el proyecto, considerando la dependencia de este recurso como fuente de subsistencia de las familias en el territorio.

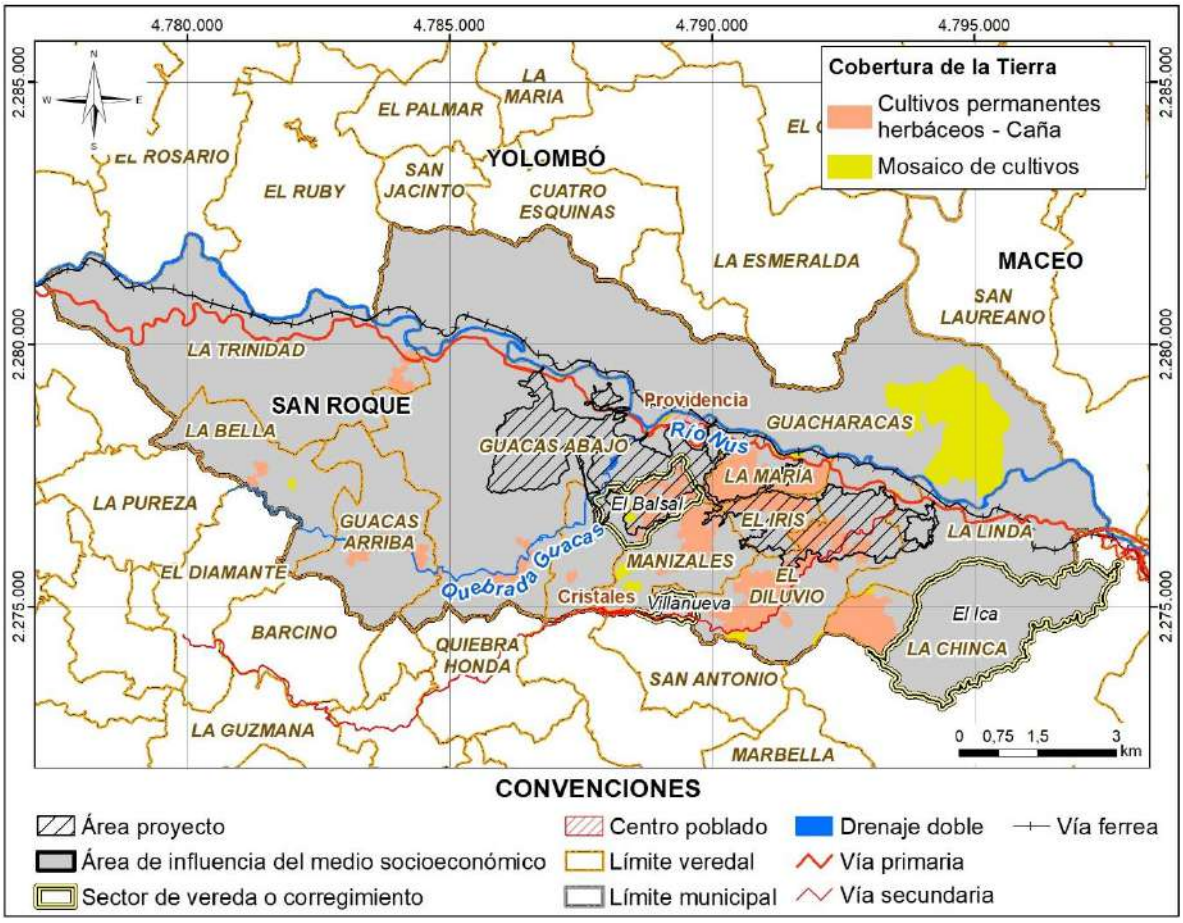

Figura 6.15 Coberturas de uso agrícola en el AI del medio socioeconómico

Fuente: Integral S.A., 2026

La agricultura (generalmente de caña, café o cacao) fue reportada como la actividad económica principal de 11 localidades en el área de influencia; y la actividad económica secundaria de otras cuatro. La posterior identificación y calificación de sensibilidad se ponderó a partir del grado de interacción del proyecto con las coberturas asociadas, contemplando los escenarios de fragmentación de parcelas, y pensando la interacción de este factor con la dinámica productiva de la unidad territorial.

6.1.6.2 Sensibilidad por presencia de áreas de producción ganadera

Para identificar la sensibilidad por presencia de áreas de producción ganadera, fueron consideradas las coberturas asociadas a este tipo de producción, especialmente aquellas afines a las prácticas productivas locales: pastos y pastos arbolados en el área de influencia (ver Figura 6.16). Este elemento fue destacado considerando la sensibilidad de frente a una

eventual interacción con el proyecto, considerando la dependencia de este recurso como fuente de subsistencia de las familias en el territorio.

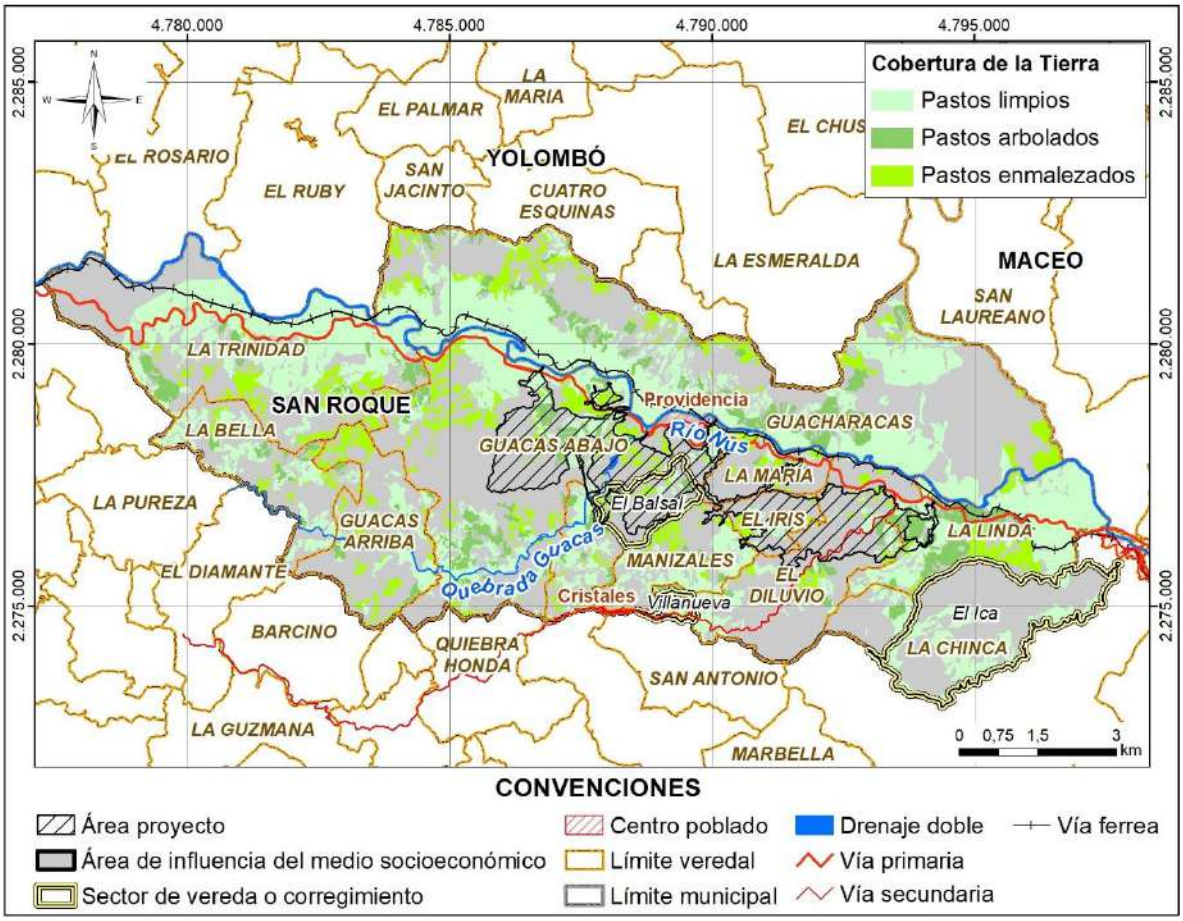

Figura 6.16 Coberturas de uso ganadero en el AI del medio socioeconómico

Fuente: Integral S.A., 2026

La ganadería fue reportada como la actividad económica principal de dos localidades en el área de influencia; y la actividad económica secundaria de otras cuatro. La posterior identificación y calificación de sensibilidad se ponderó a partir del grado de interacción del proyecto con las coberturas asociadas, contemplando los escenarios de fragmentación de potreros, y pensando la interacción de este factor con la dinámica productiva de la unidad territorial.

6.1.6.3 Sensibilidad por presencia de áreas de producción minera

Para sondear la sensibilidad por interacción con la producción minera, considerando la misma como un elemento fundamental en la conformación de la economía local, se consideraron los polígonos ligados a minería no formal, la cual parte de la identificación de coberturas de la tierra con zonas de extracción minera e información del territorio del

proyecto Gramalote dentro de su título minero como perturbadores mineros, a la minería formal, y en proceso de formalización presentes en el área de influencia (ver Figura 6.17).

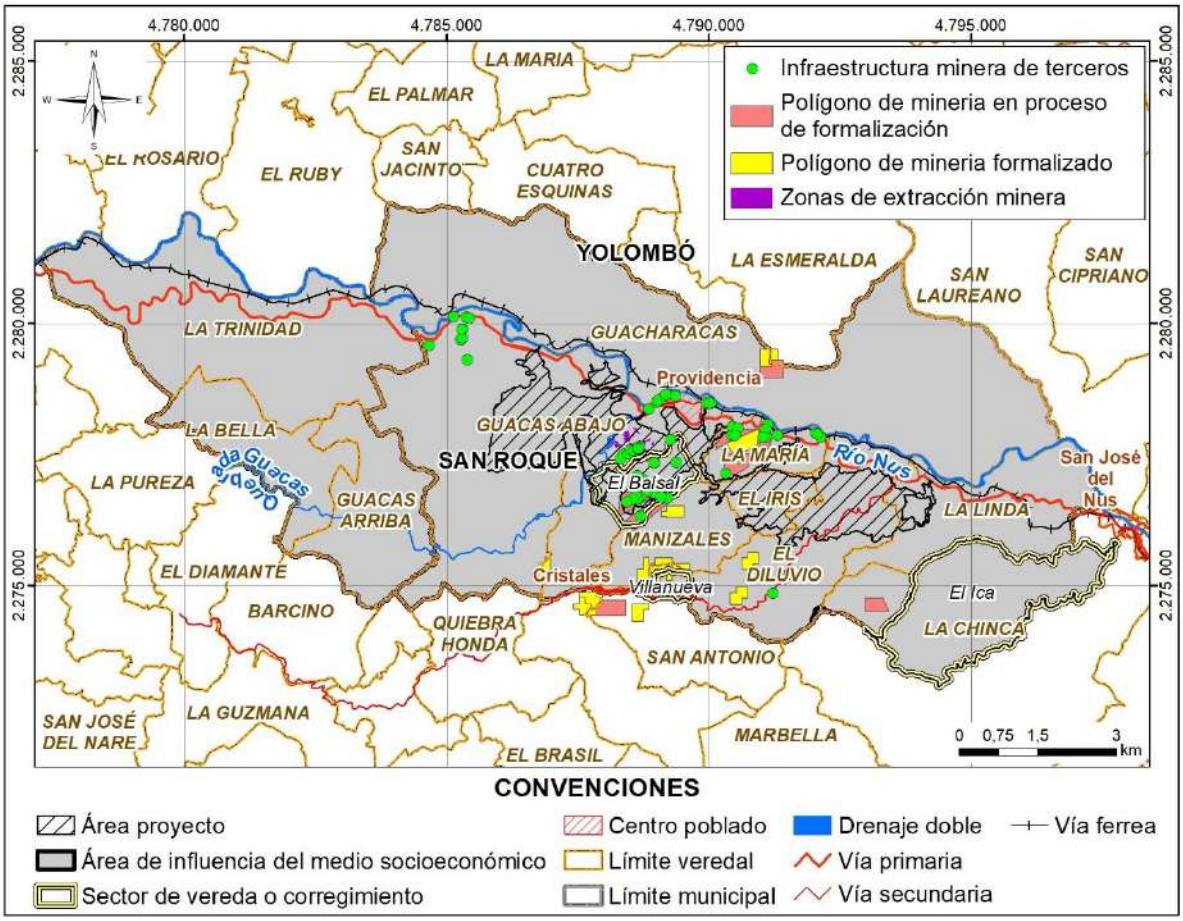

Figura 6.17 Áreas asociadas a producción minera en el AI

Fuente: Integral S.A., 2026

En la caracterización se encontró que dos de las unidades territoriales del área de influencia dependen de la minería como principal fuente de subsistencia; mientras que otras seis la estiman como su actividad económica secundaria. La ponderación de sensibilidad consideró el estado en que se encuentra cada área de producción respecto al proceso de formalización, considerando que el derecho del título es ostentado por Gramalote.

6.1.7 Áreas de importancia social

6.1.7.1 Sensibilidad por presencia de áreas con infraestructura física y social

Para la identificación de la infraestructura física y social, se partió de la información de la caracterización, donde se ubicaron 70 equipamientos de uso administrativo (1); educativo (14); comercial (20); deportivo (21); recreativo (14); sanitario (2); y comunitario (17). Estos fueron considerados, por integrarse al desarrollo de la vida comunitaria y ofrecer campos para el encuentro y la atención a necesidades básicas de las localidades en el área de influencia, y se representan en la Figura 6.18.

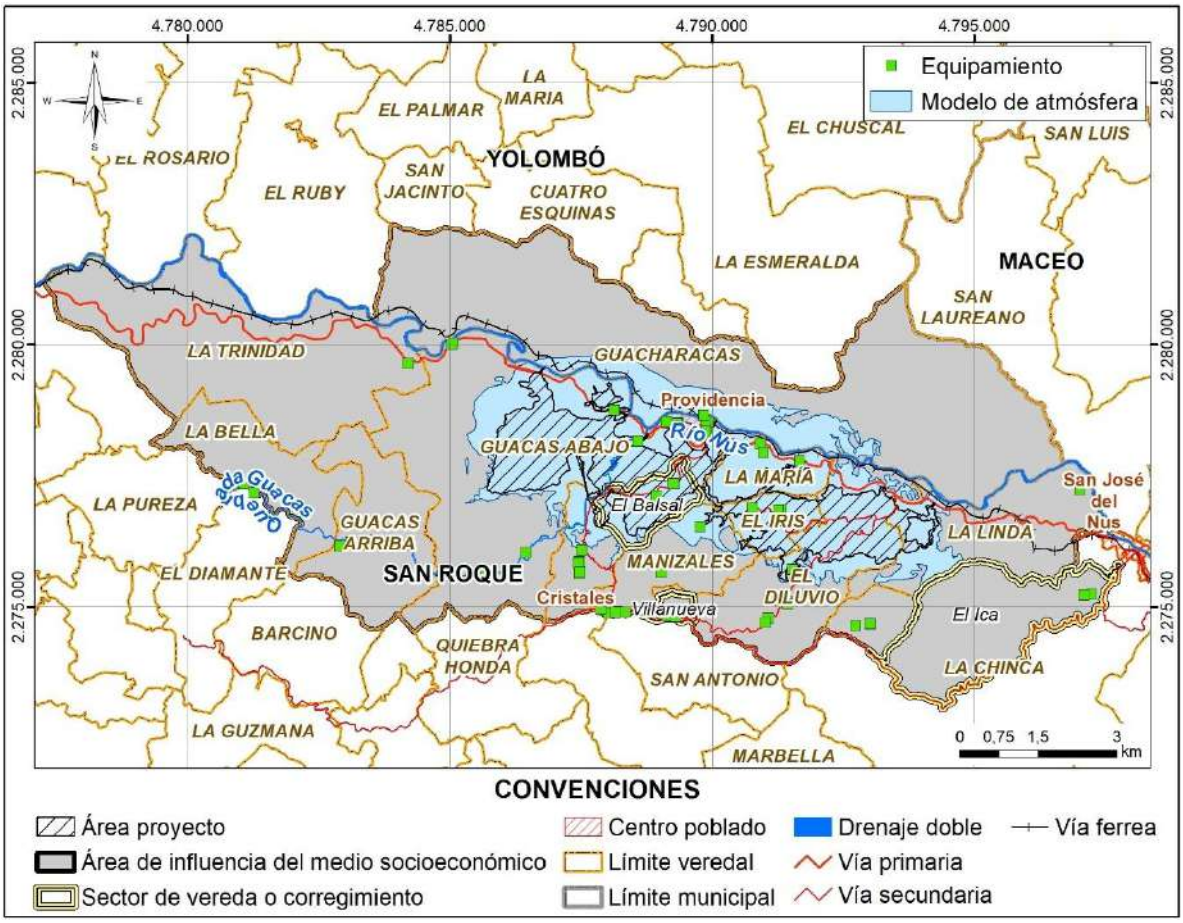

Figura 6.18 Equipamientos en el área de influencia respecto al modelo de atmósfera

Fuente: Integral S.A., 2025

La representación de la información se hace considerando al modelo de atmósfera, puesto que este contiene la base para proyectar posibles interacciones con las actividades del

proyecto. En todo caso, la unidad de zonificación se expresó en la localidad en su totalidad ponderando la desarticulación social que vendría en un evento de afectación.

6.1.7.2Sensibilidad por densidad de asentamientos humanos

El factor de densidad de asentamientos humanos se consideró a partir de la estimación del número de habitantes por km^2 con el fin de representar la concentración de población que podría percibir alteración alguna (ver Tabla 6.7). La información caracterizada indica una densidad poblacional pronunciada en los centros poblados contenidos en el AI del medio socioeconómico, lo que también incluye al sector Villanueva del Corregimiento Cristales considerando su condición como extensión del asentamiento urbano al que se conecta: el centro poblado del mismo corregimiento.

Tabla 6.7 Densidad poblacional en el área de influencia del medio socioeconómico

Municipio	Localidad	Área en Km^2	N. de habitantes	Densidad Poblacional (hab./km^2)
San Roque	Centro poblado del Cgto. Cristales	0,05	564	11.280,00
	Centro poblado del Cgto. Providencia	0,41	2.752	6.712,20
	El Diluvio	7,49	518	69,16
	El Iris	1,58	131	82,91
	Guacas Abajo	18,96	91	4,80
	Guacas Arriba	5,76	117	20,31
	La Bella	4,86	73	15,02
	La Linda	6,69	15	2,24
	La María	2,13	263	123,47
	La Trinidad	14,64	284	19,40
	Manizales	3,69	121	32,79
	Peñas Azules	2,31	217	93,94
	San Joaquín	1,48	230	154,92
	Sector El Balsal de la vereda Guacas abajo	1,63	110	67,53
	Sector El ICA/AGROSAVIA de la vereda La Chinca	6,32	52	8,23
	Sector Villanueva del corregimiento Cristales	0,36	277	769,44
Yolombó	Guacharacas	26,73	54	2,02
Total		105,09	5.869	55,85

Fuente: Integral S.A. 2025

Para considerar los distintos niveles de sensibilidad, se partió del siguiente presupuesto: a mayor densidad de población, mayor sensibilidad ante la eventualidad de un impacto, puesto que la población afectada sería en todo caso mayor. Para el establecimiento de los rangos para la calificación, se consideró el apartado de Densidad de la Población en Colombia del Tomo I del Atlas Demográfico del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, alojado en el sitio web de la entidad (2005). En este, se indica como coyuntura

para la consideración de la densidad poblacional al parámetro de 100 hab/km^2 entendiendo que las densidades significativas se ubican por encima de este límite.

6.1.7.3 Sensibilidad por presencia de áreas con infraestructura histórica y social

Para la identificación de áreas con especial importancia histórica y cultural en el área de influencia del medio socioeconómico se consideraron los resultados del componente cultural. A partir de este, se reconoció la sensibilidad especial que contienen aquellos bienes de interés cultural en el ámbito nacional presentes: las estaciones del ferrocarril de Providencia, Guacharacas y Caramanta. Inclusive, si bien en el presente no se identificó estructura alguna, en este rango se incluyó al área que correspondería a la Estación Conejo (ver Tabla 6.9), toda vez que esta se encuentra mapeada en el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de San Roque, que fue la fuente para espacializar todas estas estructuras.

Tabla 6.8 Bienes de Interés Cultural con declaratoria en el AI

Bien de interés cultural	Declaratoria	Ámbito	Código nacional	Unidad territorial
Estación del Ferrocarril Caramanta	Decreto 746 del 1996	Nacional	01-01-01-08-05-670-000001	La Linda
Estación del Ferrocarril Guacharacas	Decreto 746 del 1996	Nacional	01-01-01-08-05-670-000008	La Trinidad
Estación del Ferrocarril Providencia	Decreto 746 del 1996	Nacional	01-01-01-08-05-670-000005	Centro poblado del Cgto de Providencia
Estación del Ferrocarril Conejo	Decreto 746 del 1996	Nacional	01-01-01-08-05-670-000002	La Trinidad

Fuente: Ministerio de las Culturas, las Artes y los Saberes (2024, 2024b); y el EOT del Municipio de San Roque (2014)

Estos polígonos se acompañaron de otros, asociados a los sitios de importancia cultural no declarados en el área de influencia, pero componentes vitales de las unidades territoriales, por contener espacios destinados a la reproducción de valores y prácticas culturales: las 11 iglesias y los dos cementerios presentes.

La distribución de sensibilidades consideró el grado de reconocimiento del que goza cada sitio. Para aquellos categorizados como BIC, se consideró una sensibilidad alta, mientras que para aquellos que, siendo de importancia para el sistema cultural local, no contasen con reconocimiento oficial alguno, se asignó una sensibilidad media.

6.1.7.4 Sensibilidad por presencia de población en el Plan de Acción de Reasentamiento

En lo correspondiente al antecedente del proyecto respecto a su identificación y manejo de población a reasentar, se considera el estado actual del Plan de Acción de Reasentamiento como factor de sensibilidad, expresado a partir de las veredas a las que pertenece esta población. Considerando los eventuales cambios que podría tener este elemento en el escenario con modificación, y las sucesivas molestias que puedan generarse entre la población que permanecería en el territorio y aquellos que seguirían haciendo parte del segmento de población sujeto de traslado, se determina que las veredas con población en el PAR corresponden con áreas de sensibilidad alta (ver Figura 6.19)

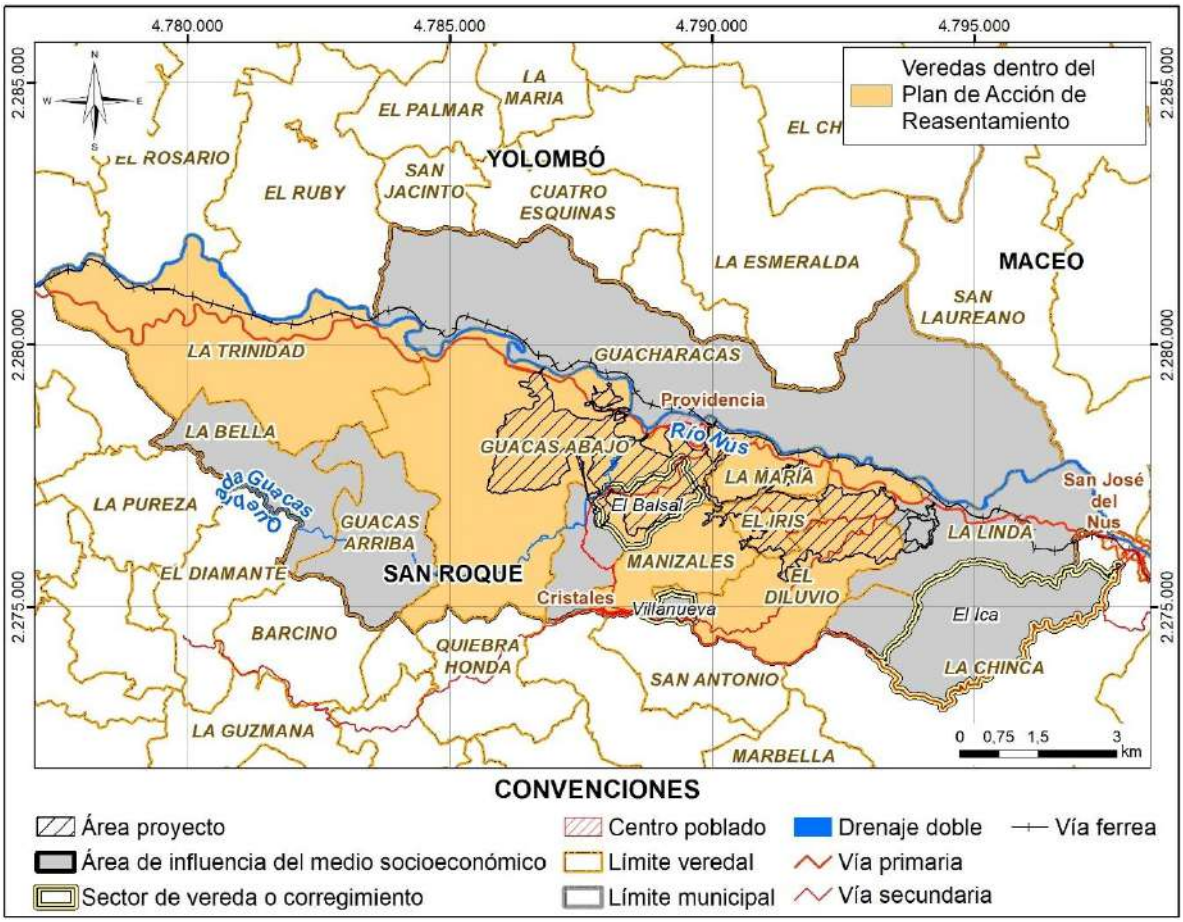

Figura 6.19 Veredas con población en el PAR

Fuente: Integral S.A., 2025

6.2 ZONIFICACIÓN INTERMEDIA

Con el fin de obtener una síntesis del territorio en términos de su sensibilidad ambiental, se describen las variables usadas en cada uno de los componentes. Se detallan los criterios establecidos y sus respectivas escalas de calificación. Este análisis se realizó por cada medio y en el área de influencia de cada uno.

Vale la pena aclarar que según la metodología empleada para la zonificación ambiental considerando los términos de referencia (TdR 13), la sumatoria de las áreas se realizó con base en la delimitación geográfica de los criterios analizados en cada componente. Por esta razón, en algunos casos, la suma de los criterios no corresponde al total de cada área de influencia por medio (ver Capítulo 4. Área de Influencia).

Se realizó la zonificación ambiental de cada uno de los medios (biótico, abiótico y socioeconómico), la cual considera la espacialización de cada uno de los criterios seleccionados para el análisis de sensibilidad de cada medio. Procediendo así, con un

álgebra de mapas para estimar la zonificación ambiental intermedia, la cual se obtuvo a partir de la sumatoria de las diferentes variables, y posterior reclasificación entre cinco categorías (Muy alta, alta, moderada, baja y muy baja) para cada medio; posteriormente con un álgebra de mapas para estimar la zonificación ambiental final, se obtuvo a partir de la sumatoria de cada medio dividida entre los números de medios espacializados para cada zona de interés. Es decir, las sumas para la zonificación ambiental final se realizaron de manera proporcional al número de medios presentes en cada espacio del territorio dentro del Área Influencia del Proyecto.

6.2.1 Criterios del medio abiótico y zonificación intermedia

6.2.1.1 Variables del medio abiótico consideradas

El estudio de sensibilidad de este medio se hizo a partir de variables ligadas a los componentes geosférico, suelos, hidrológico e hidrogeológico, es importante aclarar que se identifican varias de las variables identificadas en estudios anteriores, sin embargo, se presentan individualmente para identificar con más claridad la sensibilidad ambiental que generan.

6.2.1.1.1 Sensibilidad por la susceptibilidad ante movimientos en masa

Esta variable se califica teniendo en cuenta las categorías de susceptibilidad ante movimientos en masa, en el cual se indica las características intrínsecas del terreno que favorecen el desarrollo de movimientos en masa tales como el tipo de material, la pendiente, el drenaje y la vegetación. En este caso, se establecen tres (3) rangos o categorías, cuyas características se describen en la Tabla 6.9; por su parte en la Tabla 6.10 se presenta el porcentaje de ocupación y en la Figura 6.20, la localización de las áreas mencionadas.

Tabla 6.9 Características consideradas para la zonificación ambiental por la susceptibilidad ante procesos de remoción en masa

Característica	Grado de susceptibilidad*	Sensibilidad ambiental	Calificación
Zonas con baja probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa. Se caracterizan por pendientes suaves, materiales estables y bien consolidados, buena cobertura vegetal, lo que contribuye a la estabilidad del terreno.	≥62	Baja	2
Áreas con condiciones intermedias de susceptibilidad. Presentan pendientes moderadas y materiales con cierta cohesión. La cobertura vegetal puede ser parcial, lo que brinda cierta protección, pero bajo lluvias intensas o cambios en el uso del suelo, pueden activarse procesos de remoción.	53 - 62	Media	3
Corresponde a áreas donde la combinación de factores geológicos, topográficos y de cobertura vegetal favorece significativamente la ocurrencia de movimientos en masa. Generalmente son zonas con materiales poco consolidados o fracturados, pendientes fuertes y cobertura vegetal escasa o intervenida, lo que reduce la estabilidad del terreno.	≤53	Alta	4

*Corresponde a las categorías de susceptibilidad por movimientos en masa, que son directamente proporcionales a la sensibilidad ambiental.

Fuente: A partir de (Aguilar, 2015), modificado por Integral S.A., 2026

Tabla 6.10 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad ante procesos de remoción en masa en el área de influencia abiótica del proyecto

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Zonas con baja probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa	Baja	853,85	34,22
Áreas con condiciones intermedias de susceptibilidad	Media	1.311,85	52,57
Áreas donde la combinación de factores geológicos, topográficos y de cobertura vegetal favorece significativamente la ocurrencia de movimientos en masa	Alta	329,57	13,21
Total		2.495,27	100,00

Fuente: Integral S.A., 2026

Como se indicó anteriormente la sensibilidad ambiental por susceptibilidad a movimientos en masa es directamente proporcional: a mayor susceptibilidad del terreno, mayor sensibilidad ambiental, ya que el ecosistema presenta mayor fragilidad ante procesos morfodinámicos. Para el área de influencia abiótica del proyecto objeto de la modificación, el 52,57% corresponde a sensibilidad media, el 34,22% se define en la sensibilidad baja y el 13,21% en la sensibilidad alta a susceptibilidad por remoción en masa.

La mayoría de los procesos morfodinámicos presentes se encuentran colonizados por vegetación, constituyendo cicatrices de deslizamiento estabilizadas como rasgos morfológicos del terreno. Esta condición favorece la integridad general del área; no obstante, se requiere manejo adecuado de laderas frente a intervenciones antrópicas para minimizar riesgos y preservar la funcionalidad ambiental a largo plazo.

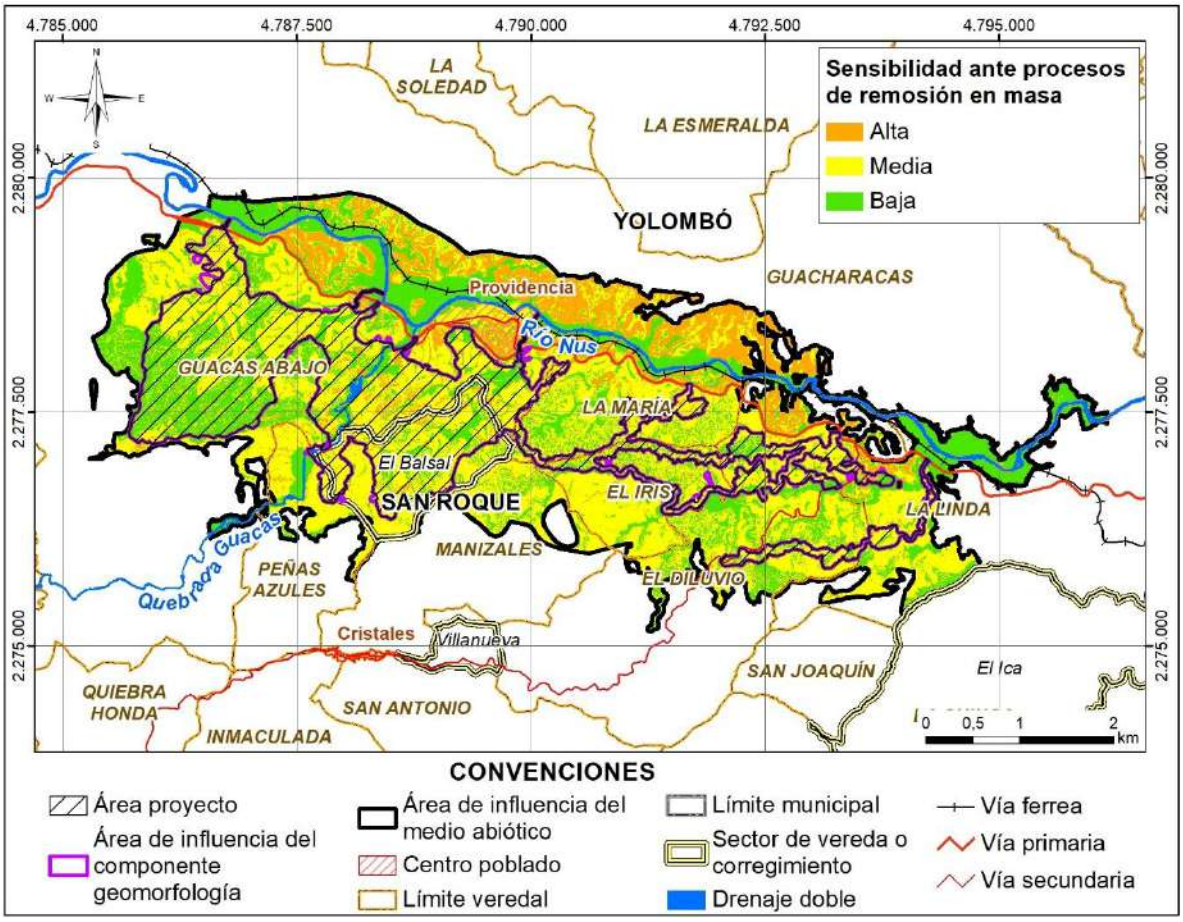

Figura 6.20 Sensibilidad ante procesos de movimientos en masa

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.1.1.2 Sensibilidad por la mancha de inundación

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes producidos por el aumento en los caudales de los ríos, con desborde del cauce normal de los cuerpos de agua. Ocurren principalmente en épocas de lluvia y afectan especialmente las zonas topográficamente bajas.

En el área de influencia, la susceptibilidad por la mancha de inundación está asociada al relieve plano de origen aluvial, derivado de la dinámica fluvial de las corrientes principales como el río Nus, y de las quebradas El Banco, San Antonio, Guacas, Cauce 5, Cauce 6, La

Colorada, Cauce 8, La María, El Torito, Cauce 9, Cauce 10 y La Palestina frente a eventos hidro-climatológicos extremos en condiciones naturales. Teniendo en cuenta el modelo hidráulico presentado en el capítulo 5.1.5 Hidrología, para la evaluación de la sensibilidad a la inundación en la zonificación ambiental se adoptó un periodo de retorno de 100 años, equivalente a una probabilidad anual de excedencia del 1%, en concordancia con los estándares hidrológicos internacionales para obras e intervenciones de importancia regional y con los lineamientos nacionales de gestión del riesgo y ordenamiento territorial, que establecen como mínimo la modelación de crecientes de T≥100 años para la caracterización de amenaza por inundación y definición de restricciones al uso del suelo, Esta alta susceptibilidad eleva la sensibilidad ambiental a nivel alto, por fragilidad de suelos y ecosistemas ribereños, su conversión directa a sensibilidad ambiental alta se fundamenta en criterios normativos que equiparan esta mancha a amenaza alta por su probabilidad anual 1% y potencial erosivo/daños infraestructurales (no letales >1,5 m²/s requeridos para muy alta), como es el Protocolo IDEAM ZR[1] y Protocolo MinAmbiente Gestión Riesgo[2].

En la Tabla 6.11 se presentan las categorías de sensibilidad ambiental para la variable de mancha de inundación, la cual se establece dentro de la escala de los cinco (5) rangos o categorías, sin embargo, teniendo en cuenta que los resultados de la modelación en la que se genera una única poligonal de afectación sin gradientes intermedios, evitando subcategorías, se establecen dos categorías o rangos, zonas inundables y zonas no inundables, siendo más sensible las zonas que presenta inundación y menos sensibles en las zonas donde no se presenta inundación, en ese sentido, se obtiene una clasificación como se presenta en la Tabla 6.12 y en la Figura 6.21 se presenta la especialización del resultado.

Tabla 6.11 Características consideradas para la zonificación ambiental de la Mancha de inundación

Característica	Sensibilidad ambiental	Calificación
Zonas no inundables: Corresponde a los sitios que no son susceptibles a sufrir fenómenos de inundación y se encuentran por fuera de la mancha de inundación	Muy baja	1
Zonas inundables: Corresponde a los sitios que son susceptibles a sufrir fenómenos de inundación en periodo de retorno de 100 años.	Alta	4

Fuente: Integral S.A., 2026

[1] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2011). Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a inundaciones por desbordamiento de cuerpos de agua. Bogotá, D.C. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

[2] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2021). Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo de Desastres en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA). Anexo 26 del Decreto o Resolución correspondiente (compilación normativo). Bogotá, D.C.

Tabla 6.12 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad mancha de inundación en el área de influencia abiótica del proyecto

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Zonas no Inundables	Muy baja	2.196,08	88,01
Zonas Inundables	Alta	299,20	11,99
Total		2.495,27	100,00

Fuente: Integral S.A., 2026

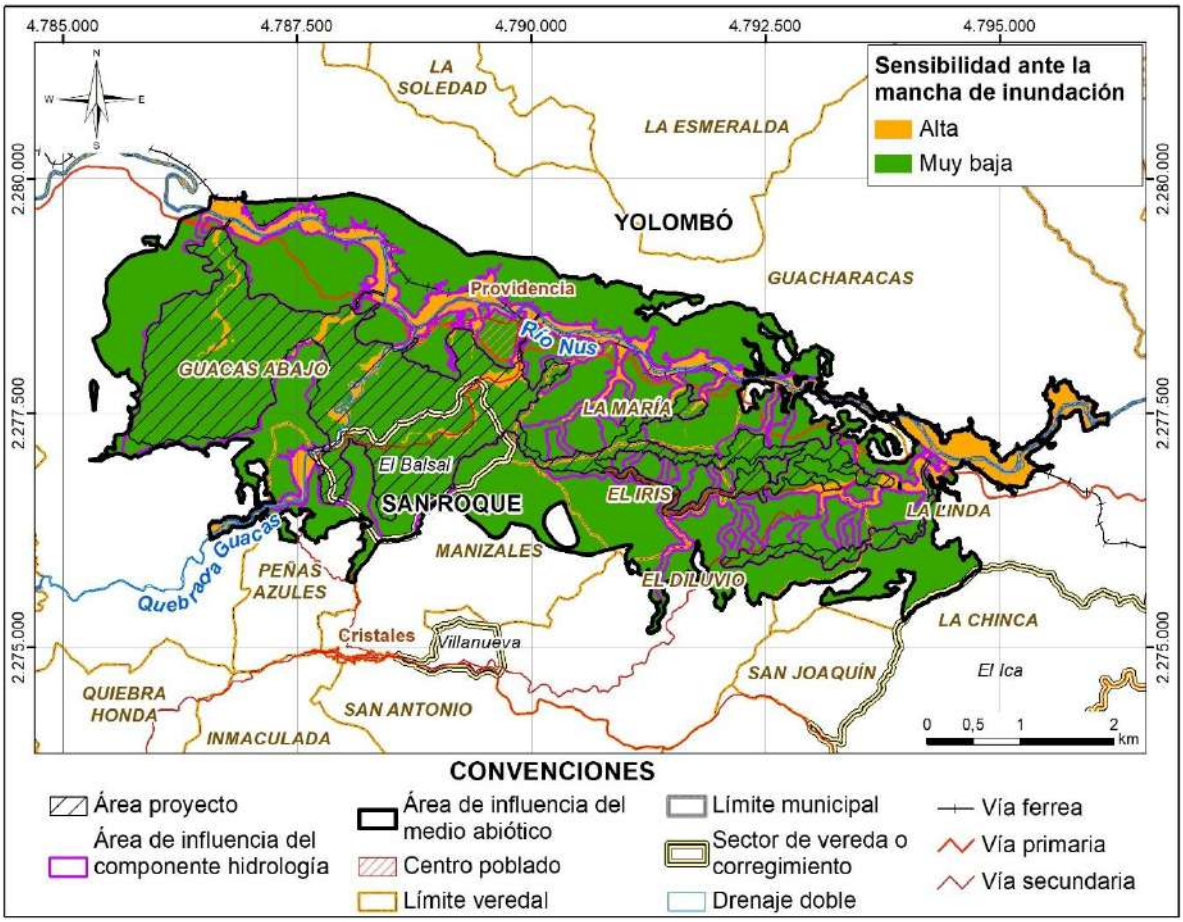

Figura 6.21 Susceptibilidad por mancha de inundaciones

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.1.1.3 Sensibilidad por la susceptibilidad según zonificación geotécnica

La calificación de esta variable se da con base en una reclasificación de acuerdo de zonificación geotécnica, en donde se identifica zonas homogéneas a partir de las condiciones litológicas, topográficas, climáticas, hidrológicas, dinámica superficial y

sismológica; a la que se le asigna una categoría de estabilidad, donde los valores que determinan la calificación de la estabilidad geotécnica definen un límite superior de condición de estabilidad y el límite inferior una zona crítica o con mayores condiciones de inestabilidad. En relación con la sensibilidad ambiental por la estabilidad entre más estable sea un terreno menos sensible será y en menos estable más sensible será. En este caso, se establecen cinco (5) rangos o categorías, cuyas características se describen en la Tabla 6.13.

Tabla 6.13 Características consideradas para la zonificación ambiental por la susceptibilidad según zonificación geotécnica

Característica	Sensibilidad ambiental	Calificación
Zonas estables o independientes: Áreas de pendientes que no presentan evidencias de inestabilidad y se consideran estables a través del análisis comparativo con otras pendientes.	Muy baja	1
Zonas estables poco dependientes: Clases de pendientes que no presentan evidencias de deslizamiento, pero se pueden desarrollar procesos de erosión y deslizamientos en el futuro.	Baja	2
Zonas estables moderadamente dependientes: Áreas de pendientes con evidencia de deslizamientos y procesos de inestabilidad anteriores, pero que no han sufrido cambios en el registro histórico, aunque las formas de erosión son evidentes. *Zonas estables muy dependientes:* Clases de pendientes con herencias morfodinámicas de deslizamientos antiguos que no han sufrido movimientos en el tiempo histórico conocido. Las formas de erosión no se conservan.	Media	3
Zonas inestables recuperables: son pendientes que presentan deslizamientos frecuentes o reactivación de deslizamientos antiguos. Los procesos de inestabilidad no son regulares y se asocian a eventos espaciados varios años.	Alta	4
Zonas de inestabilidad alta: Áreas de pendientes con deslizamientos activos, recientes y bien definidos. Los procesos de inestabilidad son continuos o asociados a periodos de lluvia	Muy alta	5

Fuente: Integral S.A., 2026

Por su parte en la Tabla 6.14 se presenta el porcentaje de ocupación y en la Figura 6.22 la localización de las áreas mencionadas por la sensibilidad según zonificación geotécnica en el área de influencia. En donde se identifica el predominio de la sensibilidad media con el 76,37%, lo cual es consecuente con lo observado en el área de análisis, ya que estás zonas corresponden a pendientes que puntualmente muestran indicios de antiguos deslizamientos, es decir cicatrices de deslizamientos, las cuales son evidentes en el área de acuerdo con la cartografía de procesos morfodinámicos realizada. La reactivación de estas cicatrices o antiguos procesos va a depender del manejo de la ladera. Por otra parte, se presenta sensibilidad baja con el 22,11% en las zonas cercanas a los drenajes principales, cuyas pendientes no presentan evidencias de deslizamientos, no obstante, dependiendo del manejo de las laderas pueden desarrollar procesos morfodinámicos.

Tabla 6.14 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad según zonificación geotécnica en el área de influencia abiótica del proyecto

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Zonas estables o independientes	Muy baja	37,94	1,52
Zonas estables poco dependientes	Baja	551,81	22,10
Zonas estables moderadamente dependientes y muy dependientes	Media	1.905,52	76,37
Total		2.495,27	100,00

Fuente: Integral S.A., 2026

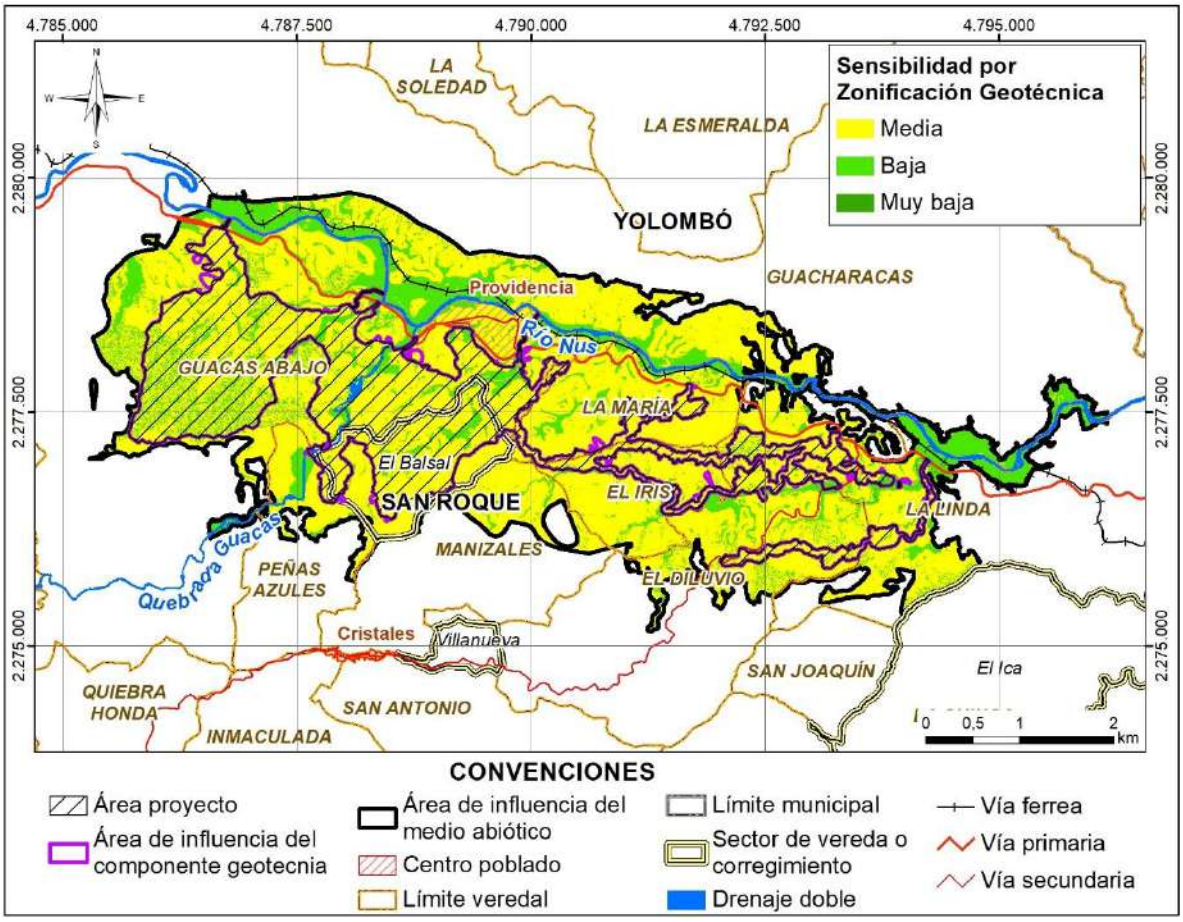

Figura 6.22 Sensibilidad por zonificación geotécnica

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.1.1.4 Sensibilidad por la susceptibilidad ante procesos erosivos

La erosión de los suelos es un proceso natural ligado a la dinámica geomorfológica de los paisajes, pero se ve fuertemente intensificado por las actividades humanas. En particular, el uso intensivo de las tierras agrícolas, el cambio de coberturas vegetales y las prácticas inadecuadas de manejo del suelo modifican el equilibrio de los ecosistemas, incrementando las tasas de pérdida de suelo más allá de su capacidad de regeneración (FAO, 1990). Así mismo, la erosión al implicar una variación del espesor del suelo, desestabilización de taludes y laderas, también genera una interacción con los cuerpos hídricos por la generación de sedimentos que se transportan hacia cauces y obras hidráulicas. Estos sedimentos colmatan y obstruyen sistemas naturales y artificiales de drenaje (ríos, humedales, canales, lagos, entre otros), favoreciendo desbordamientos e inundaciones y afectando de manera directa actividades agropecuarias e industriales localizadas en zonas bajas. En consecuencia, el análisis de sensibilidad ante procesos erosivos permite anticipar estos efectos, priorizar áreas críticas y definir estrategias de manejo y conservación del suelo que reduzcan el riesgo ambiental y productivo.

En este caso, se establecen cinco (5) rangos o categorías, cuyas características se describen en la Tabla 6.15.

Tabla 6.15 Características consideradas para la zonificación ambiental por la susceptibilidad ante procesos erosivos

Característica	Sensibilidad ambiental	Calificación
Corresponde a zonas con condiciones favorables para la conservación del suelo, como pendientes mínimas, suelos bien estructurados y alta cobertura vegetal, donde la erosión es prácticamente nula.	Muy baja	1
Áreas con baja susceptibilidad, generalmente con pendientes suaves, suelos más estables y buena cobertura vegetal, lo que reduce la probabilidad de erosión significativa.	Baja	2
Zonas de susceptibilidad media, donde la erosión puede ocurrir de manera moderada bajo ciertas condiciones, como lluvias intensas o prácticas agrícolas inadecuadas. Suelos con cierta estabilidad y pendientes medias.	Media	3
Áreas con alta susceptibilidad a la erosión, donde las condiciones topográficas y de cobertura favorecen la pérdida significativa de suelo si no se implementan prácticas de conservación. Presentan pendientes moderadas a fuertes y cobertura vegetal insuficiente.	Alta	4
Corresponde a áreas donde la combinación de factores (pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal, lluvia y escorrentía) genera una pérdida potencial de suelo extremadamente elevada. Son zonas críticas, generalmente con pendientes fuertes, suelos poco cohesionados y baja cobertura vegetal, lo que incrementa la susceptibilidad a procesos erosivos acelerados.	Muy alta	5

Fuente: Integral S.A., 2026

Por su parte en la Tabla 6.16 se presenta el porcentaje de ocupación y en la Figura 6.23 la localización de las áreas mencionadas por la sensibilidad ante procesos erosivos en el área de influencia.

Tabla 6.16 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad ante procesos erosivos en el área de influencia abiótica del proyecto

Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Muy baja	65,36	2,62
Baja	135,35	5,42
Media	875,99	35,11
Alta	759,03	30,42
Muy alta	659,54	26,43
Total	2.495,27	100,00

Fuente: Integral S.A., 2026

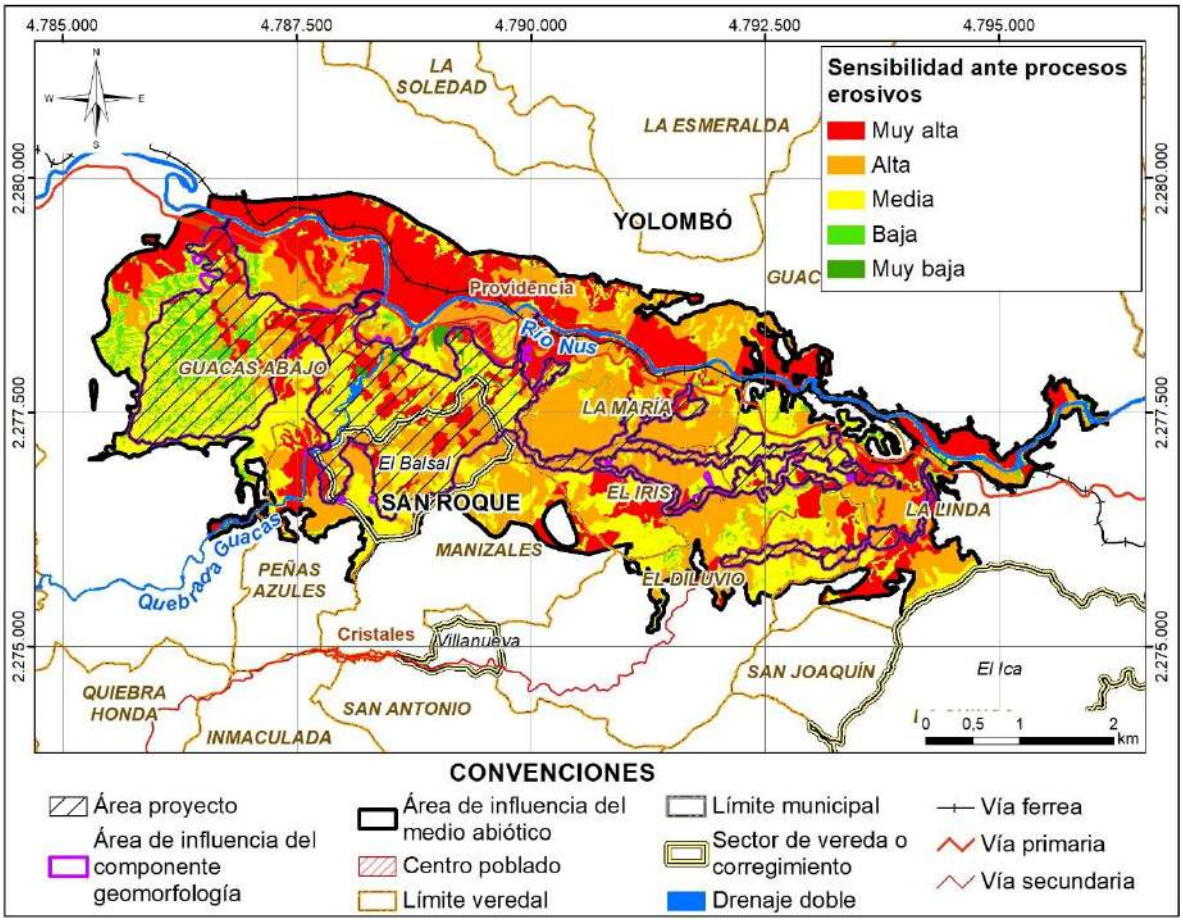

Figura 6.23 Sensibilidad por ante procesos erosivos

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.1.1.5 Sensibilidad por la susceptibilidad ante avenidas torrenciales

La susceptibilidad ante avenidas torrenciales se utiliza como indicador clave para determinar la sensibilidad ambiental en la presente zonificación ambiental para la modificación de licencia ambiental. En este enfoque, ambas variables se consideran proporcionales: una alta susceptibilidad a estos flujos dinámicos implica una alta sensibilidad ambiental del territorio.

Las avenidas torrenciales, al movilizar grandes volúmenes de sedimentos en cuencas de alta pendiente, evidencian la fragilidad intrínseca de las unidades geomorfológicas. Áreas con susceptibilidad alta (por litología inestable, deforestación o régimen pluvial extremo) presentan sensibilidad ambiental elevada, limitando usos intensivos del suelo y priorizando medidas de estabilización. En este caso, se establecen cinco (5) rangos o categorías, cuyas características se describen en la Tabla 6.17.

Tabla 6.17 Características consideradas para la zonificación ambiental por la susceptibilidad ante procesos de remoción en masa

Característica	Sensibilidad ambiental	Calificación
Áreas con condiciones geomorfológicas y topográficas que prácticamente no favorecen la ocurrencia de avenidas torrenciales. Presentan pendientes mínimas, drenajes poco definidos y materiales consolidados, con ausencia de eventos históricos.	Muy baja	1
Zonas con baja susceptibilidad, generalmente con pendientes suaves, drenajes dispersos y materiales más estables. El Índice de Melton es bajo y no hay antecedentes significativos de eventos torrenciales.	Baja	2
Áreas con condiciones intermedias, donde la geomorfología y el drenaje permiten cierta acumulación y transporte de sedimentos, pero con menor energía que en las categorías superiores. Pueden activarse eventos bajo condiciones extremas.	Media	3
Zonas con alta susceptibilidad, caracterizadas por pendientes pronunciadas, drenajes bien definidos y materiales sueltos o poco consolidados. El Índice de Melton y el IVET indican condiciones favorables para la ocurrencia de eventos bajo lluvias intensas.	Alta	4
Áreas con condiciones geomorfológicas y topográficas que favorecen la generación de avenidas torrenciales, como cuencas pequeñas y empinadas con alto Índice de Melton, presencia de depósitos inestables, drenajes concentrados y antecedentes de eventos torrenciales.	Muy alta	5

Fuente: Integral S.A., 2026

Por su parte en la Tabla 6.18 se presenta el porcentaje de ocupación y en la Figura 6.24 la localización de las áreas mencionadas por la sensibilidad ante procesos erosivos en el área de influencia.

Tabla 6.18 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad por vulnerabilidad por avenidas torrenciales en el área de influencia abiótica del proyecto

Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Baja	2.495,27	100,00
Total	2.495,27	100,00

Fuente: Integral S.A., 2026

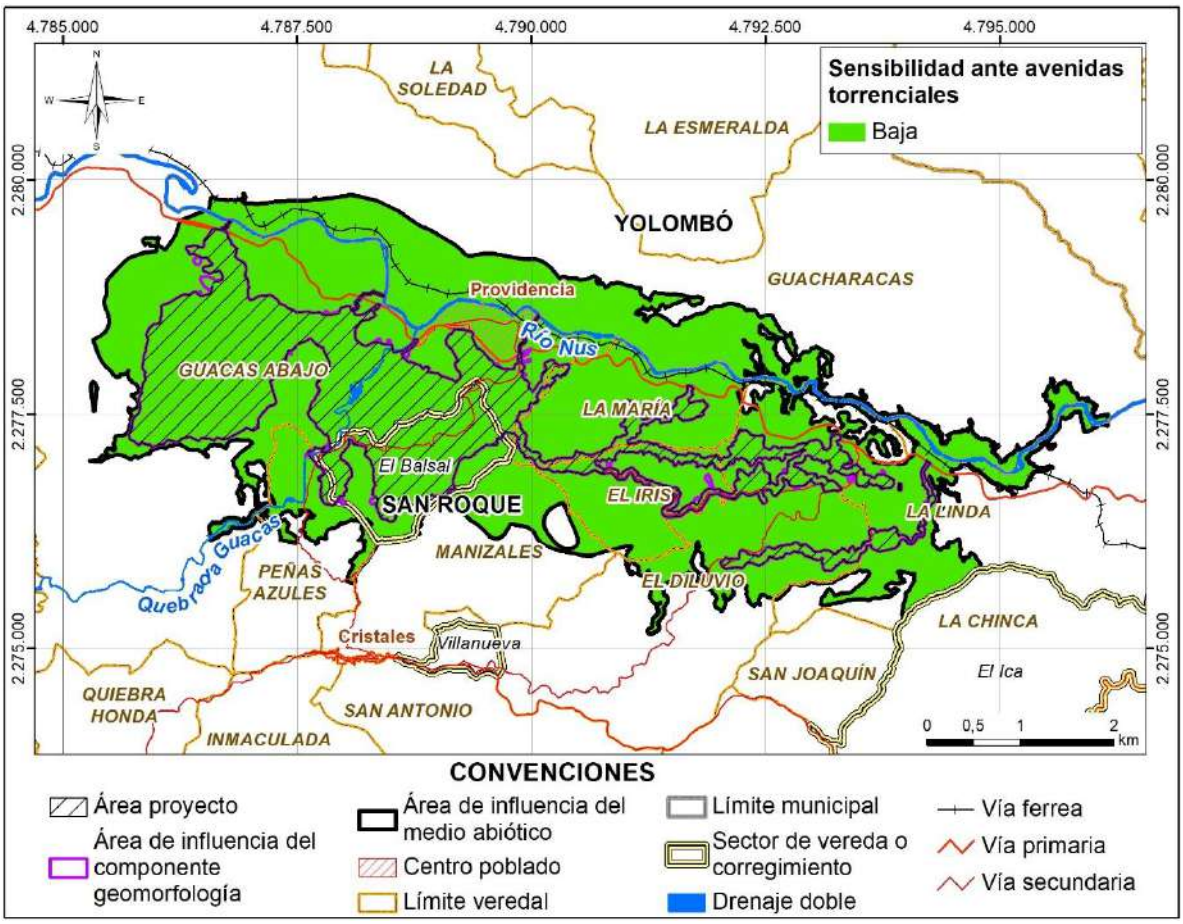

Figura 6.24 Susceptibilidad por avenidas torrenciales

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.1.1.6 Sensibilidad por vulnerabilidad de acuíferos

Este componente se estimó a partir de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación. Suponiendo el grado de defensa natural del sistema a la alteración potencial de la calidad del agua subterránea, a partir de las propiedades físicas del medio no saturado.

La vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación se fija con base en la facilidad de ingreso de sustancias que puedan degradar la calidad del agua subterránea. Ya sea mediante infiltración directa cuando no existe suelo, o a través del suelo y de la zona no saturada. (Foster, 1987), define la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos como "Características intrínsecas que determinan la sensibilidad de varias partes de un acuífero a ser afectado adversamente por un contaminante".

El grado de vulnerabilidad, se expresa mediante índices según las características físicas del marco hidrogeológico que afectan la potencial contaminación del agua. Es posible fijar como hipótesis de partida el riesgo de los acuíferos frente a un contaminante. Este equivale a la interacción entre la vulnerabilidad de estos y la carga contaminante a la que son sometidos. Estos índices se pueden usar para evaluar el riesgo a la contaminación de aguas subterráneas.

Como se mencionó al inicio del capítulo la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos, para la presente zonificación se analizó el grado de vulnerabilidad que se expresa por el índice DRASTIC. Éste supone características físicas propias del marco hidrogeológico que afectan la potencial contaminación del agua. Este método valora la profundidad del nivel piezométrico, recarga, litología del acuífero, naturaleza del suelo y de la zona no saturada, pendientes del terreno y permeabilidad.

En la Tabla 6.19 se presentan los rangos de sensibilidad a la contaminación de los acuíferos calificados para esta variable.

Tabla 6.19 Características consideradas para la zonificación ambiental por la susceptibilidad por vulnerabilidad de acuíferos

Característica	Sensibilidad ambiental	Calificación
En estos acuíferos las capas confinantes representan un obstáculo que dificulta un flujo significativo de los contaminantes hacia el acuífero. El grado de vulnerabilidad es entre 23 y 64.	Muy baja	1
Acuíferos vulnerables a contaminantes muy móviles y persistentes y a eventos de contaminación continuos durante largos periodos de tiempo. El grado de vulnerabilidad es entre 65 y 105.	Baja	2
Acuíferos vulnerables a contaminantes relativamente móviles y/o persistentes o bien, a eventos de contaminación continuos, causados durante largos periodos de tiempo. El grado de vulnerabilidad es entre 106 y 146.	Media	3
Acuífero vulnerable a muchos contaminantes (excepto a los que son fuertemente absorbidos o fácilmente transformados) en varios escenarios de contaminación. Grado de vulnerabilidad entre 147 y 187.	Alta	4

Característica	Sensibilidad ambiental	Calificación
Acuíferos vulnerables a la mayoría de los contaminantes y con un impacto rápido en muchos escenarios de contaminación. El grado de vulnerabilidad es entre 188 y 230.	Muy alta	5

Fuente: Integral S.A., 2026 según criterios del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo, 2010[3].

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 6.10 y la Figura 6.25, la mayoría del territorio presenta una sensibilidad baja, así mismo, se evidencia que las mayores vulnerabilidades se concentran en los sectores occidental y oriental del área de influencia. Estas zonas corresponden a áreas con niveles freáticos someros y presencia del acuífero aluvial, condiciones que, sumadas a la alta recarga, incrementan el riesgo de contaminación. En contraste, la zona central muestra vulnerabilidad baja a muy baja, asociada a niveles freáticos más profundos, lo que proporciona mayor protección frente a la infiltración de contaminantes.

Tabla 6.20 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad por vulnerabilidad de acuíferos en el área de influencia abiótica del proyecto

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
En estos acuíferos las capas confinantes representan un obstáculo que dificulta un flujo significativo de los contaminantes hacia el acuífero. El grado de vulnerabilidad es entre 23 y 64.	Muy baja	17,96	0,72
Acuíferos vulnerables a contaminantes muy móviles y persistentes y a eventos de contaminación continuos durante largos periodos de tiempo. El grado de vulnerabilidad es entre 65 y 105.	Baja	1.968,04	78,87
Acuífero vulnerable a muchos contaminantes (excepto a los que son fuertemente absorbidos o fácilmente transformados) en varios escenarios de contaminación. Grado de vulnerabilidad entre 147 y 187.	Alta	509,27	20,41
Total		2.495,27	100,00

Fuente: Integral S.A., 2026

[3]MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL VICEMINISTERIO DE AMBIENTE GRUPO DE RECURSO HÍDRICO (2010). Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación.

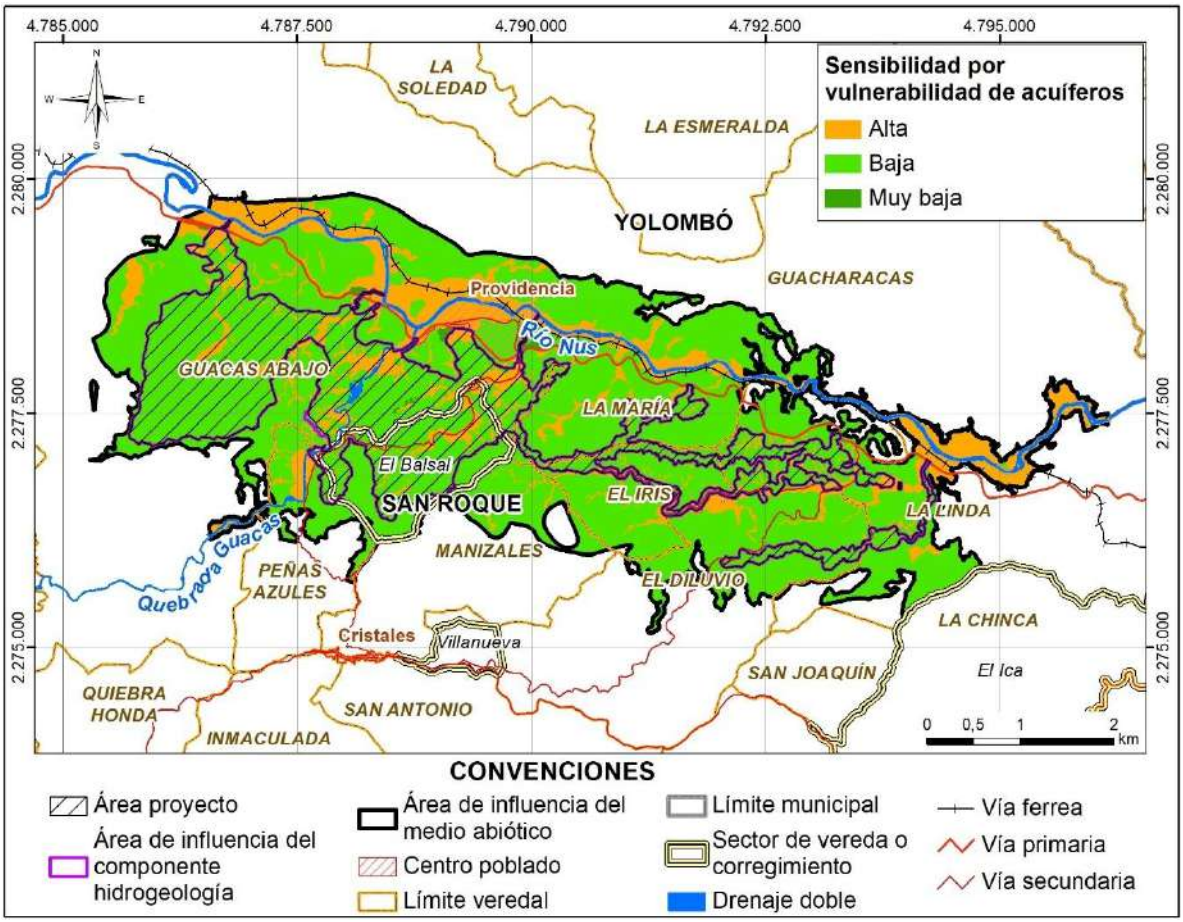

Figura 6.25 Sensibilidad por vulnerabilidad de acuíferos

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.1.1.7 Sensibilidad por conflictos por uso del suelo

Para definir los conflictos por uso del suelo se realizó la superposición de los mapas de uso actual y capacidad de uso del suelo, según la utilización adecuada o no, que se hace en el suelo, de acuerdo con los limitantes y requerimientos de este. El conflicto de uso se realizó según el método de la "Zonificación de los conflictos de usos de las tierras en Colombia" del IGAC (IGAC & CORPOICA, 2002). En este caso, se establecen cinco (5) rangos o categorías, cuyas características se describen en la Tabla 6.21.

Tabla 6.21 Características consideradas para la zonificación ambiental por la susceptibilidad por conflicto por uso del suelo

Característica	Sensibilidad ambiental	Calificación
Suelos que se encuentra por debajo del uso potencial pero compatible; sin riesgos ambientales detectables, con capacidad subutilizada estable, corresponde a conflictos por subutilización ligera S1	Muy baja	1
Armonía entre uso actual y potencial; equilibrio ambiental natural sin evidencia de deterioro, soporta actividades compatibles, corresponde a tierras sin conflicto de uso	Baja	2
Suelos en dónde se genera estrés leve-moderado con inicio de erosión o pérdida leve de capacidad; riesgo manejable mediante conservación. Tanto la Sobreutilización Ligera como la subutilización moderada, implican estrés edáfico leve-moderado, sin degradación avanzada. (Suelos O1 y S2)	Media	3
Suelos dónde se presentan las categorías O2 y S3, en dónde se genera deterioro moderado-severo por erosión acelerada o subexplotación extrema; alta susceptibilidad a compactación y reducción de infiltración. Considerando que ambas categorías representan desviaciones extremas (severa/moderada-alta) del uso recomendado IGAC, con evidencia de deterioro, donde para el caso de sobreutilización moderada se la acelera erosión por intensidad excesiva, mientras que para la subutilización severa se dejan suelos expuestos/vulnerables por abandono.	Alta	4
Degradación avanzada por exceso de intensidad (Grado 3), con erosión severa, pérdida marcada de productividad y compactación; riesgo crítico de colapso edáfico bajo presiones adicionales (Suelos en categoría O3)	Muy alta	5

Fuente: Integral S.A., 2026

Por su parte en la Tabla 6.22 se presenta el porcentaje de ocupación y en la Figura 6.26 la localización de las áreas mencionadas por la sensibilidad por conflicto de uso del suelo en el área de influencia. En la zonificación ambiental según las características por conflicto de uso del suelo se identificó que la mayor extensión corresponde a sensibilidad baja, la cual presenta una extensión que representa el 46,91% para el área de influencia, indicando que, en la mayor parte del territorio, se presenta una armonía entre uso actual y potencial; equilibrio ambiental natural sin evidencia de deterioro y soporta actividades compatibles.

Tabla 6.22 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad por conflicto por uso del suelo en el área de influencia abiótica del proyecto

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Por debajo del potencial pero compatible (clasificación S1)	Muy baja	0,00	0,00
Armonía entre uso (clasificación tierras sin conflicto de uso)	Baja	1.170,61	46,91
Deterioro leve-moderado (clasificación O1 y S2)	Media	27,54	1,10
Deterioro moderado – severo (clasificación O2 y S3)	Alta	964,88	38,67
Degradación avanzada (clasificación O3)	Muy alta	332,24	13,31
Total		2.495,27	100,00

Fuente: Integral S.A., 2026

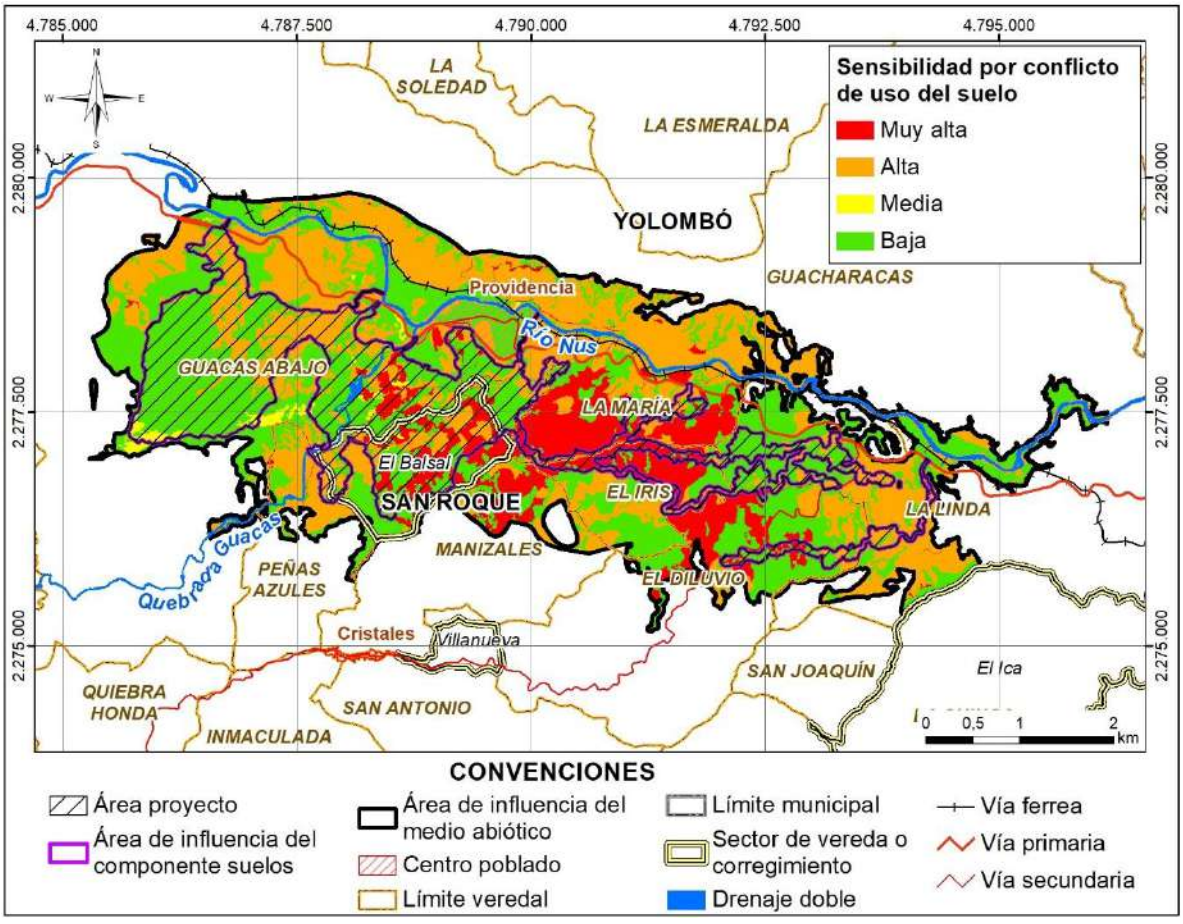

Figura 6.26 Sensibilidad por conflictos por uso del suelo

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.1.1.8 Sensibilidad por rondas hídricas

La sensibilidad por rondas hídricas se incluye toda vez que dentro del Esquema de Ordenamiento territorial de los municipios de San Roque y Yolombó se consideran una ronda hídrica de 30 metros de las fuentes hídricas y de los nacimientos 100 metros. Así mismo, de acuerdo con la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente) en mayo de 2017 y adoptada mediante la Resolución 0957 de 2018 en estas áreas se dan los intercambios de agua, sedimentos y nutrientes que dan sustento a la interacción de diferentes procesos físicos, químicos y biológicos a lo largo de las cuencas hidrográficas. Con este criterio, la sensibilidad está asociada a las geoformas y procesos morfodinámicos asociados al flujo, dinámica de la red de drenaje y las condiciones de hábitat de los cuerpos de agua. Es por esto, que el límite físico definido para la franja de los drenajes presentes dentro del área de influencia se realiza de acuerdo con la ronda hídrica para los cuerpos de agua identificados.

En la Tabla 6.23 se presentan las características consideradas para la zonificación ambiental por la sensibilidad de las rondas hídricas.

Tabla 6.23 Características consideradas para la zonificación ambiental por la susceptibilidad por rondas hídricas

Característica	Sensibilidad ambiental	Calificación
Áreas por fuera de las áreas de protección	Muy baja	1
Cuerpos de agua artificiales y la ronda de 30 metros	Baja	2
No aplica una categoría media para esta variable dentro del análisis dado que no se identifican cuerpos de agua	Media	3
Corresponde humedales y la ronda de protección de 30 metros	Alta	4
Corresponde al cuerpo de agua (rio y quebrada) y la ronda de protección de 30 metros	Muy alta	5
Cuerpos de agua naturales (cobertura de la tierra asociados a lagos, lagunas y cienagas) y la ronda de protección de 100 metros		
Corresponde a los manantiales o nacederos y la ronda de protección de 100 metros		

Fuente: Integral S.A., 2026

Por su parte en la Tabla 6.24 se presenta el porcentaje de ocupación y en la Figura 6.27 la localización de las áreas mencionadas de la sensibilidad por rondas hídricas en el área de influencia abiótica. Se incluyen los humedales identificados en ecosistemas estratégicos, sin embargo, al identificar en campo que estas zonas no presentan vegetación asociada al ecosistema estratégico de humedales, sino coberturas antropizadas, principalmente cultivos permanentes herbáceos de caña y pastos limpios, en los bordes de los drenajes se incluyen como categoría alta.

Tabla 6.24 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de susceptibilidad por rondas hídricas en el área de influencia abiótica del proyecto

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Áreas por fuera de las áreas de protección	Muy baja	1.884,89	75,54
Humedales intervenidos con su ronda de protección	Alta	27,28	1,09
Rondas de protección cuerpos de agua (ríos, quebradas, cobertura de la tierra asociados a lagos, lagunas y ciénagas, manantiales o nacederos con sus respectivas rondas de protección)	Muy alta	523,10	23,37
Total		2.495,27	100,00

Fuente: Integral S.A., 2026

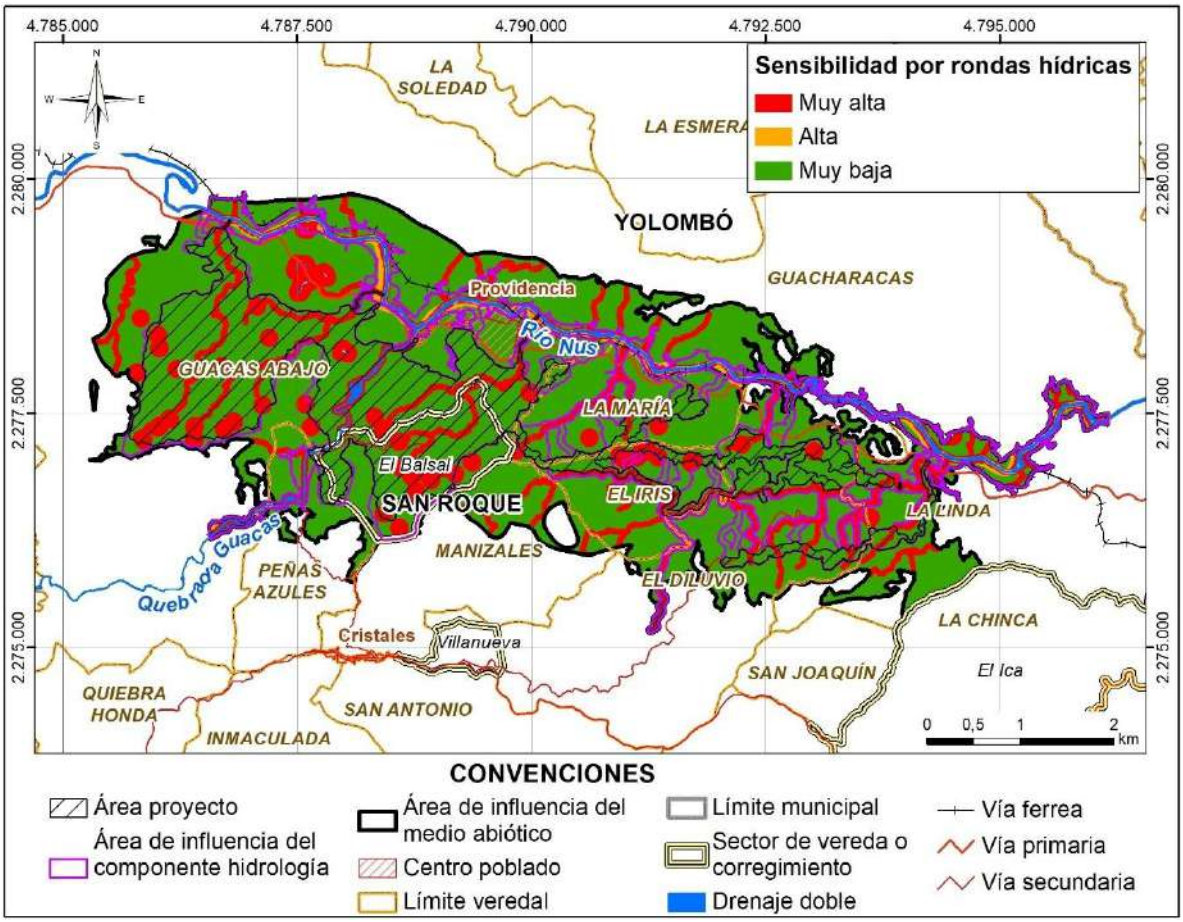

Figura 6.27 Sensibilidad por rondas hídricas

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.1.2 Zonificación intermedia del medio abiótico

De la integración espacial de las variables: susceptibilidad ante procesos de remoción en masa, susceptibilidad ante procesos erosivos, hidrogeología superficial, avenidas torrenciales, mancha de inundación, conflictos de uso del suelo y estabilidad geotécnica; se genera el mapa de sensibilidad del medio abiótico, dicho mapa nos proporcionará información de sectores críticos, sensibles o vulnerables desde el punto de vista abiótico, dentro del área de estudio.

Para elaborar el mapa se realiza un proceso algebraico a través de la herramienta SIG y la fórmula que se presenta a continuación. Las variables consideradas son acumulativas, dado que pueden darse simultáneamente en un mismo sitio o lugar.

$$Ab = \sum \{Mm, Mi, Zg, Pe, At, Va, Cs\}$$

Ecuación 6.1 Sensibilidad del medio abiótico

Fuente: (Delgado Rivera, 2014). Adaptado por Integral S.A, 2026

Ab= Zonificación de sensibilidad ambiental para el medio abiótico, materializadas en la susceptibilidad a movimientos en masa (***Mm***), susceptibilidad ante mancha de inundación (***Mi***) por zonificación geotécnica (***Zg***), susceptibilidad ante procesos erosivos (***Pe***), por avenidas torrenciales (***At***), vulnerabilidad de acuíferos (***Va***) y conflictos de uso del suelo (***Cs***).

Teniendo en cuenta que corresponde a una sumatoria de variables, se procede con una reclasificación en cinco (5) rangos o categorías por medio del método Jenks en ArcGIS dado que agrupa valores similares minimizando la varianza dentro de cada clase y maximizando diferencias entre clases (Smith M., 2023), detectando "saltos naturales" en la distribución de datos, tal como se muestra en la Tabla 6.25 y Figura 6.28 (véase mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-ZON-06-ZONABIO).

Tabla 6.25 Clasificación y porcentajes de ocupación de sensibilidad del medio abiótico en el área de influencia abiótica del proyecto

Rango	Sensibilidad ambiental	Valor	Área (ha)	Área (%)
< 15	Muy baja	1	259,73	10,41
15 – 18	Baja	2	630,91	25,28
18 – 20	Media	3	1.161,60	46,55
20 – 22	Alta	4	300,95	12,06
>22	Muy alta	5	142,09	5,69
Total			2.495,27	100,00

Fuente: Integral S.A., 2026 por medio de la reclasificación método Jenks en ArcGIS

La mayor parte del área de influencia del medio abiótico se clasifica con sensibilidad media. Este abarca el 46,55% del área de influencia y está asociada a la sensibilidad Muy alta - alta por el conflicto de uso del suelo, sensibilidad media – baja de procesos de remoción en masa, sensibilidad muy alta a media ante procesos de erosión y sensibilidad de estabilidad

geotécnica media-baja, aunque presenta riesgo hidrológico dominante (erosión muy alta) se contrarrestar por estabilidad geotécnica favorable, típico de cuencas consolidadas.

El 25,28% del área de influencia tiene características de sensibilidad baja y está asociada a zonas de transición media-baja altitud, con conflicto uso suelo moderado, susceptibilidad erosiva baja-media y movimientos en masa mínimos, esta clase refleja estabilidad relativa en áreas intermedias donde los riesgos geomorfológicos son controlados por pendientes moderadas y cobertura vegetal estable.

El 10,41% del área de influencia del medio abiótico se clasifica con sensibilidad muy baja, tiene características de sensibilidad muy baja, combinadas con baja sensibilidad ante procesos erosivos, baja sensibilidad ante procesos de remoción en masa y una sensibilidad baja de sensibilidad por conflictos de uso del suelo; indicando que son zonas estables, con baja susceptibilidad a avenidas torrenciales, no presentan inundación y se encuentran por fuera de las rondas de protección, acuíferos poco vulnerables y presentan armonía con el uso actual y potencial en la actualidad.

El 12,06% del área de influencia del medio abiótico se clasifica con sensibilidad Alta, esta se localiza en zonas con características de presencia de sensibilidad alta mayoritariamente por zona de inundación en el río Nus, alta vulnerabilidad de acuíferos, muy alta a alta sensibilidad de procesos erosivos, alta - baja sensibilidad ante procesos de remoción en masa, alta sensibilidad por conflictos de uso del suelo y media estabilidad geotécnica (presencia de zonas estables moderadamente dependientes y muy dependientes), así mismo presenta una categoría alta por la rondas hídricas que presentan alguna intervención y ha perdido sus características como los humedales identificados en el área de influencia abiótica.

Y por último el 5,69% del área de influencia del medio abiótico se clasifica con sensibilidad Muy alta, esta se localiza en zonas con características de presencia de la mancha de inundación, sensibilidades muy altas ante procesos erosivos y sensibilidad alta por vulnerabilidad de acuíferos, ubicándose espacialmente sobre los cauces río Nus, y de las quebradas El Banco, San Antonio, Guacas, Cauce 5, Cauce 6, La Colorada, Cauce 8, La María, El Torito, Cauce 9, Cauce 10 y La Palestina. En donde, la combinación de factores (pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal, lluvia y escorrentía) genera una pérdida potencial de suelo extremadamente elevada, y al contar con zonas de posible inundación se incrementaría los efectos negativos sobre el ambiente, sumada la vulnerabilidad de los acuíferos en categoría alta que corresponden a tener niveles freáticos someros y presencia del acuífero aluvial, condiciones que, sumadas a la alta recarga, incrementan el riesgo de contaminación, incluye igualmente la categoría alta de las rondas de protección de los cuerpos de agua (ríos, quebradas, ríos, quebradas, cobertura de la tierra asociados a lagos, lagunas y ciénagas, manantiales o nacederos con sus respectivas rondas de protección), identificados en los Esquemas de Ordenamiento Territorial y en campo.

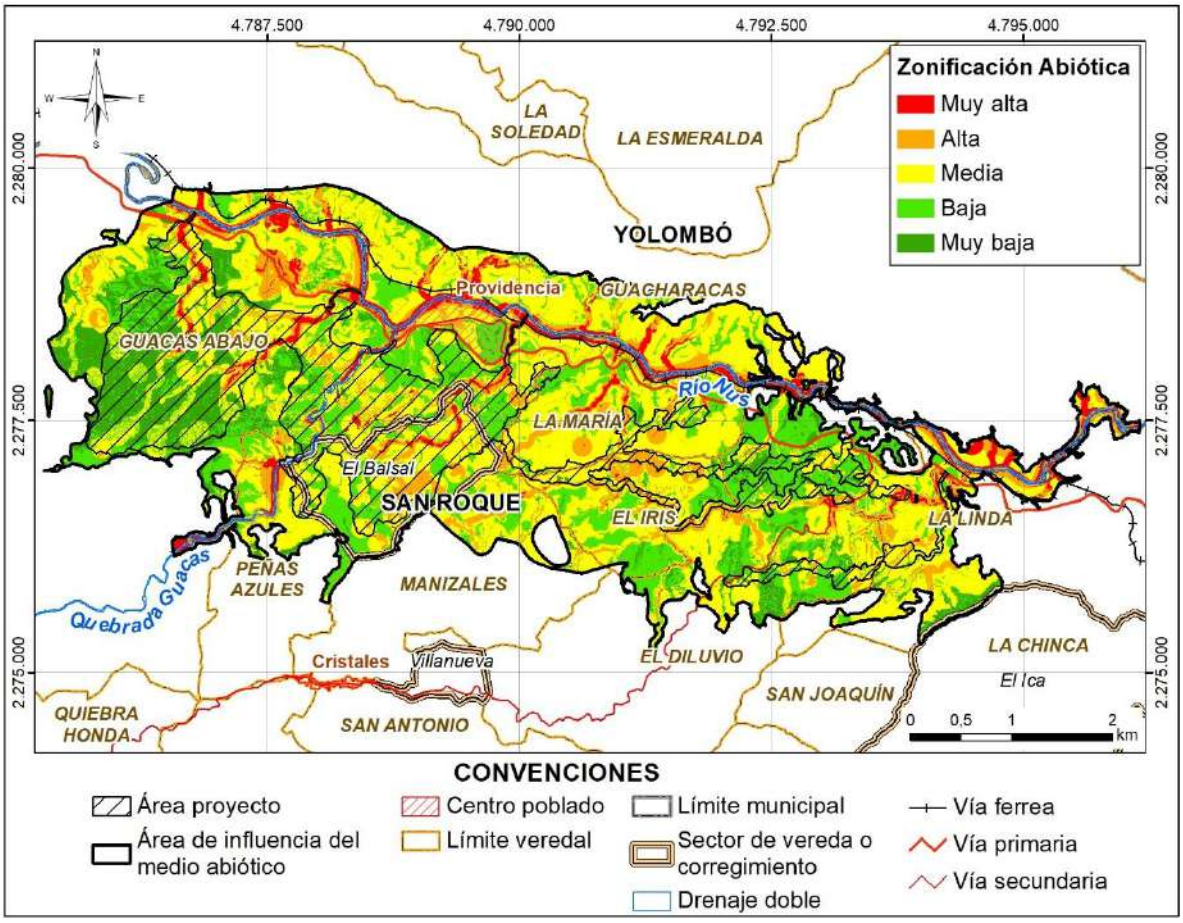

Figura 6.28 Zonificación intermedia del medio abiótico

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.2 Criterios del medio biótico y zonificación intermedia

6.2.2.1Componente ecosistemas terrestres

El estudio de sensibilidad del medio biótico se realizó a partir de variables ligadas a los componentes ecosistemas, flora, fauna y ecosistemas acuáticos.

6.2.2.1.1 Complejidad estructural

La complejidad estructural se refiere a la presencia de estratos y abundancia de biotopos en la vegetación. Se estiman las relaciones ecosistémicas, propiciadas por gradientes microclimáticos como temperatura, humedad y exposición a los vientos. En la Tabla 6.26 se presentan los criterios considerados para evaluar la sensibilidad de las coberturas a partir de su complejidad estructural y en la Tabla 6.27 se presentan los porcentajes de

ocupación de las categorías de sensibilidad para las coberturas a partir de su complejidad estructural.

Tabla 6.26. Características consideradas para la zonificación ambiental de la complejidad estructural

Característica	Sensibilidad	Calificación
Ausencia de hábitats naturales o presencia de hábitats antropizados. Corresponden a zonas muy perturbadas o transformadas.	Muy baja	1
Hábitats poco variados. Por lo general, corresponde a zonas perturbadas o transformadas (pastos, cultivos o herbazales). Pocos hábitos de crecimiento y sin estratificación natural.	Baja	2
Corresponde a hábitats perturbados en estadíos tempranos e intermedios de sucesión que presentan pocos estratos.	Media	3
Corresponde a hábitats con estadíos de sucesión intermedio o avanzado con variedad de estratos y biotopos pero con algun grado de intervención.	Alta	4
Hábitats con gran variedad de estratos, habitos de crecimiento y biotopos, con intervención baja y dominado por especies esciófilas.	Muy alta	5

Fuente: Integral S.A., 2026

Tabla 6.27 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para las coberturas a partir de su complejidad estructural.

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Áreas altamente antropizadas	Muy baja	135,53	2,80
Territorios agrícolas	Baja	1.797,55	37,12
Áreas seminaturales en sucesión temprana e intermedia	Media	1.042,02	21,52
Áreas naturales en sucesiones avanzadas	Alta	1.404,00	28,99
Áreas naturales con alta complejidad	Muy alta	463,83	9,58
Total		3.807,57	4.842,92

Fuente: Integral S.A., 2026

Una vez evaluados los ecosistemas presentes en el área de influencia del medio biótico, a partir de los criterios y características definidos para estimar la sensibilidad ambiental asociada a la complejidad estructural de los hábitats, se evidenció que la mayor proporción de las coberturas de la tierra corresponde a categorías de sensibilidad ambiental Muy Baja, seguidas por coberturas clasificadas con sensibilidad Baja (véase la Tabla 6.28).

Estas categorías se encuentran principalmente asociadas a áreas altamente intervenidas o transformadas por actividades antrópicas, tales como infraestructura urbana, red vial, zonas industriales, áreas de extracción minera, instalaciones recreativas, así como coberturas agropecuarias y de pastos, las cuales presentan una baja heterogeneidad estructural, escasa diversidad de estratos y limitada disponibilidad de nichos ecológicos.

En contraste, las coberturas naturales y seminaturales del área de influencia, particularmente los bosques densos altos, los bosques fragmentados con vegetación secundaria, los bosques de galería y/o riparios y la guadua, presentaron niveles de sensibilidad ambiental entre Media y Muy alta. Estas coberturas se caracterizan por una mayor complejidad estructural, reflejada en la presencia de múltiples estratos verticales,

diversidad de biotopos, variabilidad topográfica y condiciones microclimáticas diferenciadas, lo que incrementa su relevancia ecológica (véase la Tabla 6.28).

De igual forma, las áreas de vegetación secundaria alta y baja, asociadas a estadios intermedios de sucesión ecológica, fueron clasificadas con una sensibilidad ambiental Media, debido a que, si bien presentan algún grado de perturbación y menor desarrollo estructural en comparación con los bosques maduros, conservan elementos importantes para la conectividad ecológica y la provisión de hábitat para diversas especies.

Tabla 6.28. Sensibilidad ambiental obtenida para la complejidad estructural

Cobertura	Sensibilidad Ambiental
Bosque denso alto	Muy alta
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	Alta
Bosque de galería y/o ríparío	
Guagua	
Vegetación secundaria alta	Media
Vegetación secundaria baja	
Cultivos permanentes herbáceos - caña	Baja
Mosaico de cultivos	
Pastos arbolados	
Pastos enmalezados	
Pastos limpios	
Aeropuerto	Muy Baja
Red vial y territorios asociados	
Tejido urbano continuo	
Tejido urbano discontinuo	
Tierras desnudas y degradadas	
Zonas arenosas naturales	
Zonas de extracción minera	
Zonas industriales o comerciales	
Zonas quemadas	
Lagunas, lago y ciénagas naturales	
Ríos	
Instalaciones recreativas	

Fuente: Integral S.A., 2026

En la Figura 6.29 se presenta el resultado obtenido para la variable de complejidad estructural.

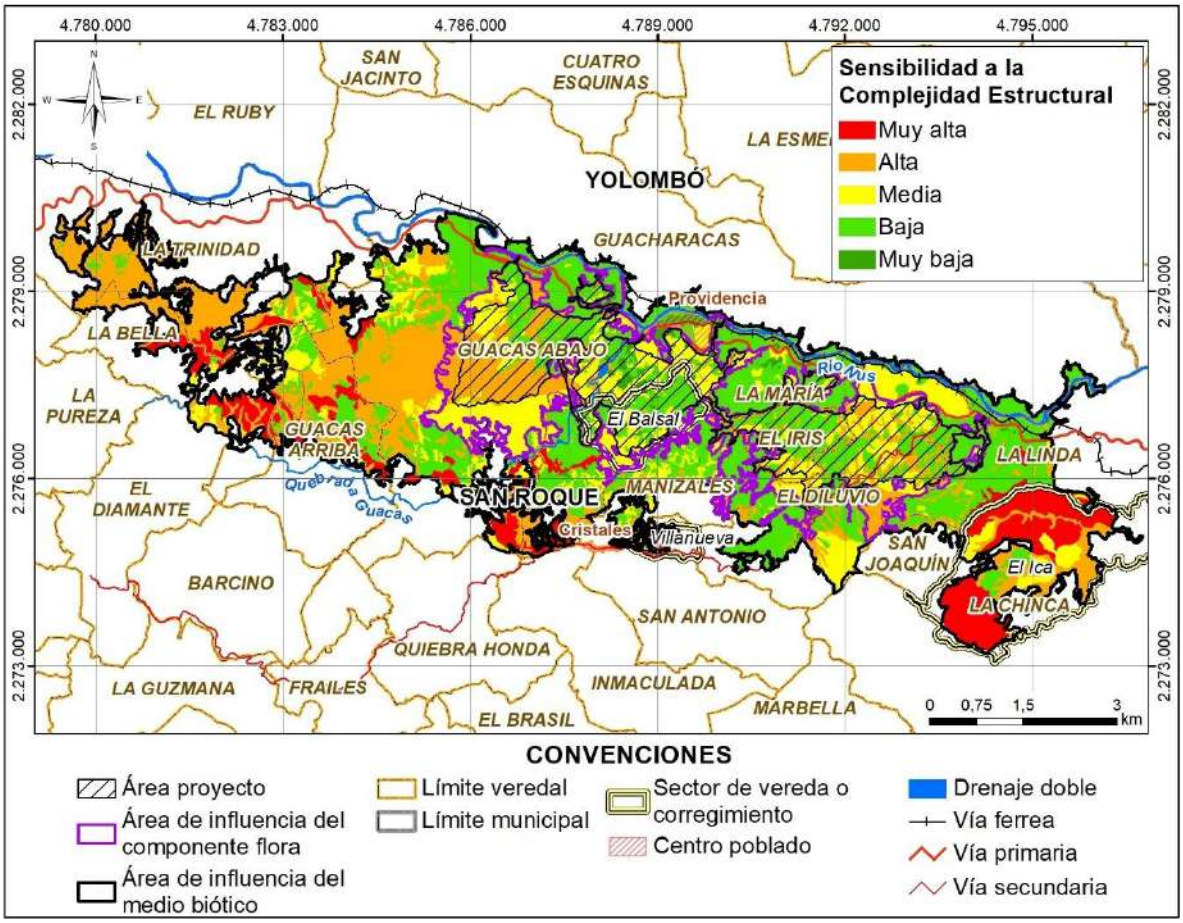

Figura 6.29. Sensibilidad de las coberturas vegetales a partir de su complejidad estructural

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.2.1.2 Vulnerabilidad de las especies de flora en cuanto a la categoría de amenaza, veda y endemismo

Para la zonificación de este factor, se realizó una calificación de sensibilidad para flora y se consideraron como categorías para esta, las coberturas de la tierra que se toman como hábitats o zonas con presencia de especies con algún grado de amenaza a nivel nacional (Vulnerable (VU), En Peligro (EN), En Peligro Crítico (CR)) – Resolución 126 del 2024 –, distribución (endemismos) y vedas a nivel regional y nacional identificadas durante la caracterización, además de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). En la Tabla 6.29 se presentan los criterios de clasificación para las unidades de vulnerabilidad de las especies de flora y en la Tabla 6.30 se presentan los porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad por vulnerabilidad de las especies de flora en cuanto a la categoría de amenaza, veda y endemismo.

Tabla 6.29 Criterios de calificación para las unidades de vulnerabilidad de las especies de flora.

Característica	Sensibilidad	Calificación
Hábitats con baja o sin presencia de especies amenazadas, endémicas o en veda.	Muy baja	1
Hábitats con baja presencia de especies amenazadas, endémicas o en veda, representada por individuos remanentes y escasa regeneración natural.	Baja	2
Hábitats con presencia moderada de especies amenazadas, endémicas o en veda, con estructuras poblacionales medianamente estables y mejor estructura.	Media	3
Hábitats con presencia de mayor diversidad de especies amenazadas, endémicas o en vedas, con poblaciones estructuradas y regeneración natural.	Alta	4
Hábitats con alta densidad de especies amenazadas, endémicas y en vedas, con poblaciones dinámicas y procesos poblacionales estables.	Muy alta	5

Fuente: Integral S.A., 2026

Tabla 6.30 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la vulnerabilidad de las especies de flora.

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Hábitats estables sin especies sensibles	Muy baja	135,53	2,80
Hábitats alterados con pocos individuos sensibles	Baja	1.797,55	37,12
Hábitats con especies sensibles y poblaciones moderadas	Media	548,72	11,33
Hábitats diversos con especies sensibles estructuradas	Alta	493,30	10,19
Hábitats críticos con alta concentración de especies sensibles	Muy alta	1.867,83	38,57
Total		3.807,57	4.842,92

Fuente: Integral S.A., 2026

En la Tabla 6.31 se presenta la sensibilidad obtenida para la vulnerabilidad de las especies de flora, teniendo en cuenta los resultados en términos de la presencia de especies sensibles en los diferentes ecosistemas.

Tabla 6.31 Sensibilidad ambiental para la vulnerabilidad de las especies de flora.

Cobertura	Sensibilidad Ambiental
Bosque denso alto	Muy alta
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	
Bosque de galería y/o ripario	
Guagua	
Vegetación secundaria alta	Alta
Vegetación secundaria baja	Media
Cultivos permanentes herbáceos - caña	Baja

Cobertura	Sensibilidad Ambiental
Mosaico de cultivos	
Pastos arbolados	
Pastos enmalezados	
Pastos limpios	
Aeropuerto	Muy Baja
Red vial y territorios asociados	
Tejido urbano continuo	
Tejido urbano discontinuo	
Tierras desnudas y degradadas	
Zonas arenosas naturales	
Zonas de extracción minera	
Zonas industriales o comerciales	
Zonas quemadas	
Lagunas, lago y ciénagas naturales	
Ríos	
Instalaciones recreativas	

Fuente: Integral S.A., 2026

Para este factor se consideraron las especies sensibles (amenazadas (Resolución 126 de 2024), endémicas, con algún grado de amenaza en CITES y en condición de veda nacional o regional) que se encuentran representadas por poblaciones naturales dentro del área de influencia biótica del proyecto. En este sentido, se presenta el caso de especies como *Cedrela odorata* (cedro), *Magnolia silvioi* (magnolio), *Cariniana pyriformis* (abarco), *Calophyllum brasiliense* (aceite maría) y *Cyathea* spp. (helecho macho), que se presentan en la región principalmente en las coberturas naturales y seminaturales (bosque denso, bosque de galería y/o ripario, bosque fragmentado con vegetación secundaria, vegetación secundaria alta, vegetación secundaria baja, guadua).

En las coberturas antropizadas como cultivos permanentes herbáceos – caña, mosaico de cultivos, pastos arbolados, enmalezados y limpios, tejido urbano discontinuo, tierras desnudas y degradadas también se registró la presencia de especies sensibles, prosperando en condiciones particulares como zonas abiertas, con elevada disponibilidad de radiación solar y niveles moderados de humedad. Su presencia en estos ambientes se asocia a su capacidad de tolerar la perturbación y de establecerse en sustratos removidos o suelos secundarios, aprovechando los claros o bordes generados por las actividades humanas. No obstante, estas especies son remanentes o individuos aislados que no conforman poblaciones naturales estables, ya que las condiciones de estos ambientes no favorecen los procesos de regeneración ni las dinámicas ecológicas propias de los ecosistemas donde normalmente se desarrollan.

Para la calificación de la unidad la variable interna y la espacialización de la misma se tuvo en cuenta los puntos de registro de las especies con alguna categoría de amenaza, endemismo o condición de veda y el fragmento de vegetación asociado a su registro. La representación de las calificaciones se muestra en la Tabla 6.31 sensibilidad ambiental para la vulnerabilidad de las especies de flora, teniendo en cuenta los criterios de calificación para las unidades de vulnerabilidad de las especies de flora de la Tabla 6.29. En la Figura 6.30 se presenta la espacialización del resultado.

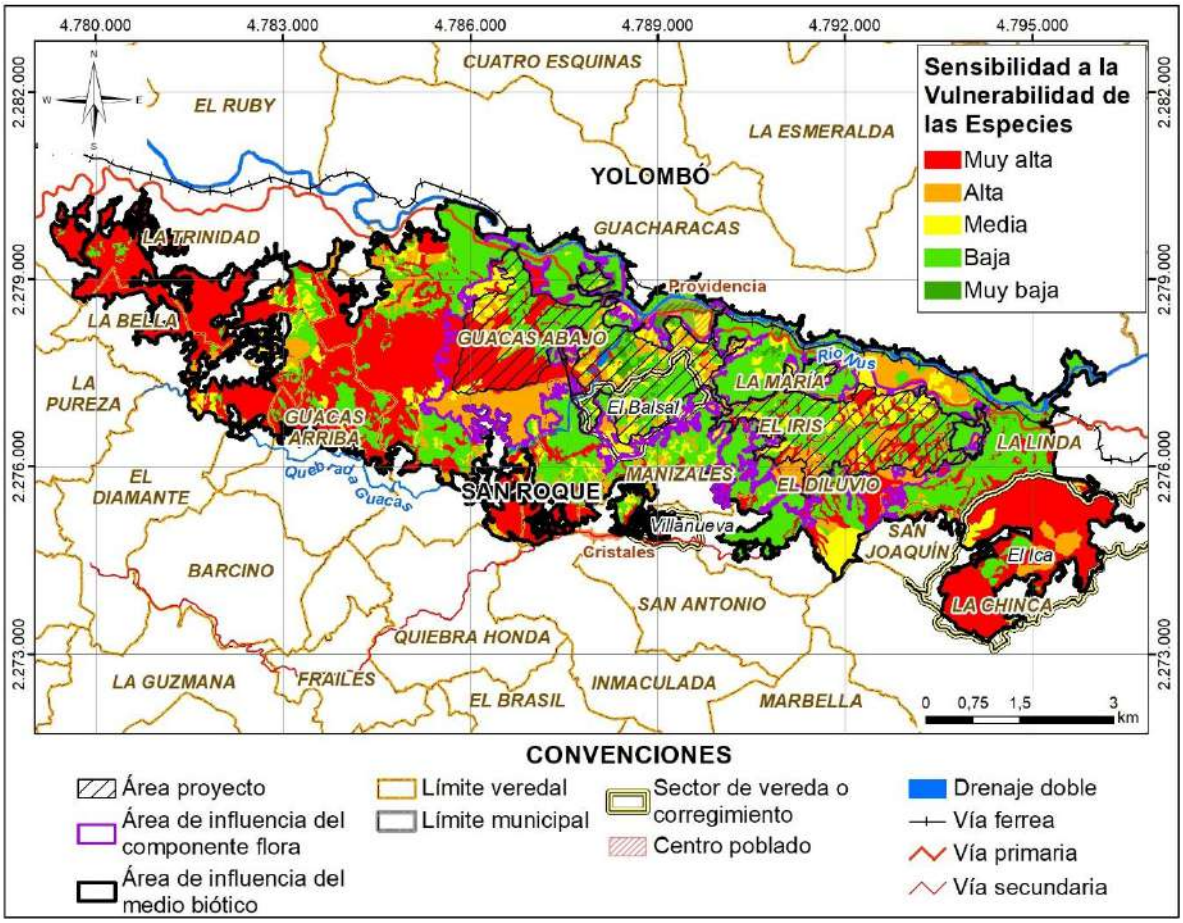

Figura 6.30 Sensibilidad de la vulnerabilidad de las especies de flora en cuanto a la categoría de amenaza, veda y endemismo

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.2.1.3 Conectividad ecológica funcional

Para este factor se contemplaron los resultados del estudio de conectividad funcional detallados en el documento 5_2_2_4_ECOS_TERRES_CONECTIVIDAD. Para la calificación la sensibilidad de esta unidad se incluyen los resultados de índices de estimación de la conectividad aplicados para los elementos que conforman la red de conectividad como los nodos, los enlaces, los corredores y las zonas críticas (Pinch Points). Cabe recordar la definición de cada uno de estos elementos: Los nodos se definen como una unidad de parche de vegetación natural con funciones y características ecosistémicas importantes que permiten el establecimiento de la biota (Forman R., 1995) (Barnes T. G., 1999). Los enlaces o corredores son áreas que unen los parches, sirviendo como vía o conductos para que los organismos se transfieran o se muevan de un parche a otro (Barnes T. G., 1999) y las zonas críticas para la conectividad (Pinch Points) son aquellas áreas de

los corredores de mínimo costo más vulnerables en los que se presenta una concentración de los flujos de movilidad (cuello de botella) (McRae BH. , 2012).

Específicamente, los resultados de los índices y métricas que permiten identificar para cada elemento su aporte -y por ende su importancia y/o sensibilidad- frente a la conectividad global del área de estudio, en función de la estructura y funcionalidad, se describen en la Tabla 6.32.

Tabla 6.32. Elementos de importancia de la red de conectividad funcional

Elemento de la red de conectividad	Índice / métrica	Descripción
Nodos de hábitat, enlaces teóricos de mínimo costo	Delta de probabilidad de conectividad (dPC)	Aporte a la conectividad funcional
Nodos de hábitat, enlaces teóricos de mínimo costo	Delta del Índice Integral de Conectividad (dIIC)	Aporte a la conectividad estructural
Nodos de hábitat	Coberturas vegetales naturales y seminaturales que los conforman	Coberturas vegetales que representan la calidad de hábitat en términos ecológicos para las especies.
Corredores de movilidad	Mínimo costo acumulado de desplazamiento	Conectividad entre nodos de hábitat
Zonas críticas (Pinch Points)	Flujo de corriente acumulada de desplazamiento y corriente (teoría de circuitos)	Áreas de concentración de movimiento

Fuente: Integral S.A., 2025.

La calificación de los elementos de la red de conectividad funcional se realizó clasificando los resultados por medio del método Natural Breaks (Jenks), algoritmo de clasificación estadística diseñado para agrupar valores con comportamientos similares y maximizar las diferencias entre grupos o clases (Smith M., 2023). Los valores de clasificación se generan de manera automática mediante la herramienta simbology, del Software ArcGis. Además, esta calificación tuvo en cuenta la naturaleza del índice o métrica, de tal manera que los elementos más importantes y/o más sensibles corresponderán a las categorías más altas, y los elementos menos importantes y/o menos sensibles corresponderán a las categorías más bajas. Es de anotar que para el estudio de conectividad funcional se modelaron dos especies: el tigrillo *Leopardus pardalis* y el tití gris *Oedipomidas leucopus* que, para efectos del análisis y los resultados, las especies son identificadas no solo por su nombre, sino que se le asigna el código E1 a la especie 1 tigrillo y el código E2 a la especie 2, tití gris. Estas especies fueron elegidas para el análisis y la modelación bajo criterios de especies indicadoras o carismáticas que dan cuenta de la importancia ecológica, ya que, en el caso de el tigrillo *Leopardus pardalis*, al ser un felino pueden ser utilizados como especies indicadoras o especies carismáticas y su importancia ecológica y vulnerabilidad hacen de estas especies significativas para la gestión en conservación y cumplen las funciones en los ecosistemas, como las que ejercen sobre sus presas mediante la depredación (Arias-Alzate A., 2017). A su vez, la especie tití gris *Oedipomidas leucopus* que hace parte de los Primates que es un grupo de mamíferos carismáticos y presentan distribución restringida y amenaza, es una especie que se encuentra en amenaza nacional e internacional en

categoría en peligro (EN) y a su vez es una especie endémica para Colombia (UICN, 2025) (MADS, 2024). Adicionalmente estas dos especies han sido registradas en el territorio en la línea base del EIA (GCL, Gramalote Colombia Limited, 2015), en el MEIA (GCL, Gramalote Colombia Limited, 2018) y MEIA actual.

A continuación, se presenta el método de la calificación de sensibilidad para cada elemento de la red de conectividad, con el fin de mostrar cómo se llega a la calificación final de esta unidad. En orden de presentación se muestran la calificación de los elementos nodos, enlaces, zonas críticas y corredores:

- **Elemento nodos:**

En particular, los nodos de hábitat fueron clasificados en términos de sensibilidad con base en los índices Delta de Probabilidad de Conectividad (dPC) y Delta del Índice Integral de Conectividad (dIIC), calculados para las especies evaluadas, así como en el tipo de cobertura vegetal asociada a cada nodo.

Los valores de los índices dPC y dIIC fueron reclasificados mediante el método Natural Breaks (Jenks). A partir de esta reclasificación, los nodos fueron asignados a categorías de sensibilidad ambiental (Muy alta, Alta, Media y Baja), considerando de manera diferenciada su localización al interior o exterior de áreas protegidas declarada, ya que las áreas protegidas hacen parte de las unidades mínimas de zonificación incluidas en los TdR-013. Los nodos ubicados dentro de áreas protegidas fueron clasificados directamente como de Muy alta sensibilidad, independientemente de los valores obtenidos en los índices de conectividad, en reconocimiento de su importancia estratégica para la conservación. Los nodos por fuera de áreas protegidas si dependieron de los valores. La calificación se muestra en la Tabla 6.33.

Tabla 6.33. Sensibilidad del elemento nodo de la red de conectividad funcional

Origen información		**Características para definir la Sensibilidad**		
Categoría	**Descripción**	**E1 *Leopardus pardalis***	**E2 *Oedipomidas leucopus***	**Sensibilidad Ambiental**
Nodos de hábitat	Valores de los índices Delta de Probabilidad de Conectividad (dPC) y Delta del Índice Integral de Conectividad (dIIC)	Nodos de modelación, independiente de sus valores de dPC y dIIC que estén al interior de áreas protegidas declaradas. (Aplica la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña, declarada por CORNARE mediante el acuerdo corporativo 312 del 4 de septiembre de 2014 como área protegida con uso sostenible de los recursos naturales)		Muy alta
		Nodos de modelación que no estén al interior de áreas protegidas declaradas y valores pertenecientes a los siguientes rangos:		Alto
		dPC: 0.139 - 0.391 dIIC: 0.125 - 0.383	dPC: 0.064 - 0.402 dIIC: 0.132 - 0.380	
		Nodos de modelación que no estén al interior de áreas protegidas declaradas y valores pertenecientes a los siguientes rangos:		Medio

Origen información		Características para definir la Sensibilidad		
Categoría	**Descripción**	**E1 *Leopardus pardalis***	**E2 *Oedipomidas leucopus***	**Sensibilidad Ambiental**
		dPC: 0.036 - 0.139 dIIC: 0.024 - 0.125	dPC: 0.011 - 0.064 dIIC: 0.031 - 0.132	
		Nodos de modelación que no estén al interior de áreas protegidas declaradas y valores pertenecientes a los siguientes rangos:		Bajo
		dPC: 0.000 - 0.036 dIIC: 0.000 - 0.024	dPC: 0.000 - 0.011 dIIC: 0.000 - 0.031	

Fuente: Integral S.A., 2025.

Seguidamente, la categoría de sensibilidad obtenida para cada nodo, con base en los valores de los índices de conectividad, fue relacionada con el tipo de cobertura vegetal presente mediante una matriz de ponderación que integra ambas variables, lo cual permitió ajustar la calificación de sensibilidad final. Este cruce permitió definir la sensibilidad ambiental final de los nodos de hábitat, proporcionando una valoración integrada, coherente y consistente del elemento evaluado dentro de la red de conectividad ecológica funcional. La calificación se muestra en la Tabla 6.34.

Tabla 6.34. Sensibilidad del elemento nodo y cobertura de la red de conectividad funcional

Origen información		Características para definir la sensibilidad Sensibilidad ambiental				
Categoría	**Descripción**	**Cobertura**	**Sensibilidad del índice Delta de Probabilidad de Conectividad (dPC) y Delta del Índice Integral de Conectividad (dIIC)**			
			Muy alta	**Alta**	**Media**	**Baja**
Nodos de hábitat	La sensibilidad de los nodos de hábitat se evalúa en función de la cobertura vegetal asociada, dado que estas corresponden a hábitats potenciales para la fauna, cuya conservación resulta importante para la conectividad del paisaje.	Bosques	Muy alta	Alta	Media	Media
		Plantaciones	Alta	Media	Media	Baja
		Vegetación secundaria alta	Alta	Media	Baja	Baja
		Vegetación secundaria baja	Media	Media	Baja	Baja

Fuente: Integral S.A., 2025

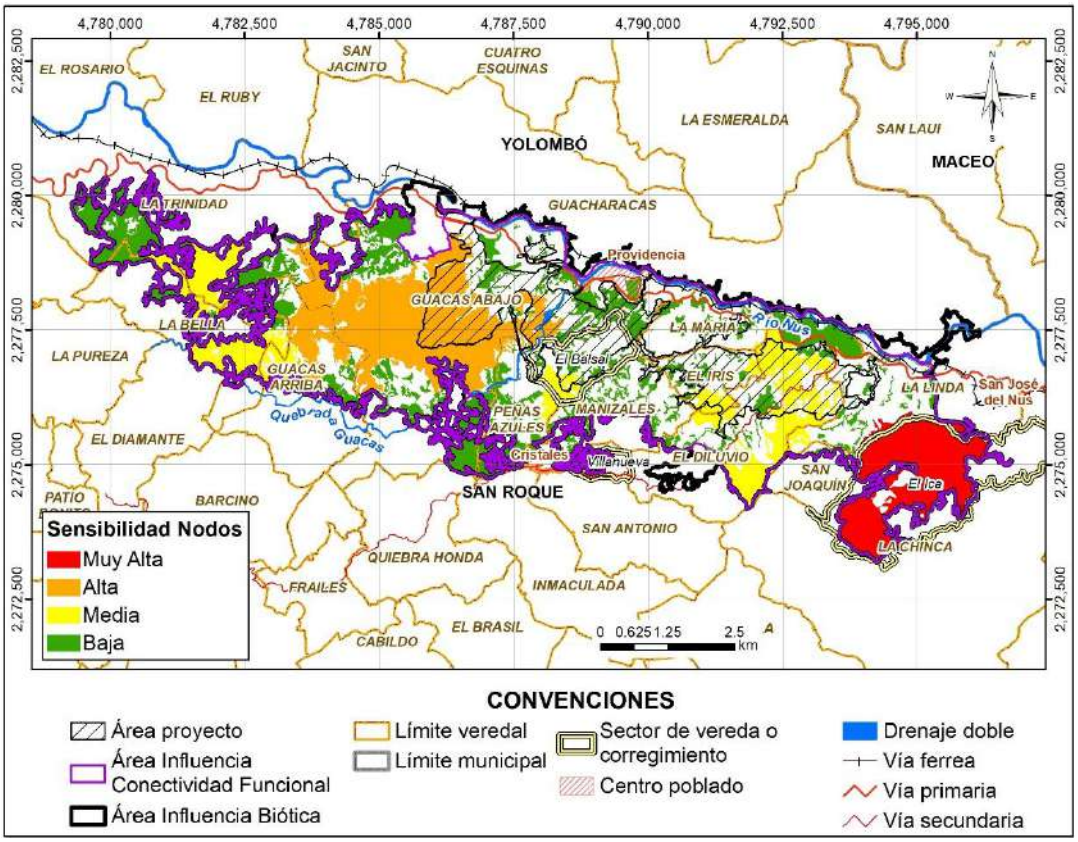

Figura 6.31.Sensibilidad del elemento nodos.
Fuente: Integral S.A., 2026.

- **Elemento Enlaces**

La calificación de la sensibilidad de este elemento se fundamenta en los índices Delta de Probabilidad de Conectividad (dPC) y Delta del Índice Integral de Conectividad (dIIC), los cuales cuantifican la contribución relativa de cada enlace al mantenimiento de la conectividad de la red.

Para la definición de la sensibilidad ambiental de los enlaces, los valores de dPC y dIIC fueron reclasificados mediante el método estadístico Natural Breaks (Jenks). A partir de esta reclasificación, los enlaces fueron asignados a categorías de sensibilidad ambiental (Muy alta, Alta, Media y Baja), considerando de manera diferenciada su localización al interior o exterior de áreas protegidas declaradas.

En aquellos casos en los que los enlaces se encuentran dentro de áreas protegidas, estos fueron clasificados directamente en la categoría de Muy alta sensibilidad, independientemente de los valores obtenidos en los índices de conectividad, reconociendo su importancia estratégica para la conservación y funcionalidad ecológica del territorio. Por su parte, los enlaces localizados fuera de áreas protegidas fueron clasificados según los

rangos específicos de dPC y dIIC definidos para cada una de las especies evaluadas, tal como se presenta en la tabla correspondiente. La calificación se muestra en la Tabla 6.35.

Tabla 6.35. Sensibilidad del elemento enlace de la red de conectividad funcional

Origen información		**Características para definir la Sensibilidad**		
Categoría	**Descripción**	**E1 *Leopardus pardalis***	**E2 *Oedipomidas leucopus***	**Sensibilidad Ambiental**
Enlaces	Valores de los índices Delta de Probabilidad de Conectividad (dPC) y Delta del Índice Integral de Conectividad (dIIC)	Enlaces de la modelación, que independiente de sus valores de dPC y dIIC, estén conectando áreas protegidas declaradas, con otros nodos. (Aplica la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña, declarada por CORNARE mediante el acuerdo corporativo 312 del 4 de septiembre de 2014 como área protegida con uso sostenible de los recursos naturales)		Muy alta
		Enlaces de modelación que no conectan áreas protegidas declaradas y valores pertenecientes a los siguientes rangos:		Alto
		dPC: 0.012 - 0.080 dIIC: 0.008 - 0.016	dPC: 0.047 - 0.143 dIIC: 0.029 - 0.101	
		Enlaces de modelación que no conectan áreas protegidas declaradas y valores pertenecientes a los siguientes rangos:		Medio
		dPC: 0.002 - 0.012 dIIC: 0.002 - 0.008	dPC: 0.010 - 0.047 dIIC: 0.006 - 0.029	
		Enlaces de modelación que no conectan áreas protegidas declaradas y valores pertenecientes a los siguientes rangos:		Bajo
		dPC: 0.000 - 0.002 dIIC: 0.000 - 0.002	dPC: 0.000 - 0.010 dIIC: 0.000 - 0.006	

Fuente: Integral S.A., 2026.

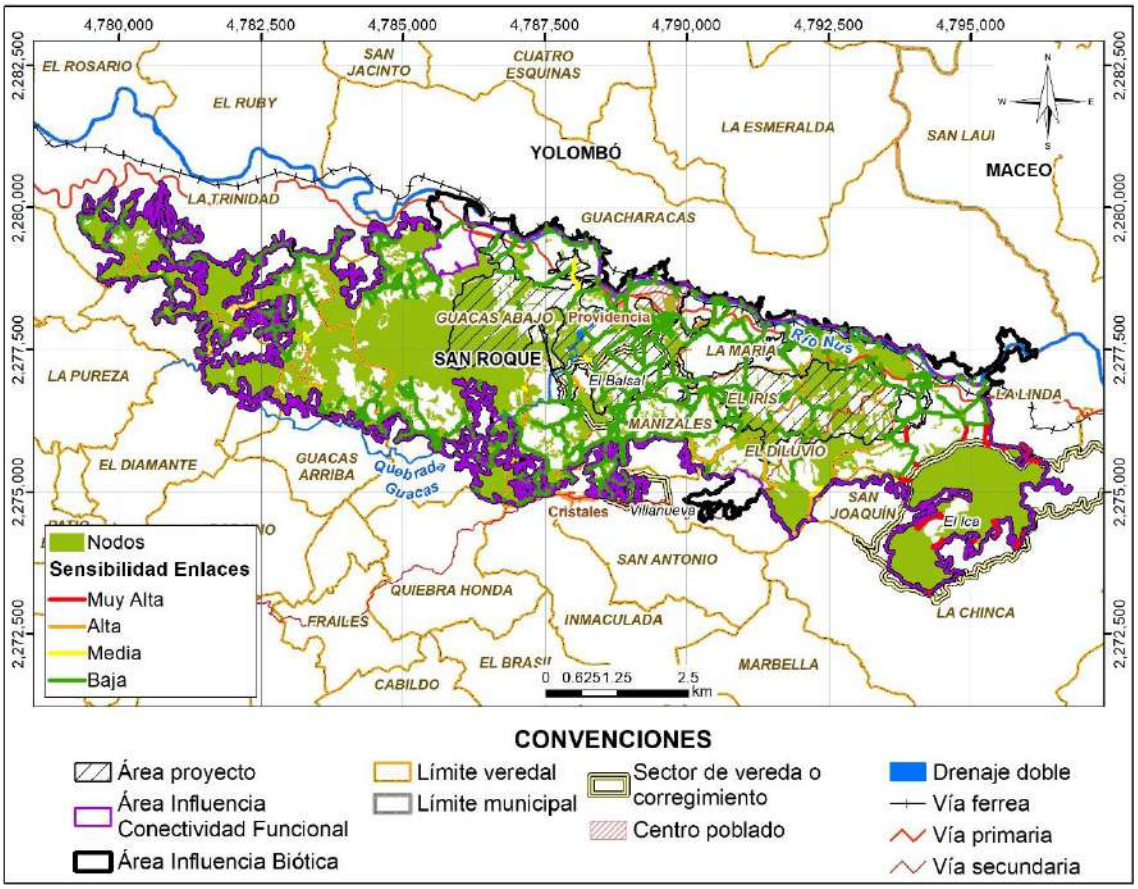

Figura 6.32.Sensibilidad del elemento enlaces.
Fuente: Integral S.A., 2026.

- **Elemento Zonas críticas para la conectividad (Pitch-point)**

La asignación de la sensibilidad ambiental para este elemento se realizó con base en los valores de flujo de corriente calculados para las especies, considerando que valores más altos de flujo representan una mayor relevancia funcional para la conectividad. A partir de esta reclasificación, las zonas críticas fueron categorizadas con sensibilidad ambiental Alta, constituyendo elementos prioritarios para la conservación y el manejo dentro de la red de conectividad ecológica del paisaje. La calificación se muestra en la Tabla 6.36.

Tabla 6.36. Sensibilidad del elemento zonas críticas de la red de conectividad funcional

Origen información		**Características para definir la Sensibilidad**		
Categoría	**Descripción**	**E1 *Leopardus pardalis***	**E2 *Oedipomidas leucopus***	**Sensibilidad Ambiental**
Zonas críticas para la conectividad	Corresponden a las zonas críticas para la conectividad (Pinch Points).	N/A	N/A	Muy alta
		Valores de flujo de corriente:	Valores de flujo de corriente:	Alto

Origen información		Características para definir la Sensibilidad		
Categoría	Descripción	E1 *Leopardus pardalis*	E2 *Oedipomidas leucopus*	Sensibilidad Ambiental
		0,017 - 0,55	0,023 - 0,65	
		N/A	N/A	Medio
		N/A	N/A	Bajo

Fuente: Integral S.A., 2026.

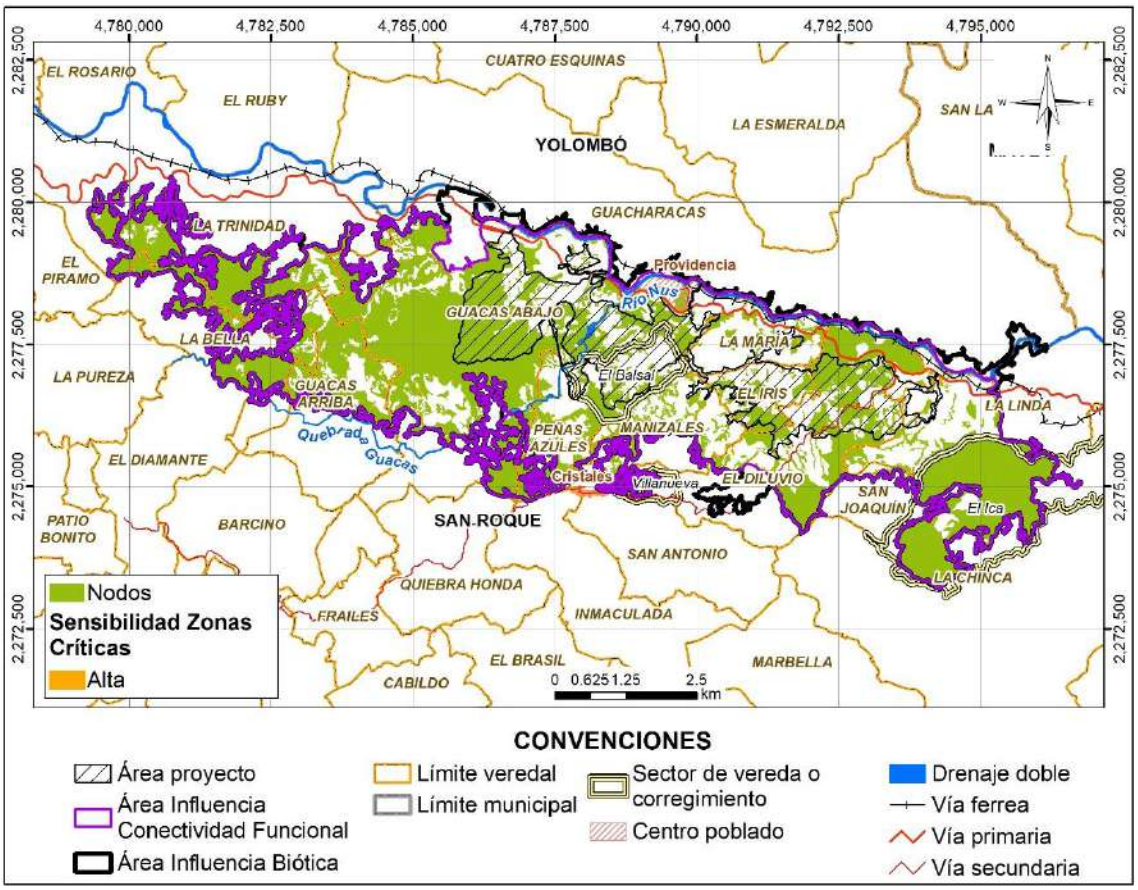

Figura 6.33.Sensibilidad del elemento Zonas críticas para la conectividad (Pitch-point)
Fuente: Integral S.A., 2026.

- **Elemento Corredores**

En particular, los corredores fueron clasificados en términos de sensibilidad ambiental con base en los valores de costo acumulado calculados para las especies evaluadas, así como en la sensibilidad del enlace asociado.

La asignación inicial de las categorías de sensibilidad ambiental (Muy alta, Alta, Media y Baja) se realizó considerando tanto la condición espacial de los corredores, en especial su conexión con áreas protegidas declaradas, como los rangos de costo acumulado definidos para cada una de las especies evaluadas. En este sentido, los corredores que conectan áreas protegidas fueron clasificados directamente con sensibilidad Muy alta, independientemente de su valor de costo acumulado, mientras que aquellos que no presentan dicha conexión fueron categorizados de acuerdo con los rangos de costo establecidos. La calificación se muestra en la Tabla 6.37.

Tabla 6.37. Sensibilidad del elemento corredores de la red de conectividad funcional

Origen información		**Características para definir la Sensibilidad**		
Categoría	**Descripción**	**E1 *Leopardus pardalis***	**E2 *Oedipomidas leucopus***	**Sensibilidad Ambiental**
Corredores	Valores de costo acumulado	Corredores de la modelación, que independiente de sus valores de costo acumulado, estén conectando áreas protegidas declaradas, con otros nodos. (Aplica la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña, declarada por CORNARE mediante el acuerdo corporativo 312 del 4 de septiembre de 2014 como área protegida con uso sostenible de los recursos naturales)		Muy alta
		Corredores de modelación que no conectan áreas protegidas y valores pertenecientes a los siguientes rangos:		Alto
		0 - 504	0 - 219	
		Corredores de modelación que no conectan áreas protegidas y valores pertenecientes a los siguientes rangos:		Medio
		504 - 1134	219 - 496	
		Corredores de modelación que no conectan áreas protegidas y valores pertenecientes a los siguientes rangos:		Bajo
		1134 - 1800	496 - 783	

Fuente: Integral S.A., 2026.

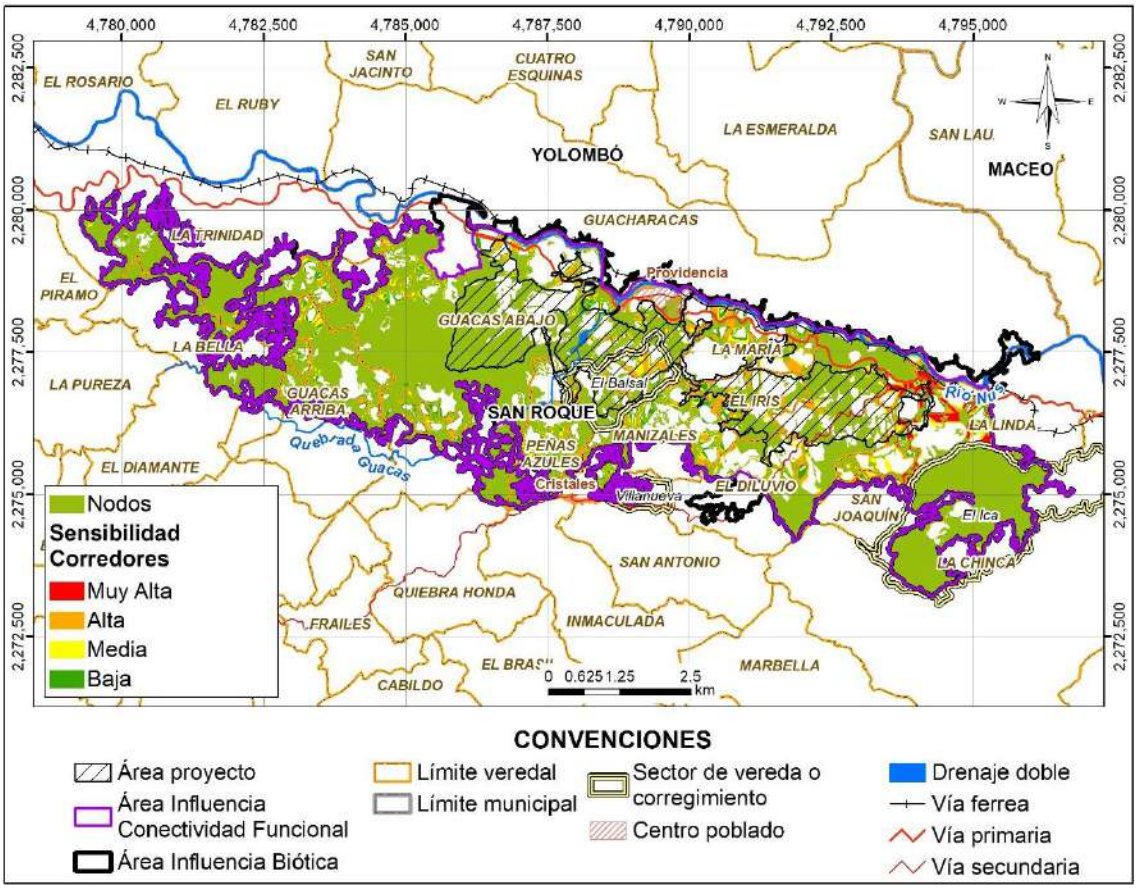

Figura 6.34.Sensibilidad del elemento corredores de la red de conectividad funcional.
Fuente: Integral S.A., 2026.

Seguidamente, la sensibilidad ambiental de los corredores fue ajustada mediante una matriz de decisión que integra la sensibilidad del enlace asociado. Así, los corredores vinculados a enlaces clasificados con sensibilidad Muy alta adoptaron directamente esta categoría, independientemente del valor de costo acumulado obtenido. Para los demás casos, los corredores heredaron la categoría de sensibilidad correspondiente al enlace asociado (Alta, Media o Baja), garantizando una valoración jerarquizada, consistente y funcional dentro de la red de conectividad ecológica del paisaje. Adicionalmente, los corredores subsiguientes a un corredor homologado fueron asignados a una categoría de sensibilidad inferior; por ejemplo, si un corredor hereda una sensibilidad Media, el corredor subsiguiente se clasifica con sensibilidad Baja. Por su parte, los corredores que no presentan enlaces asociados fueron clasificados directamente en la categoría de sensibilidad Baja. La calificación se muestra en la Tabla 6.38.

Tabla 6.38. Sensibilidad del elemento corredores vs enlaces de la red de conectividad funcional

Origen información		Características para definir la Sensibilidad				
		Sensibilidad Ambiental				
Categoría	Descripción	Sensibilidad del enlace	Sensibilidad del corredor (costo acumulado)			
			Muy alta	Alta	Media	Baja
Corredores	La sensibilidad ambiental de los corredores se define en función de la sensibilidad del enlace asociado, mediante una matriz de decisión que permite ajustar la categoría final del corredor dentro de la red de conectividad ecológica funcional.	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
		Alta	Muy alta	Alta	Alta	Alta
		Media	Muy alta	Media	Media	Media
		Baja	Muy alta	Baja	Baja	Baja

Fuente: Integral S.A., 2025.

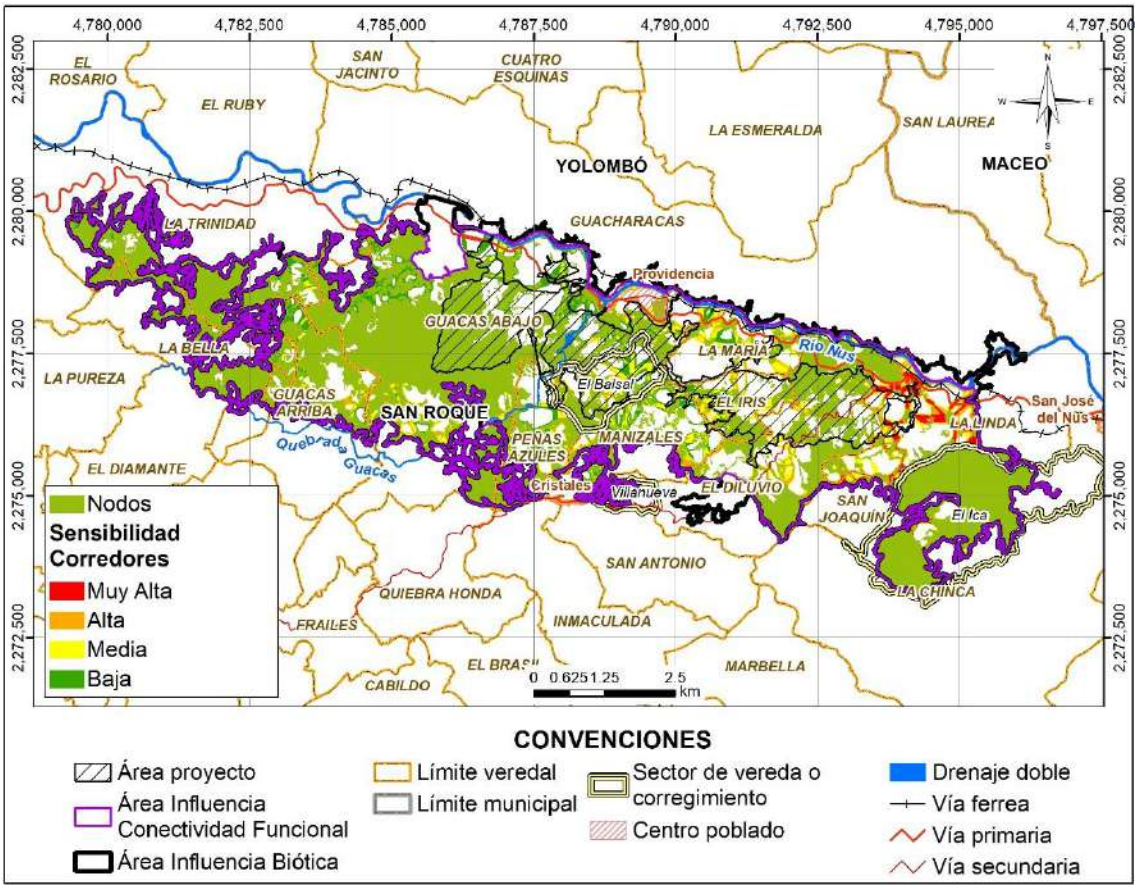

Figura 6.35.Sensibilidad del elemento corredores vs enlaces de la red de conectividad funcional.
Fuente: Integral S.A., 2026.

Con el fin de integrar la relevancia funcional de los corredores con la presencia de zonas críticas para la conectividad, la sensibilidad ambiental final de los corredores fue ajustada mediante una matriz de decisión que incorpora la ocurrencia de pinch points a lo largo de su trazado. Tal como se presenta en Tabla 6.39, esta integración considera de manera conjunta la sensibilidad preliminar del corredor derivada del análisis de costo acumulado y de la sensibilidad del enlace asociado, y la presencia o ausencia de zonas críticas de conectividad identificadas a partir del análisis de flujo de corriente.

En este sentido, las áreas de los corredores que presentan zonas críticas fueron priorizadas, asignando una categoría de sensibilidad igual o superior a la obtenida inicialmente, reconociendo su mayor sensibilidad y su importancia estratégica para el mantenimiento de la conectividad ecológica. Así, los corredores con sensibilidad Muy alta o Alta mantienen dicha categoría cuando se asocian a zonas críticas, mientras que aquellos con sensibilidad Media o Baja pueden ser ajustados a categorías superiores en las áreas

de pinch points. Por el contrario, los corredores que no presentan zonas críticas conservan la categoría de sensibilidad definida previamente.

Este enfoque permitió una valoración jerarquizada e integrada de los corredores, incorporando explícitamente los enlaces y la influencia de las zonas críticas dentro de la red de conectividad ecológica funcional.

Tabla 6.39. Sensibilidad del elemento corredores vs zonas críticas de la red de conectividad funcional

Origen información		**Características para definir la Sensibilidad**		
Categoría	**Descripción**	**Sensibilidad Ambiental**		
		Sensibilidad del corredor (costo acumulado y enlaces)	**Sensibilidad de la zona crítica**	
			Alta	**N/A***
Corredores	La sensibilidad ambiental de los corredores se define mediante la integración del análisis de costo acumulado, la sensibilidad del enlace asociado y la presencia o ausencia de zonas críticas para la conectividad (pinch points). Esta integración se realiza a través de una matriz de decisión que ajusta la categoría final del corredor, priorizando aquellos tramos que presentan zonas críticas, en reconocimiento de su mayor sensibilidad	Muy alta	Muy alta	Muy alta
		Alta	Alta	Alta
		Media	Alta	Media
		Baja	Media	Baja

Fuente: Integral S.A., 2025.

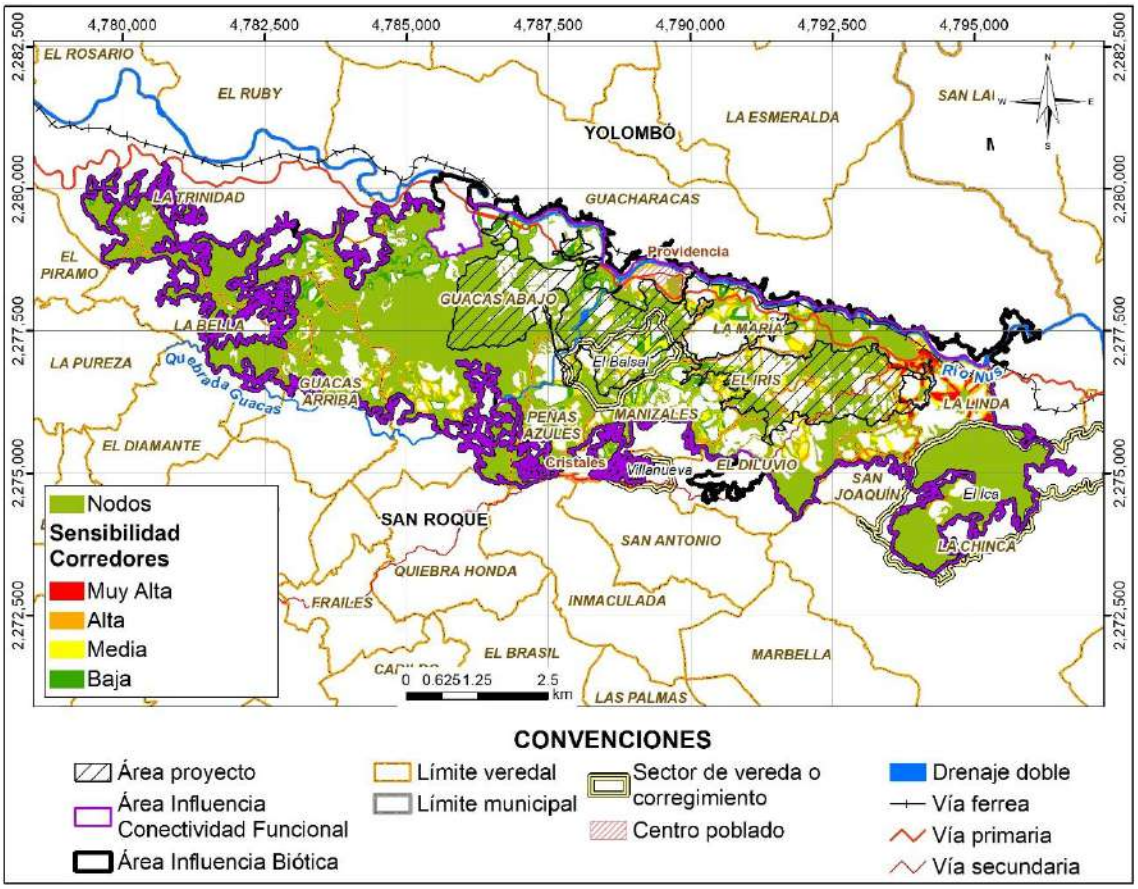

Figura 6.36.Sensibilidad del elemento corredores vs zonas críticas de la red de conectividad funcional.
Fuente: Integral S.A., 2026.

La sensibilidad ambiental final de la Conectividad Ecológica Funcional se definió a partir de la integración de la sensibilidad final de los nodos de hábitat (derivada de los índices de conectividad y del tipo de cobertura vegetal) y la sensibilidad final de los corredores, obtenida a partir del análisis de costo acumulado, la sensibilidad de los enlaces y la presencia de zonas críticas para la conectividad. Esta integración se realizó mediante una matriz de decisión que permite asignar una categoría única de sensibilidad en las áreas donde se superponen ambos elementos, priorizando la calificación de los nodos de hábitat por su mayor relevancia ecológica.

En las áreas donde no se presentan nodos de hábitat, la sensibilidad ambiental se asignó con base en la categoría final de los corredores. Por su parte, aquellas áreas que no presentan nodos ni corredores fueron clasificadas con una sensibilidad Muy Baja, reconociendo que, si bien no concentran elementos de importancia para la conectividad de las especies evaluadas, forman parte del paisaje y pueden contribuir a la conectividad de otras especies de fauna. La calificación se muestra en la Tabla 6.40.

Tabla 6.40. Sensibilidad de los elementos de la red de conectividad funcional

Origen información		Características para definir la Sensibilidad					
		Sensibilidad Ambiental Conectividad funcional					
Categoría	Descripción	Sensibilidad nodos de hábitat (índices - coberturas)	Sensibilidad del corredor (costo acumulado - enlaces - zonas críticas)				
			Muy alta	Alta	Media	Baja	Área sin elemento
Conectividad ecológica funcional	La sensibilidad ambiental final de la conectividad se define a partir de la superposición de la sensibilidad de los nodos de hábitat (índices y cobertura vegetal) y la sensibilidad de los corredores (costo acumulado, enlaces y zonas críticas), priorizando la calificación del nodo cuando existe superposición y asignando sensibilidad Muy Baja a las áreas sin elementos.	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
		Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
		Media	Media	Media	Media	Media	Media
		Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
		Área sin elemento	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja

Fuente: Integral S.A., 2025.

Espacialmente, los resultados de la zonificación se obtienen de superponer los resultados individuales de cada especie, manteniendo la calificación de mayor sensibilidad. En la Tabla 6.41 se presentan los porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad y en Figura 6.37, se presenta el mapa de sensibilidad de la conectividad funcional.

Tabla 6.41. Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la conectividad ecológica funcional

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Áreas donde no hay ningún elemento de la red de conectividad sensible (áreas sin nodos, enlaces, corredores y zonas críticas.	Muy baja	1261,73	26,05
Áreas donde los elementos nodos, enlaces, corredores presentan baja sensibilidad y están por fuera de las áreas protegidas declaradas.	Baja	998,64	20,62
Áreas donde los elementos nodos, enlaces, corredores presentan media sensibilidad y están por fuera de las áreas protegidas declaradas.	Media	1495,25	30,87
Áreas donde los elementos nodos, enlaces, corredores y zonas críticas presentan alta sensibilidad y están por fuera de las áreas protegidas declaradas.	Alta	734,94	15,18
Nodos, enlaces, corredores que estén asociados o al interior de áreas protegidas declaradas. (Aplica la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña, declarada por CORNARE mediante el acuerdo corporativo 312 del 4 de septiembre de 2014 como área protegida con uso sostenible de los recursos naturales).	Muy alta	352,36	7,28

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Total		4.842,92	100,00

Fuente: Integral S.A., 2026.

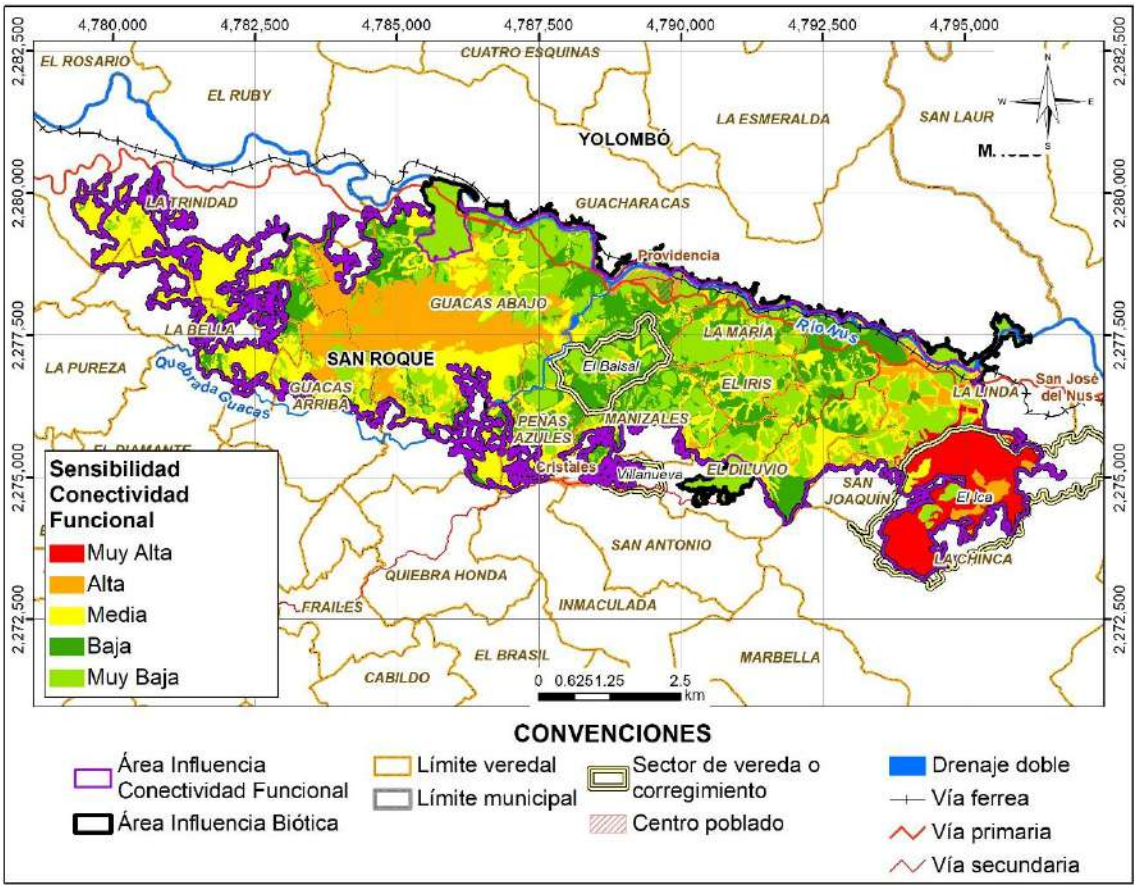

Figura 6.37. Sensibilidad de la conectividad ecológica funcional
Fuente: Integral S.A., 2026.

6.2.2.1.4 Capacidad de la vegetación para fijar CO2

Los principales depósitos de carbono en los ecosistemas son el suelo, la vegetación y el mantillo. La vegetación incorpora el carbono atmosférico al ciclo biológico por medio de la fotosíntesis, siendo los bosques y las turberas los que capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema. De igual manera, el suelo juega un papel importante en el ciclaje y almacenamiento del carbono, ya que se preserva en la biomasa muerta como la hojarasca, los restos de madera, la materia orgánica y los productos forestales. Cualquier acción que afecte el volumen de materia orgánica en el suelo tendrá influencia en la capacidad para retener o liberar carbono de o hacia la atmósfera.

En el marco de la presente zonificación ambiental, la estimación de biomasa realizada para las diferentes coberturas terrestres corresponde a biomasa aérea, es decir, aquella contenida en la vegetación viva sobre el suelo (troncos, ramas, hojas y tallos). Con base en esta evaluación, y considerando criterios de estructura, complejidad y madurez las coberturas de la tierra presentes en el área de estudio fueron clasificadas en niveles de sensibilidad muy baja, baja, media, alta y muy alta (véase la Tabla 6.42).

Tabla 6.42. Características consideradas para la zonificación ambiental de las coberturas vegetales a partir de su fijación de CO_2

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
Cobertura conformada por bosques densos y bien estructurados, con estratos arbóreos bien desarrollados, áreas basales y biomasa aérea significativa. Su estructura compleja y grado de conservación les confieren una elevada capacidad de fijación y almacenamiento de CO_2, así como un papel esencial en la regulación climática y el mantenimiento de servicios ecosistémicos.	Muy alta	5
Cobertura representada por bosques fragmentados con vegetación secundaria, bosques de galería y/o ripario y guadua, que conservan una estructura arbórea continua pese a evidenciar algún grado de intervención. Presentan especies pioneras y secundarias con altas tasas de crecimiento y moderada a alta capacidad de captura y almacenamiento de CO_2.	Alta	4
Cobertura representada por la vegetación secundaria alta, en proceso de sucesión ecológica media, con presencia de árboles dispersos y estratos arbustivos en proceso de consolidación. Presenta una biomasa moderada y una capacidad de fijación de CO_2 en aumento, conforme avanza la regeneración natural y se fortalece la estructura vegetal.	Media	3
Cobertura conformada por vegetación secundaria baja y mosaicos de cultivos, corresponde a áreas en transición temprana, donde predomina la intervención antrópica y la estructura arbórea es limitada. Su función como sumidero de carbono es reducida, aunque presentan potencial de recuperación ecológica mediante procesos de restauración y manejo sostenible.	Baja	2
Cobertura altamente intervenida por actividades agropecuarias, urbanas o industriales. Poseen escasa con poca presencia de elementos arbóreos, lo que implica una escasa biomasa arbórea y una capacidad de fijación de carbono, esto tiene una relación directa con la baja capacidad del ecosistema como sumidero.	Muy Baja	1

Fuente: Integral S.A., 2026

En la Tabla 6.43 se presentan los porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para las coberturas según la capacidad de fijación de CO_2.

Tabla 6.43. Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para las coberturas según la capacidad de fijación de CO_2.

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Cobertura constituida principalmente por elementos arbóreos (árboles pioneros) con alta capacidad fijadora de CO2 en relación directa a su nivel de biomasa	Muy alta	463,83	9,58
Cobertura constituida principalmente por elementos arbóreos (árboles pioneros y algunos secundarios) con alta capacidad fijadora de CO2 en relación directa a su nivel de biomasa	Alta	1.404,00	28,99
Cobertura en proceso de sucesión un poco más avanzada, con presencia de árboles dispersos, relacionados con especies de altas tasas de	Media	493,30	10,19

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
crecimiento en altura (especies pioneras), y, en menor proporción, individuos sobrevivientes de las coberturas originales			
Cobertura intervenida en combinación con espacios naturales que pueden comprender relictos de bosque, arbustales, vegetación secundaria o en transición y otras áreas que	Baja	566,80	11,70
Cobertura altamente intervenida, dedicada principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales,	Muy Baja	1.829,25	37,77
Coberturas que no presentan relevancia ecologica	No aplica	85,74	1,77
Total		4.842,92	100

Fuente: Integral S.A., 2026

Con base en la evaluación de las coberturas de la tierra presentes en el área de influencia del medio biótico, y considerando su capacidad de fijación de dióxido de carbono (CO_2) como criterio para la estimación de la sensibilidad ambiental, se evidenció una diferenciación clara entre coberturas naturales, seminaturales y antrópicas, asociada principalmente a la biomasa, la estructura vegetal y el grado de intervención antrópica (véase la Tabla 6.44).

Las coberturas con sensibilidad ambiental Muy alta corresponden a los bosques densos altos, con formaciones vegetales que se destacan por la complejidad de su estructura y un alto grado de conservación. Esta cobertura, presenta una elevada biomasa, áreas basales significativas y estratos arbóreos bien desarrollados, con individuos que alcanzan alturas y diámetros considerables. Estas características estructurales, les confieren una alta capacidad de fijación y almacenamiento de CO_2, posicionándolos como ecosistemas estratégicos en la regulación climática y el mantenimiento de servicios ecosistémicos asociados al carbono.

En la categoría de sensibilidad Alta se encuentran los bosques fragmentados con vegetación secundaria, los bosques de galería y/o riparios y la guadua, los cuales, a pesar de presentar evidencias de intervención antrópica o procesos de fragmentación, conservan una estructura arbórea relevante y un nivel importante de funcionalidad ecológica. En estas coberturas se encuentras procesos activos de regeneración natural con especies pioneras y secundarias con altas tasas de crecimiento, acumulación de biomasa y una capacidad significativa de fijación y almacenamiento de CO_2.

Las coberturas clasificadas con sensibilidad Media, representadas por la vegetación secundaria alta. Esta corresponde a formaciones en etapas intermedias del proceso sucesional, donde se observa una reconfiguración progresiva de la estructura arbórea y de la composición florística. Esta cobertura se caracteriza porque mantienen una capacidad moderada de fijación de CO_2, la cual se incrementa progresivamente a medida que avanza la regeneración natural, se consolida el dosel arbóreo y se incrementan la biomasa y la diversidad estructural.

Por su parte, las coberturas con sensibilidad Baja, como la vegetación secundaria baja y los mosaicos de cultivos, presentan una capacidad limitada de fijación de CO_2, debido a su bajo desarrollo estructural, escasa cobertura arbórea y alta influencia antrópica. Estas

áreas reflejan procesos de degradación o disturbio recientes, en los que se combina vegetación espontánea con usos agropecuarios o zonas en recuperación temprana.

Finalmente, las coberturas altamente transformadas por actividades antrópicas, como lo son los cultivos permanentes herbáceos (caña), pastos arbolados, enmalezados y limpios, tejidos urbanos, zonas industriales o comerciales, zonas de extracción minera y tierras desnudas y degradadas, fueron clasificadas con sensibilidad ambiental Muy Baja. Estas áreas se caracterizan por una evidente sustitución de la cobertura natural y una alteración de las funciones ecológicas básicas del ecosistema. En ella se presenta una escasa biomasa arbórea y una limitada capacidad de almacenamiento de CO_2.

Tabla 6.44. Sensibilidad ambiental obtenida para las coberturas vegetales según su capacidad de fijación de CO_2

Cobertura	Sensibilidad Ambiental
Bosque denso alto	Muy alta
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	Alta
Bosque de galería y/o ríparío	
Guadua	
Vegetación secundaria alta	Media
Vegetación secundaria baja	Baja
Mosaico de cultivos	
Cultivos permanentes herbáceos - caña	Muy Baja
Pastos arbolados	
Pastos enmalezados	
Pastos limpios	
Tejido urbano discontinuo	
Zonas de extracción minera	
Zonas industriales o comerciales	
Tierras desnudas y degradadas	
Lagunas, lago y ciénagas naturales	No aplica
Aeropuerto	
Red vial y territorios asociados	
Zonas arenosas naturales	
Zonas quemadas	
Tejido urbano continuo	
Instalaciones recreativas	
Ríos	

Fuente: Integral S.A., 2026

Cabe señalar que coberturas como lagunas, lagos y ciénagas naturales, ríos, zonas arenosas naturales, aeropuerto, red vial y territorios asociados, zonas quemadas e instalaciones recreativas, no fueron consideradas aplicables para este criterio específico, por lo cual se les asignó una calificación de 0, dado que no constituyen unidades con relevancia funcional en la fijación o almacenamiento de carbono CO_2 dentro del análisis realizado. Estas coberturas corresponden principalmente a superficies no vegetadas o con funciones ecosistémicas distintas a las evaluadas en este componente. En la Figura 6.38 se presenta espacialmente la sensibilidad de las coberturas vegetales a partir de su capacidad de fijación de CO_2.

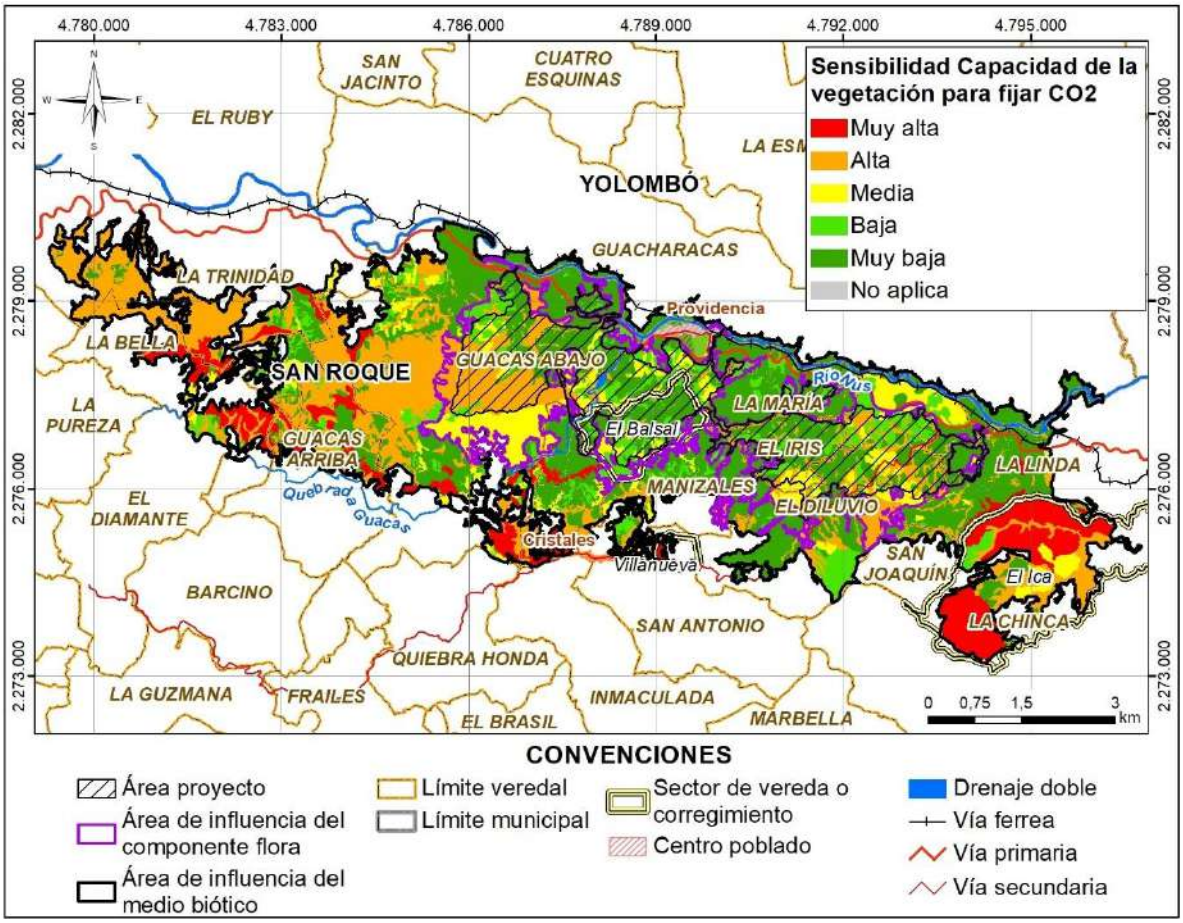

Figura 6.38 Sensibilidad de las coberturas vegetales a partir de su capacidad de fijación de CO_2.

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.2.1.5 Áreas estratégicas y protegidas

Esta variable se refiere a las áreas de especial importancia ecológica presentes en la zona del proyecto tales como áreas naturales protegidas públicas o privadas, ecosistemas estratégicos, rondas hidrográficas, corredores biológicos, presencia de zonas con especies endémicas y/o amenazadas (ver la Tabla 6.45). Los criterios de sensibilidad se clasificaron según la prioridad de la declaratoria dada a nivel regional, nacional o internacional.

Tabla 6.45. Sensibilidad del ecosistema a partir de su clasificación en áreas protegidas y estratégicas

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
Áreas priorizadas por la política nacional de consolidación del SINAP, orientadas a cerrar vacíos de conservación y garantizar la representatividad de ecosistemas estratégicos, así como, áreas de	Muy alta	5

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales acogida mediante el Esquema de Ordenamiento Territorial		
Área orientada a la priorización de la conservación de la biodiversidad, en coherencia con los lineamientos de política pública establecidos en los documentos CONPES	Alta	4
Presencia puntual o fragmentada de categorías de protección sin reglamentación, pero que presenta un elemento estratégico. Así como, reconocimiento de importancia por la autoridad ambiental regional al contener un alto porcentaje de las cuencas de acueducto, áreas en POMCAS y bosques con algún grado de intervención	Media	3
Reconocimiento de la autoridad ambiental regional sobre ecosistemas y áreas de importancia ambiental, que no contiene cuencas de acueducto ni humedales; comprende principalmente áreas en POMCAS y bosques	Baja	2
Zonas sin ninguna categoría de protección	Muy Baja	1

Fuente: Integral S.A., 2026

En la Tabla 6.46 se presentan los porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad del ecosistema a partir de su clasificación en áreas protegidas y estratégicas.

Tabla 6.46. Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad del ecosistema a partir de su clasificación en áreas protegidas y estratégicas.

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Áreas priorizadas por la política nacional de consolidación del SINAP	Muy alta	393,93	8,13
Área orientada a la priorización de la conservación de la biodiversidad establecidas en el CONPES	Alta	1.739,76	35,92
Presencia puntual o fragmentada de categorías de protección sin reglamentación, pero que presenta un elemento estratégico	Media	1.802,76	37,22
Reconocimiento de la autoridad ambiental regional sobre ecosistemas y áreas de importancia ambiental, que no contiene cuencas de acueducto ni humedales	Baja	333,86	6,89
Zonas sin ninguna categoría de protección	Muy Baja	572,60	11,82
Total		4.842,92	100

Fuente: Integral S.A., 2026

A partir del análisis de la clasificación de los ecosistemas presentes en el área de influencia del medio biótico, se establecieron diferentes niveles de sensibilidad ambiental, en función del grado de protección, relevancia ecológica y reconocimiento institucional. (Véase la Tabla 6.47 y la Figura 6.39).

Las áreas clasificadas con sensibilidad Alta corresponden principalmente a la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña identificada tanto en el SINAP como en el EOT de San Roque, adicionalmente es un área que se encuentra delimitada y declarada mediante Acuerdo 312 del 4 de septiembre de 2014 de CORNARE.

Las áreas clasificadas con sensibilidad ambiental Alta corresponden principalmente a áreas CONPES 3680, así como los ecosistemas y áreas de importancia ambientan en categoría alta, establecido por la Corporación Autónoma Regional. Estas áreas son estratégicas por su contribución a la representatividad ecosistémica, el cierre de vacíos de conservación y su función clave en la protección de cuencas abastecedoras de acueductos, áreas incluidas en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) y coberturas boscosas de alta importancia ambiental.

La sensibilidad ambiental Media se asocia a ecosistemas de importancia local y regional, tales como humedales y áreas incluidas en la Categoría Media de Ecosistemas y Áreas de Importancia Ambiental (EAA) de Cornare, las cuales presentan una protección puntual o fragmentada, en algunos casos sin reglamentación específica, pero con reconocimiento por parte de la autoridad ambiental regional debido a su valor estratégico, su función hidrológica y la presencia de bosques con algún grado de intervención.

Por su parte, las áreas clasificadas con sensibilidad ambiental Baja corresponden a la Categoría Baja de Ecosistemas y Áreas de Importancia Ambiental (EAA) de Cornare, que, si bien cuentan con un reconocimiento institucional como áreas de interés ambiental, no incluyen cuencas de acueducto ni humedales, y comprenden principalmente áreas asociadas a POMCAS y coberturas boscosas con menor nivel de restricción.

Finalmente, las zonas sin ninguna categoría de protección fueron clasificadas con sensibilidad ambiental Muy Baja, al no contar con reconocimiento formal dentro de figuras de conservación o protección ambiental, y por corresponder a áreas que no presentan atributos estratégicos desde el punto de vista normativo o de planificación ambiental.

Tabla 6.47. Sensibilidad ambiental obtenida para las áreas Estratégicas y protegidas

Áreas Estratégicas y Protegidas	Sensibilidad Ambiental
Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña	Muy alta
Áreas CONPES 3680	Alta
Categoría Alta de CORNARE - Ecosistemas y Áreas de Importancia Ambiental (EAA)	
Ecosistemas de nivel local/regional - Humedales	Media
Categoría Media de CORNARE - Ecosistemas y Áreas de Importancia Ambiental (EAA)	
Categoría Baja de CORNARE - Ecosistemas y Áreas de Importancia Ambiental (EAA)	Baja
Zonas sin ninguna categoría de protección (Todo lo que no está categorizado)	Muy Baja

Fuente: Integral S.A., 2026

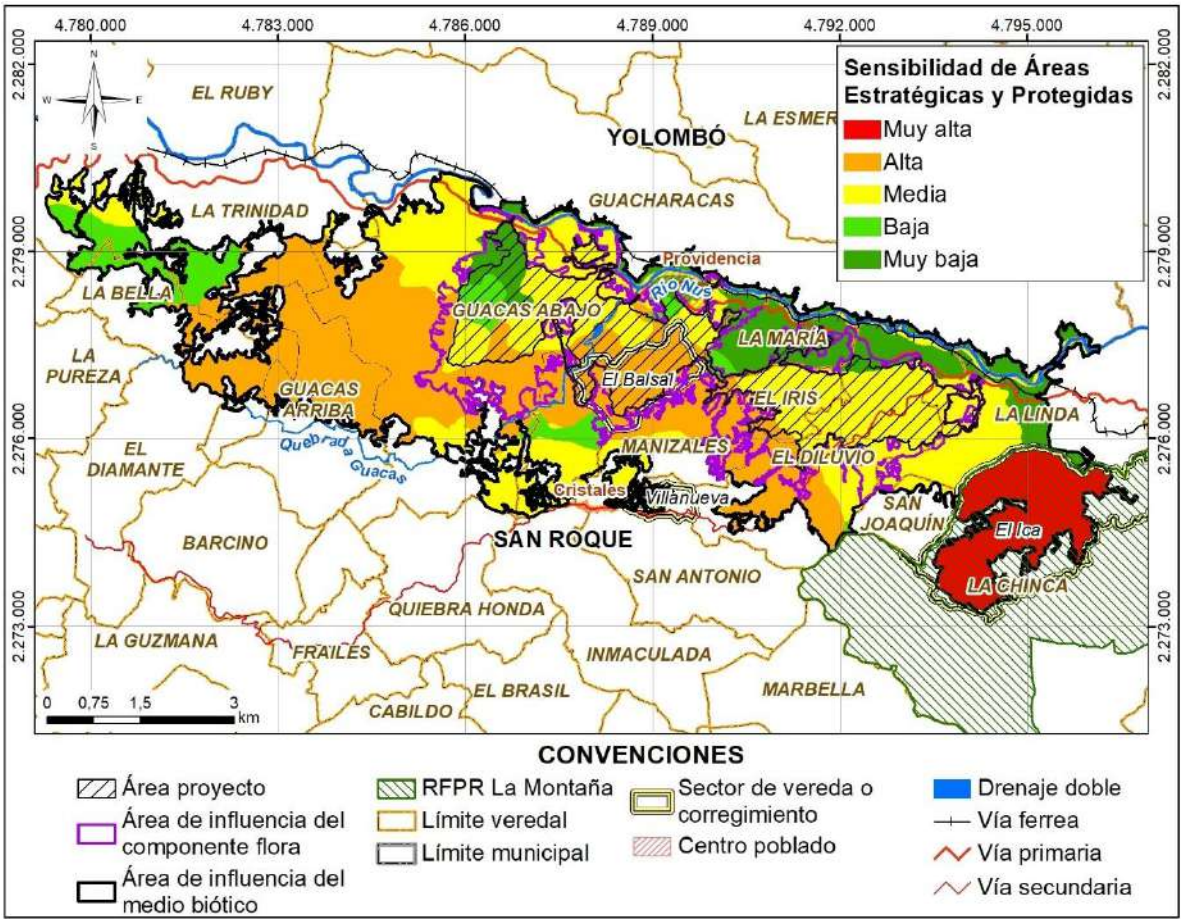

Figura 6.39. Sensibilidad ambiental a partir de la clasificación en áreas protegidas y estratégicas.

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.2.1.6 Componente Ecosistemas Terrestres Fauna

La zonificación ambiental del componente fauna se basó en la identificación y análisis de los hábitats asociados a las diferentes coberturas de la tierra donde se registró la riqueza de especies faunísticas durante los muestreos de campo. Este enfoque permitió establecer la afinidad de los distintos grupos faunísticos respecto a los hábitats presentes en el área de influencia del medio biótico, lo cual es un insumo clave para la determinación de la sensibilidad ambiental de cada cobertura identificada. Además de la riqueza de las especies por cobertura, se analizó la presencia de especies endémicas y de especies incluidas en categorías de amenaza, de acuerdo con los listados y convenciones internacionales vigentes, tales como la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), Apéndices I y II (CITES, 2025), y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2025).

Finalmente, otro criterio considerado para la zonificación ambiental de fauna fue la sensibilidad ecológica de las especies frente a las condiciones de los diferentes hábitats, representados por las coberturas vegetales presentes en el área de influencia. Esta sensibilidad fue clasificada en categorías alta, media y baja, en función del grado de intervención antrópica, la heterogeneidad estructural del hábitat y el tipo de especies que estas coberturas tienden a albergar (Véase la Tabla 6.48).

Tabla 6.48. Características consideradas para la zonificación ambiental del componente de fauna

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
Corresponde a áreas con alta riqueza de especies de fauna. Presenta una importante presencia de especies listadas en CITES, valores elevados de endemismo y registros de especies en categoría de amenaza UICN. Estas coberturas cumplen funciones ecológicas clave como hábitat, refugio, reproducción y conectividad biológica, y presentan alta sensibilidad ecológica frente a procesos de intervención y fragmentación.	Muy alta	5
Coberturas con riqueza de especies relativamente alta, donde se registran especies incluidas en CITES, aunque con baja o nula presencia de endemismos y especies amenazadas. Presentan intervención antrópica moderada, conservando funciones ecológicas parciales como provisión temporal de recursos para la fauna.	Alta	4
Áreas con riqueza faunística moderada, presencia puntual de especies amenazadas y endémicas. Corresponden a hábitats en recuperación o fragmentados, que cumplen funciones ecológicas intermedias como áreas de tránsito y recolonización, con sensibilidad ambiental media.	Media	3
Coberturas con baja riqueza de especies, dominadas por fauna generalista y de amplia distribución. Presentan escasa o nula presencia de especies endémicas, amenazadas o listadas en CITES, asociadas a ambientes altamente intervenidos y de baja complejidad estructural.	Baja	2
Áreas con muy baja riqueza faunística y mínima relevancia para la conservación. La presencia de especies endémicas o amenazadas es mínima o nula. Corresponden a coberturas altamente transformadas e intervenidas.	Muy Baja	1
Coberturas antropizadas, Presencia de especies de fauna es mínima o nula. Corresponde a coberturas altamente transformadas e intervenidas o a coberturas sin ningún tipo de vegetación.	No aplica	0

Fuente: Integral S.A., 2026

En la Tabla 6.49 se presentan los porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad del componente de fauna.

Tabla 6.49. Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad del componente de fauna.

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Corresponde a áreas con alta riqueza de especies de fauna	Muy alta	3.087,32	63,75

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Coberturas con riqueza de especies relativamente alta	Alta	926,97	19,14
Áreas con riqueza faunística moderada	Media	670,41	13,84
Coberturas con baja riqueza de especies	Baja	53,90	1,11
Áreas con muy baja riqueza faunística y mínima relevancia para la conservación	Muy Baja	4,61	0,10
Áreas no sujetas de sensibilidad	No aplica	99,71	2,06
Total		4.842,92	100

Fuente: Integral S.A., 2026

Con base en la integración de los resultados de caracterización faunística, el análisis de riqueza de especies, la presencia de especies endémicas, especies incluidas en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y aquellas categorizadas bajo algún grado de amenaza según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), se establecieron los niveles de sensibilidad ambiental de la fauna terrestre asociados a las diferentes coberturas de la tierra presentes en el área de influencia del medio biótico (véase la Tabla 6.50.

Tabla 6.50. Categorización fauna en términos de sensibilidad

Cobertura	Sensibilidad
Pastos	Muy alto
Bosque denso alto de tierra firme	
Bosque de galería y ripario	
Vegetación secundaria alta	
Cultivos permanentes herbáceos	Alto
Vegetación secundaria baja	
Bosque fragmentado con Vegetación secundaria	Medio
Mosaico de cultivos	Bajo
Tejidos urbanos	
Guadua	Muy Bajo
Aeropuerto	No aplica
Instalaciones recreativas	
Red vial y territorios asociados	
Ríos, lagos, lagunas y ciénagas naturales	
Tierras desnudas y degradadas	
Zonas arenosas naturales	
Zonas de extracción minera	
Zonas industriales o comerciales	

Fuente: Integral S.A., 2026.

Las coberturas clasificadas con sensibilidad ambiental Muy alta correspondieron Pastos, bosques de galería y/o riparios, Vegetación secundaria alta y bosques densos altos, las cuales concentraron la mayor riqueza de especies faunísticas. En estas áreas se registró

la presencia de especies listadas en CITES, mayor cantidad de especies endémicas y en categorías de amenaza según la UICN.

Si bien los bosques densos para algunos grupos de fauna no fue una cobertura con mayor riqueza de especies, se incluyen con una sensibilidad ambiental Muy alta, considerando su reconocida importancia ecológica y funcional, ya que dichos bosques se caracterizan por presentar alta complejidad estructural, elevada biomasa, múltiples estratos verticales y una amplia diversidad de nichos ecológicos, condiciones que favorecen una alta riqueza y abundancia de fauna, incluyendo especies especialistas, endémicas y con algún grado de amenaza

Por otro lado, la sensibilidad ambiental Alta se asoció a cultivos permanentes herbáceos, los cuales, a pesar de presentar una intervención antrópica moderada, albergaron una riqueza de especies relativamente alta, principalmente aves, y registraron la presencia de algunas especies incluidas en CITES. No obstante, estas coberturas no presentaron especies endémicas y amenazadas, y su función ecológica se limita principalmente a la provisión temporal de recursos y áreas de tránsito para la fauna silvestre. Por otro lado, en esta categoría también se incluye la cobertura vegetación secundaria baja, debido a su proceso de sucesión temprana, es una cobertura que cumple una función importante en la matriz del paisaje sirviendo con áreas de paso o refugio de algunas especies.

La categoría de sensibilidad ambiental Media estuvo representada por bosques fragmentados con vegetación secundaria. Estos corresponden a hábitats con una complejidad estructural alta y que pueden presentar distintos grados de fragmentación. Estas áreas presentan una riqueza faunística moderada y registros puntuales de especies endémicas y amenazadas, cumpliendo funciones ecológicas intermedias, tales como áreas de desplazamiento, tránsito y recolonización, lo que les confiere una sensibilidad ambiental intermedia.

Por su parte, las coberturas clasificadas con sensibilidad ambiental Baja, como Mosaicos de cultivos y tejidos urbanos, se caracterizaron por una baja riqueza de especies, dominada principalmente por fauna generalista y de amplia distribución. Estas áreas presentaron escasa o nula presencia de especies endémicas, amenazadas o incluidas en CITES, y están asociadas a ambientes altamente intervenidos y de baja complejidad estructural, con limitada relevancia para la conservación de la fauna terrestre.

Finalmente, las áreas con sensibilidad ambiental Muy Baja, representadas por la Guadua, presentaron una riqueza faunística muy reducida y mínima importancia para la conservación, dado su alto nivel de transformación, la mayoría de los fragmentos de esta cobertura se encuentran inmersos en áreas altamente intervenidas.

Cabe señalar que para coberturas como infraestructura aeroportuaria, instalaciones recreativas, cuerpos de agua superficiales, red vial y territorios asociados, zonas de extracción minera, áreas industriales o comerciales, tierras desnudas y zonas arenosas naturales, ríos y lagos algunas y ciénagas naturales, no se cuenta con información de caracterización faunística, debido a que corresponden en su mayoría a territorios artificializados, superficies acuáticas o áreas abiertas sin cobertura vegetal; por tanto, estas coberturas fueron clasificadas como No aplicables dentro del análisis de sensibilidad ambiental de la fauna terrestre (véase la Figura 6.40).

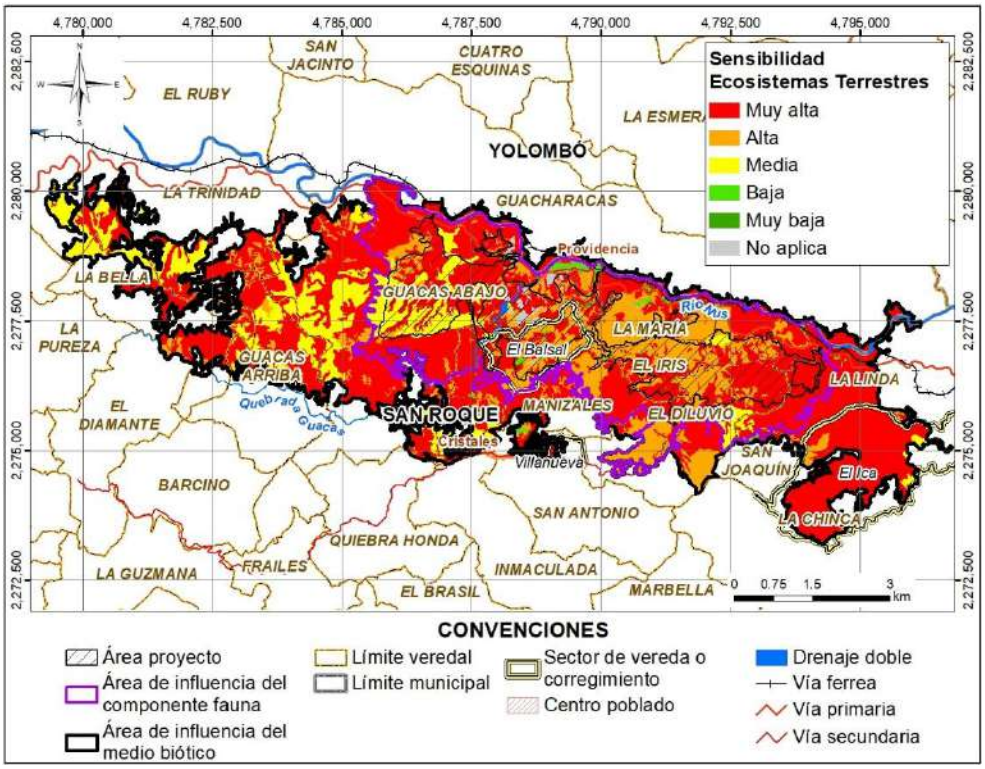

Figura 6.40. Zonificación ambiental componente fauna
Fuente: Integral S.A., 2026.

6.2.2.2 Componente ecosistemas acuáticos

A continuación, se presenta la zonificación ambiental para los ecosistemas acuáticos, teniendo en cuenta la conservación de hábitat y la diversidad de especies.

6.2.2.2.1 Conservación de hábitat y diversidad de especies

Para la zonificación ambiental del componente de ecosistemas acuáticos, se realizó una evaluación integral de las condiciones ecológicas que podrían determinar la capacidad de los cuerpos de agua para albergar y sostener comunidades hidrobiológicas. Dicha evaluación partió de los resultados obtenidos durante la fase de caracterización ambiental y tuvo como objetivo establecer el nivel de sensibilidad ambiental de las microcuencas presentes en el área de influencia del medio biótico.

Las principales variables consideradas para la zonificación fueron: (i) la riqueza de las comunidades hidrobiológicas en los puntos de muestreo; (ii) la presencia de especies ícticas endémicas y/o categorizadas bajo algún grado de amenaza (UICN y/o CITES) y (iii) el grado de perturbación de los ecosistemas acuáticos, evaluado a partir del tipo y estado de la cobertura vegetal asociada a los cuerpos de agua.

Con base en esta información, se establecieron categorías de sensibilidad (alta, media y baja), a las cuales se les asignó una calificación cuantitativa que facilitó la definición de la

zonificación ambiental del componente. En la Tabla 6.51 se presentan las características, sensibilidad ambiental y los rangos de calificación considerados para la zonificación del componente.

Tabla 6.51. Características consideradas para la zonificación ambiental del componente de Ecosistemas Acuáticos

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
Diversidad alta de especies, presencia de alguna con categoría de amenaza y con categoría de endemismo regional o nacional. Perturbación baja en la vegetación aledaña al cuerpo de agua, con alta presencia de vegetación nativa.	Alta	> 4
Diversidad media de especies, presencia de alguna con categoría de amenaza y/o con categoría de endemismo regional o nacional. Perturbación moderada en la vegetación aledaña al cuerpo de agua con presencia de vegetación nativa y cultivos.	Media	3 - 4
Poca diversidad. Hábitat poco favorable para el establecimiento de especies. Fuentes hídricas intervenidas por minería, agricultura y ganadería extensiva. Perturbación extrema de la vegetación aledaña al cuerpo de agua por reemplazo total de especies nativas por cultivos y pastos para ganadería.	Baja	1-2

Fuente: Integral S.A., 2026

De esta forma, las categorías de sensibilidad ambiental fueron definidas mediante un método de clasificación por intervalos iguales. Para las variables riqueza de taxa y presencia de especies endémicas o amenazadas, se identificaron los valores mínimo y máximo observados; la diferencia entre ambos se dividió en tres rangos equivalentes, correspondientes a las categorías bajo, medio y alto.

El grado de perturbación de la cobertura se clasificó con base en criterios de integridad ecológica: coberturas naturales (valor 3) por su mayor estado de conservación, vegetación secundaria (valor 2) como condición intermedia y coberturas antropizadas (valor 1) por su mayor nivel de transformación.

La sensibilidad final se obtuvo mediante la suma de las calificaciones asignadas a cada variable y su posterior clasificación en tres categorías usando el mismo criterio de intervalos iguales. En la Tabla 6.52 se presentan los porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad del componente de ecosistemas acuáticos.

Tabla 6.52. Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad del componente de ecosistemas acuáticos.

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Diversidad alta de especies, presencia de alguna con categoría de amenaza y con categoría de endemismo regional o nacional. Perturbación baja en la vegetación aledaña al cuerpo de agua, con alta presencia de vegetación nativa.	Alta	259,16	72,45
Diversidad media de especies, presencia de alguna con categoría de amenaza y/o con categoría de endemismo regional o nacional. Perturbación moderada en la vegetación aledaña al cuerpo de agua con presencia de vegetación nativa y cultivos.	Media	74,69	20,88
Poca diversidad. Hábitat poco favorable para el establecimiento de especies. Fuentes hídricas intervenidas por minería, agricultura y ganadería extensiva. Perturbación extrema de la vegetación aledaña al cuerpo de agua por reemplazo total de especies nativas por cultivos y pastos para ganadería.	Baja	23,86	6,67
Total		357,71	100

Fuente: Integral S.A., 2026

Con base en los criterios anteriormente descritos, se definió el nivel de sensibilidad ambiental y se asignó una calificación a cada una de las microcuencas donde se realizó la caracterización de las comunidades hidrobiológicas, las cuales hacen parte del área de influencia del medio biótico. (véase la Tabla 6.53 y la Figura 6.41)

Tabla 6.53. Categorización de ecosistemas acuáticos en términos de sensibilidad

Microcuenca	Sensibilidad	Calificación
Quebrada La Palestina	Alta	>4
Río Nus		
Quebrada Guacas		
Quebrada San Antonio		
Quebrada La Maria		
Quebrada Torito	Media	3
Cauce 5		
Cauce 9		
Cauce 8		
Cauce 11		
Quebrada Sin Nombre		
Quebrada La Colorada		
Quebrada El Banco		
Cauce 10	Baja	2
Quebrada El Balsal		

Fuente: Integral S.A., 2026

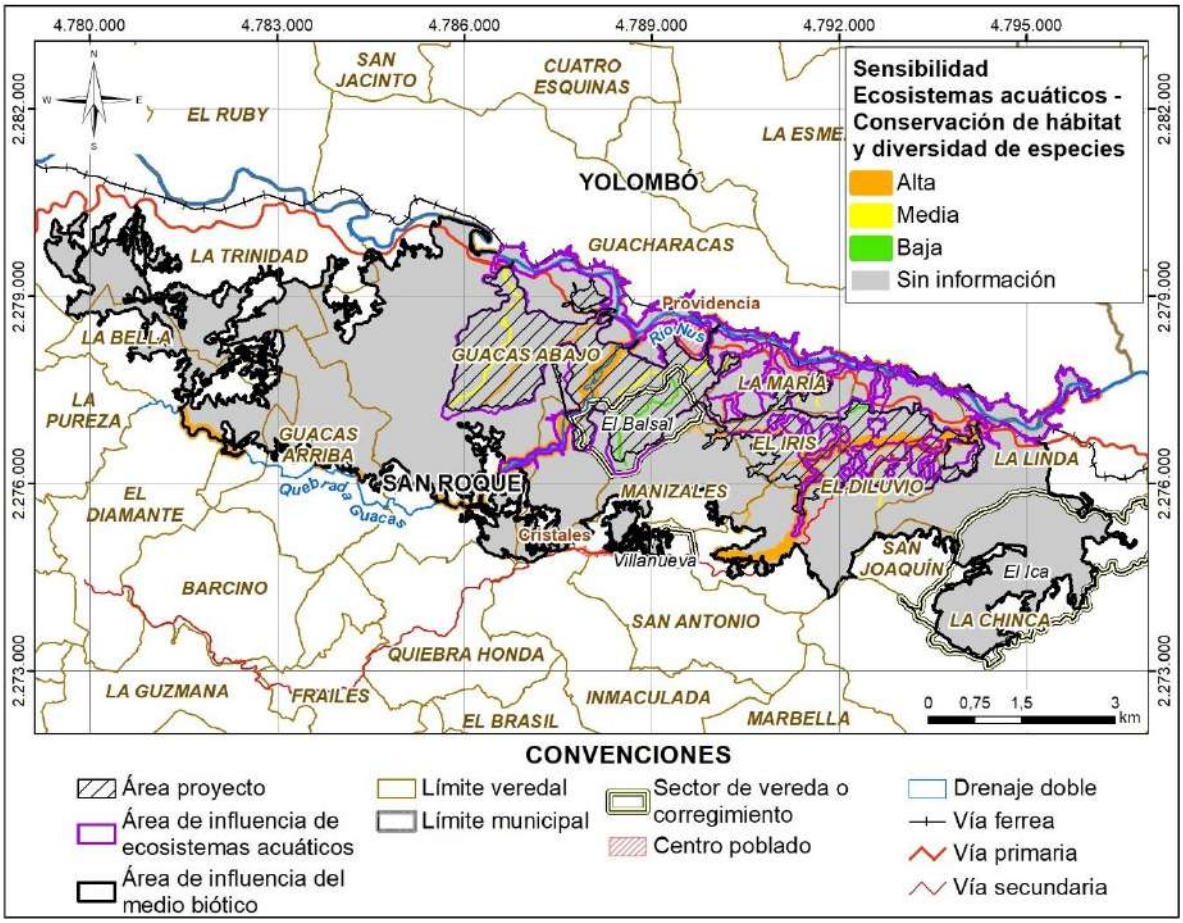

Figura 6.41. Zonificación ambiental componente ecosistemas acuáticos
Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.2.3 Zonificación intermedia del medio biótico

De la integración espacial de las variables: Complejidad estructural, Vulnerabilidad de las especies de flora, conectividad ecológica funcional, capacidad de la vegetación para fijar CO_2, Áreas estratégicas y protegidas, ecosistemas terrestres -fauna, conservación de hábitat y diversidad de especies acuáticas; se genera el mapa de sensibilidad del medio biótico, dicho mapa proporcionará información de sectores críticos, sensibles o vulnerables desde el punto de vista biótico, dentro del área de estudio.

Para elaborar el mapa se realiza un proceso algebraico a través de la herramienta SIG y la fórmula que se presenta a continuación (véase la Ecuación 6.2. Las variables consideradas son acumulativas, dado que pueden darse simultáneamente en un mismo sitio o lugar.

$$Bio = \sum \{Ce, Cf, Cv, Ee, Etf, Ea\}$$

Ecuación 6.2 Sensibilidad del medio biótico

Fuente: (Delgado Rivera, 2014). Adaptado por Integral S.A, 2026

Bio = Zonificación de sensibilidad ambiental para el medio biótico, materializadas en el Complejidad estructural (***Ce***), conectividad ecológica funcional (***Cf***), capacidad de la vegetación para fijar CO2 (***Cv***), Áreas estratégicas y protegidas (***Ee***), ecosistemas terrestres -fauna (***Etf***), conservación de hábitat y diversidad de especies acuáticas (*Ea*).

Teniendo en cuenta que la sensibilidad del medio biótico corresponde a una sumatoria de diversas variables, se realizó una reclasificación en cinco (5) rangos o categorías mediante el método Jenks en ArcGIS. Este método agrupa valores similares al minimizar la varianza dentro de cada clase y maximizar las diferencias entre clases (Smith M., 2023), permitiendo identificar "saltos naturales" en la distribución de los datos, tal como se presenta en la Tabla 6.54 y Figura 6.42 (véase I-M-10719-GCLMEIA2-V1-ZONM-08-ZONMBIO).

Tabla 6.54 Clasificación y porcentajes de ocupación de sensibilidad del medio biótico en el área de influencia biótica del proyecto

Rango	Sensibilidad ambiental	Valor	Área (ha)	Área (%)
< 9	Muy baja	1	97,38	2,01
9 – 10	Baja	2	1.051,29	21,71
10 – 14	Media	3	1.259,78	26,01
14 – 17	Alta	4	1.152,00	23,79
>17	Muy alta	5	1.282,47	26,48
Total			4.842,92	100,00

Fuente: Integral S.A., 2026 por medio de la reclasificación método Jenks en ArcGIS

La zonificación ambiental del componente biótico evidencia que el área de influencia del proyecto de Minería de oro a cielo abierto Gramalote, corresponde en su mayoría a áreas de sensibilidad Muy alta, esta comprende al 26,48% del área (1.282,47 ha) y se asocia a áreas con alta fragilidad ecológica, presencia potencial de fauna de especial interés y/o coberturas mejor conservadas. A estas la siguen las áreas con sensibilidad Media (26,01% lo que representa 1.282,47 ha), generalmente asociadas a coberturas parcialmente intervenidas o hábitats secundarios.

Por su parte, el 23,79% (1.152,00 ha) del área de influencia se asocia a sensibilidad Alta, representando hábitats relevantes desde el punto de vista ecológico, con conectividad biológica o valores de conservación. En contraste 21,71% (1.051,29 ha) del área presentan una sensibilidad ambiental Baja y se asocian a la baja complejidad estructural, vulnerabilidad de las especies de flora y conectividad ecológica de los ecosistemas terrestres como resultado de la intervención y manejo de las coberturas vegetales. La sensibilidad Muy Baja representa el 2,01% que corresponden a áreas con alto grado de transformación o ausencia de elementos bióticos sensibles (véase la Figura 6.42).

Esta distribución indica que, en el área de influencia biótica del proyecto predominan las áreas con niveles de sensibilidad altos y medios evidenciando una proporción significativa

del territorio asociada principalmente a coberturas de Bosque de galería y/o ripario, Bosque denso alto y Bosque fragmentado con vegetación secundaria, que también contienen especies vulnerables de flora. (véase la Figura 6.42)

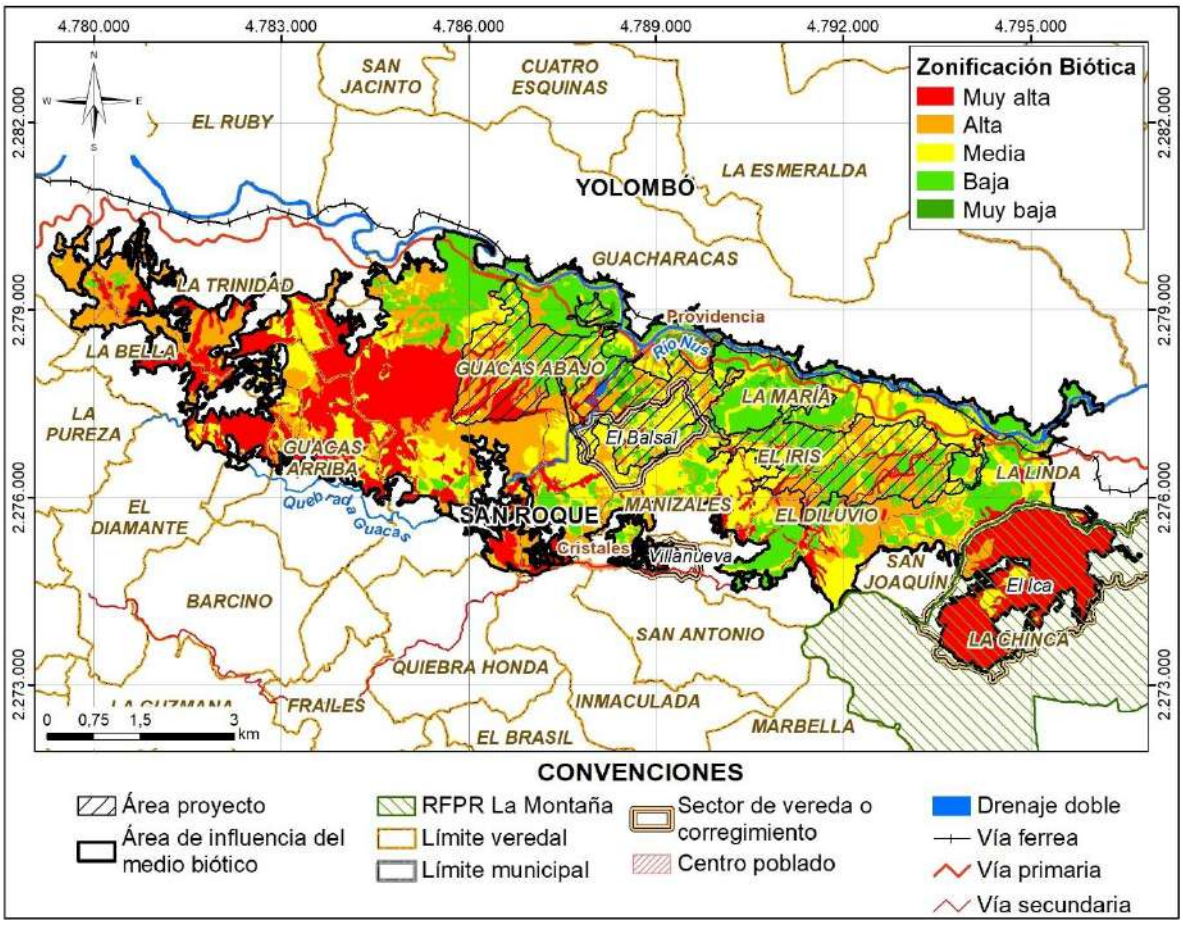

Figura 6.42 Zonificación intermedia del medio biótico

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.3 Criterios del medio socioeconómico y zonificación intermedia

A continuación, se presenta la aplicación de las variables de zonificación definidas al área de influencia del medio socioeconómico. Este ejercicio reconoce los elementos de contexto brindados anteriormente, asociados a la información levantada en el marco del levantamiento de línea base

6.2.3.1 Sensibilidad por producción económica agrícola

Para lo que corresponde a la sensibilidad por producción agrícolas, se consideraron en sensibilidad alta aquellas coberturas asociadas a la agricultura que percibieran

fragmentación a partir del proyecto. En sensibilidad media, se entiende al resto del área de de la localidad que contiene a la cobertura fragmentada por la huella del proyecto, contemplando que los cambios en la composición de las parcelas pudieran alterar moderadamente la matriz y dinámica productiva de la unidad territorial. Mientras tanto, se calificaron como *nulo* aquellas áreas no asociadas a cultivos afectados directamente ni a las localidades que les contienen (ver Tabla 6.55).

Tabla 6.55 Características consideradas para la zonificación ambiental por producción agrícola

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
Localidades sin áreas agrícolas intervenidas por el proyecto. Por no percibir cambio alguno, se determina una baja importancia en interacción con eventuales impactos de la naturaleza evaluada.	Nula	0
Resto de área de localidades que contienen áreas agrícolas fragmentadas por el proyecto. Se reconoce la importancia de los entornos productivos respecto a los cambios en cobertura, independiente de su magnitud.	Media	3
Áreas agrícolas intervenidas por el proyecto. Se determina reconociendo la importancia de estas para la subsistencia local, y su correspondencia con la vocación productiva del territorio.	Alta	4

Fuente: Integral S.A., 2026

A la hora de aplicar los criterios de calificación al área de influencia del medio socioeconómico, se observa que predomina la sensibilidad nula, que abarca el 83,83% del territorio comprendido en esta, correspondiente a 8.825,36 ha, como se aprecia en la Tabla 6.56 y la Figura 6.43. Sigue a esta calificación la sensibilidad media, que llega al 12,75% del AI, con 1.342,62 ha y la sensibilidad alta es la de menor representatividad por llegar solo al 3,41% por expresarse en 359,14 ha.

Tabla 6.56 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de producción agrícola

Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Nula	8.825,36	83,83%
Media	1.342,62	12,75%
Alta	359,14	3,41%
Total	10.527,14	100%

Fuente: Integral S.A., 2026

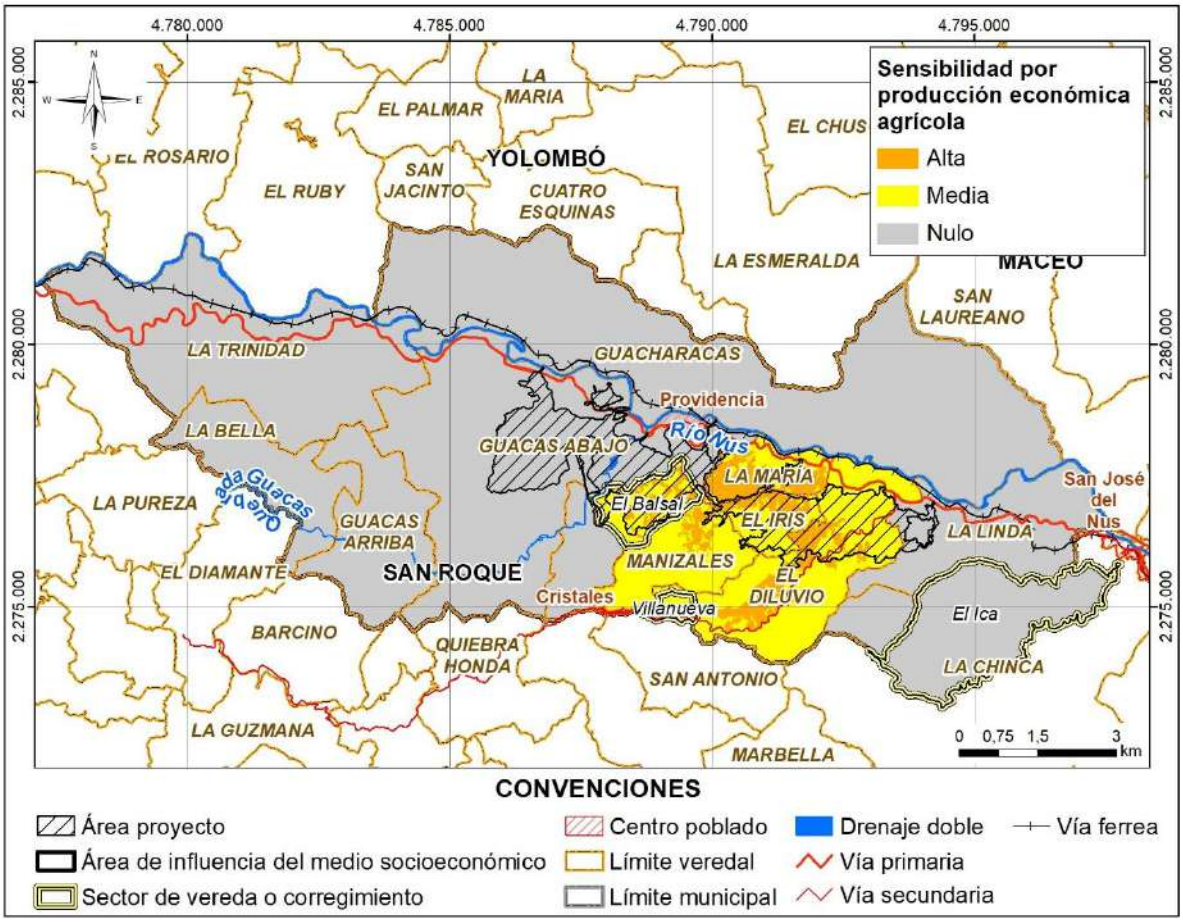

Figura 6.43 Sensibilidad ambiental por producción agrícola

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.3.2 Sensibilidad por producción económica ganadera

Respecto a la calificación de la sensibilidad por producción ganadera, se consideraron rangos de calificación asociados a coberturas con usos pecuarios intervenidas por la huella del proyecto modificado, que fueron categorizados como de sensibilidad alta. Seguido de ello, se entiende como de sensibilidad media a las unidades territoriales que contienen estas coberturas fragmentadas, contemplando que la alteración a los potreros pudiese tener una impronta moderada en la matriz productiva de la localidad. En nulo se calificaron aquellas áreas que no reportan cobertura pecuaria afectada (ver Tabla 6.57).

Tabla 6.57 Características consideradas para la zonificación ambiental por producción ganadera

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
Localidades sin áreas ganaderas intervenidas por el proyecto. Por no percibir cambio alguno, se determina una baja importancia en	Nula	0

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
interacción con eventuales impactos de la naturaleza evaluada.		
Resto de área de localidades con áreas ganaderas intervenidas por el proyecto. Se reconoce la importancia de los entornos productivos respecto a los cambios en cobertura, independiente de su magnitud.	Media	3
Áreas ganaderas intervenidas por el proyecto. Se determina reconociendo la importancia de estas para la subsistencia local, y su correspondencia con la vocación productiva del territorio.	Alta	4

Fuente: Integral S.A., 2026

Al aplicar los criterios de calificación al área de influencia del medio socioeconómico se identificó predominancia de la categoría de sensibilidad nula, que abarca 8.399,29 ha, lo que corresponde al 60,79%. Esta categoría se sigue de la sensibilidad alta (6,34% por ocupar 667,39 ha); y media (3.460,46 ha, el 32,87%). La información reportada puede apreciarse en detalle en la Tabla 6.58 y la Figura 6.44).

Tabla 6.58 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de producción ganadera

Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Nula	6.399,29	60,79%
Media	3.460,46	32,87%
Alta	667,39	6,34%
Total	10.527,14	100

Fuente: Integral S.A., 2026

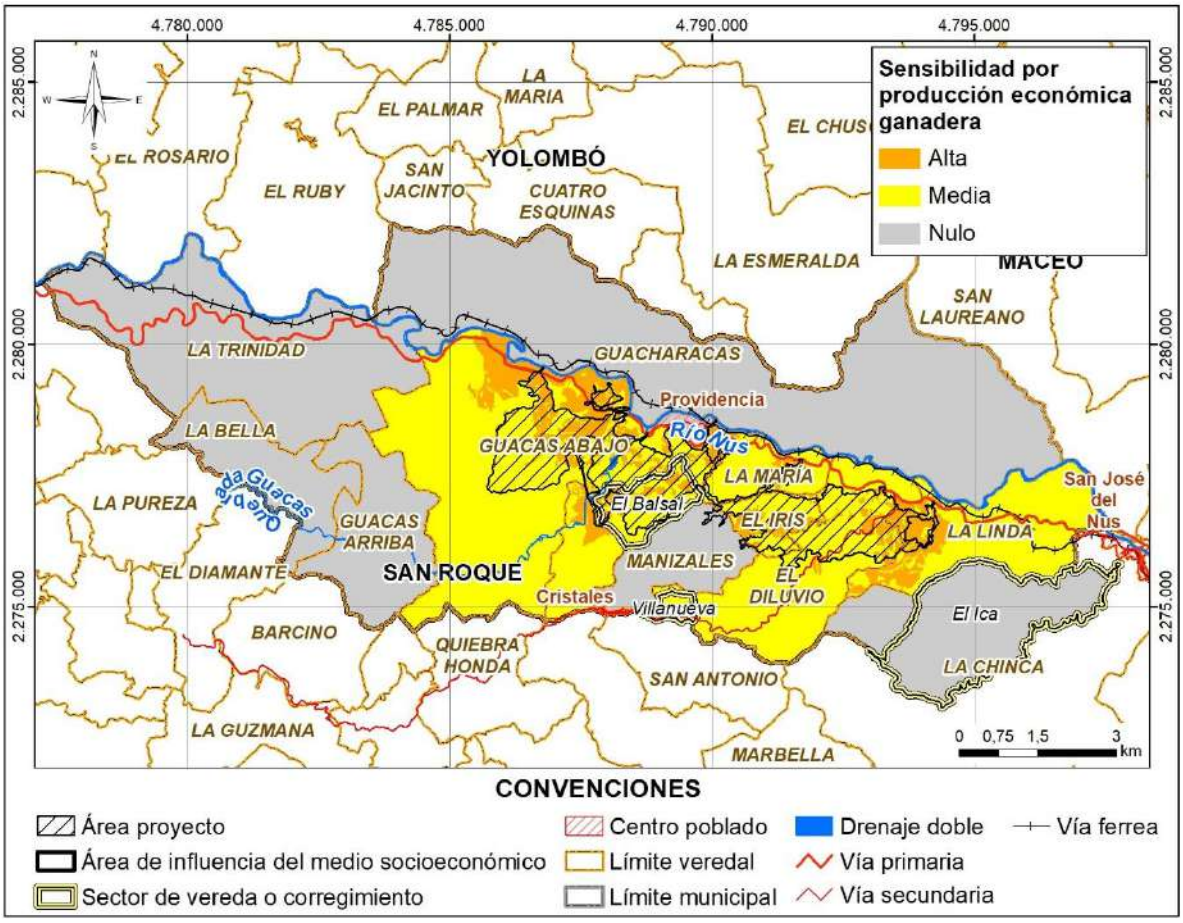

Figura 6.44 Sensibilidad ambiental por producción ganadera

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.3.3 Sensibilidad por dependencia de la minería

Para lo que corresponde a sensibilidad por dependencia de la minería, fueron considerados como área con sensibilidad alta aquellas ligadas a polígonos destinados al funcionamiento de empresas mineras formalizadas en el área de influencia, considerando la alteración que el traslape con el proyecto supondría para su devenir operativo. En sensibilidad media se consideraron polígonos que ocupasen entables mineros en proceso de formalización, teniendo en cuenta que su operación bajo este régimen aún no es efectiva y la ausencia de obligaciones ambientales consolidadas permite maniobrar a sus titulares. En sensibilidad baja se consideraron las áreas de extracción minera y puntos de ocupación de perturbadores mineros dentro del área de influencia, reconociendo que el título minero le pertenece a Gramalote, y que su actividad desregulada no cuenta con amparos normativos (Tabla 6.59). En nulo, mientras tanto, se clasificaron todas las áreas carentes de destinación minera.

Tabla 6.59 Características consideradas para la zonificación ambiental por producción minera

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
Áreas sin usos mineros informales, formales o en proceso de formalización en el AI. Por no percibir cambio alguno, se determina una baja importancia en interacción con eventuales impactos de la naturaleza evaluada.	Nula	0
Áreas con procesos de minería no formalizada (ni en proceso de formalización) que se traslapen con la huella del proyecto. Se considera una importancia baja derivada de la condición en la que es practicada la minería respecto al título minero de la zona.	Baja	2
Areas con usos de minería en proceso de formalización solapadas con la huella del proyecto. Se considera una importancia media reconociendo el antecedente de procesos de formalización que sin embargo en la actualidad no se han concretado, por lo que pueden ser sujetos de cambios menores.	Media	3
Areas con usos de minería formal solapadas con la huella del proyecto. La importancia de este factor recae en que el ejercicio de la minería formalizada, con atención a requerimientos de ley posa una menor flexibilidad a interacciones directas con la huella del proyecto.	Alta	4

Fuente: Integral S.A., 2026

Aplicar estos criterios al área de influencia para el ejercicio de zonificación arrojó una predominancia de la categoría baja, que abarca al 99,30% del territorio (10.453,99ha). Esta calificación se sigue de la calificación media, que se elevó al 0,63% (66,50 ha), y la calificación baja llegó únicamente al 0,06% (6,66 ha). No se reportaron áreas en sensibilidad alta; si bien en el área hay polígonos destinados a la minería formal, los mismos no se traslapan con la huella del proyecto por lo cual no se configura la sensibilidad en interacción con el proyecto (ver Tabla 6.60 y Figura 6.45).

Tabla 6.60 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de producción minera

Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Nula	10.453,99	99,30%
Baja	6,66	0,06%
Media	66,50	0,63%
Alta	0,00	0,00%
Total	10.527,14	100

Fuente: Integral S.A., 2026

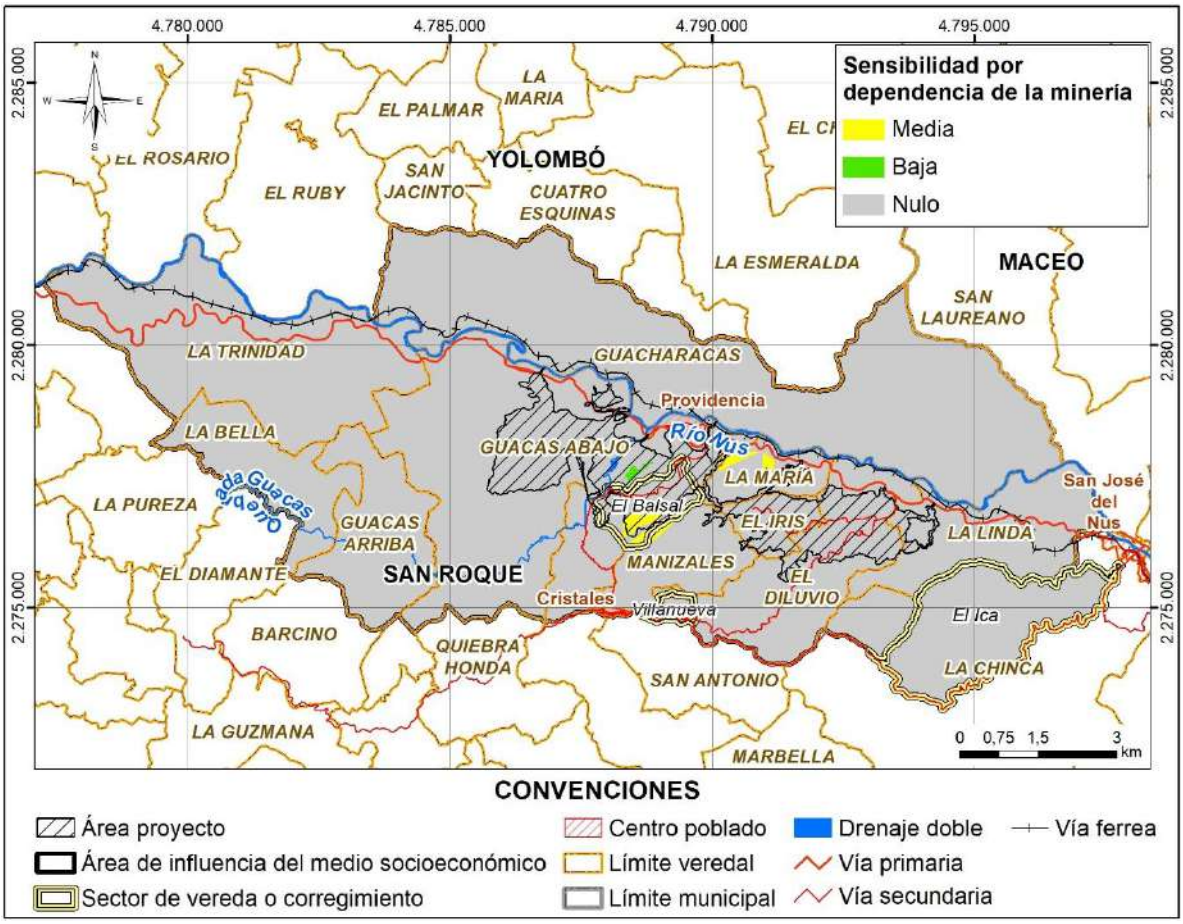

Figura 6.45 Sensibilidad ambiental por producción minera

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.3.4 Sensibilidad por áreas de infraestructura física y social

Se consideró la sensibilidad por áreas de infraestructura física y social, contemplando en sensibilidad alta aquellas veredas asociadas a puntos de equipamiento comunitario que se solapasen con el modelo de atmósfera, contemplando la exposición a un eventual impacto y la representatividad de este para la dinámica social de cada unidad territorial. En nulo se calificaron las localidades que no tuviesen equipamientos solapados con el modelo de atmósfera, o que bien que no contasen con equipamiento alguno (ver Tabla 6.61).

Tabla 6.61 Características consideradas para la zonificación ambiental por presencia de infraestructura física y social

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
Localidades con infraestructura para el uso social, cultural y/o comunitario (sede comunal, escuelas, canchas, parque infantil) no solapadas con el modelo de atmósfera, o bien	Nula	0

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
áreas sin infraestructura de uso social reportada. Se determina una nula sensibilidad puesto que no hay factores de interacción significativos que puedan dar pie a una afectación.		
Localidades con infraestructura para el uso social, cultural y/o comunitario (sede comunal, escuelas, canchas, parque infantil) en el modelo de atmósfera. Se considera que la interacción con la expresión del modelo de atmósfera pueda generar alteraciones en el funcionamiento ordinario de estos equipamientos y con ello comprometer el encuentro comunitario en torno a ellos.	Alta	4

Fuente: Integral S.A., 2026

Aplicar estos criterios en el área de influencia del medio socioeconómico arrojó una predominancia de la sensibilidad alta, que se eleva hasta el 61,70% del total, por ocupar 6.495,73 ha. El resto del área de influencia, unas 4.031,41 ha, se categorizaron como de sensibilidad nula (ver Tabla 6.62y Figura 6.46).

Tabla 6.62 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de presencia de infraestructura física y social

Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Nula	4.031,41	38,30%
Alta	6.495,73	61,70%
Total	10.527,14	100

Fuente: Integral S.A., 2026

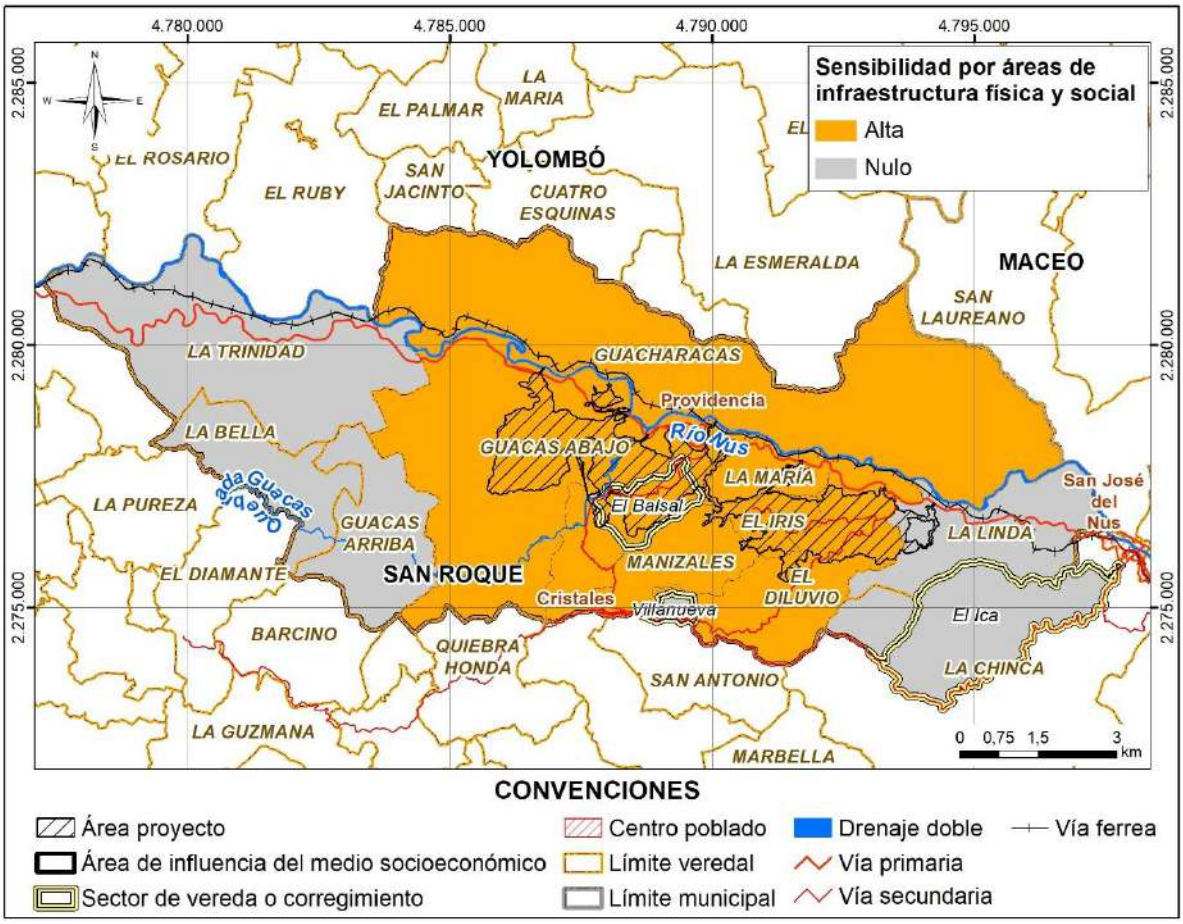

Figura 6.46 Sensibilidad ambiental por presencia de infraestructura física y social
Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.3.5 Asentamientos humanos

Para la estimación de sensibilidad por densidad de asentamientos humanos, se consideró la información de densidad poblacional identificada a partir de los ejercicios de caracterización del área de influencia del medio socioeconómico. Reconociendo la existencia de localidades con una baja cantidad de población, que contrastaban con la presencia de centros poblados y áreas de expansión, se propuso una clasificación que entiende como de sensibilidad muy baja a aquellos asentamientos con densidad poblacional menor a la de 50 hab./km^2; en sensibilidad baja se contemplan aquellas localidades entre 50 y 100 hab./km^2; para la sensibilidad media se consideran las localidades con una sensibilidad de entre 101 y 199 hab./km^2; y en sensibilidad alta se ubican todas las localidades con más de 200 hab./km^2 (ver Tabla 6.63).

Tabla 6.63 Características consideradas para la zonificación ambiental por densidad de asentamientos humanos

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
Áreas con densidad poblacional menor a 50 hab./km^2. Se considera que este es el rango más bajo de densidad poblacional identificado, y que se asocia a una menor exposición de población a un impacto.	Muy baja	1
Áreas con densidad poblacional entre 50 - 100 hab./km^2. Este rango indica que la población expuesta a un eventual impacto es baja en comparación con los demás rangos identificados en la línea base para las localidades.	Baja	2
Áreas con densidad poblacional entre 101 y 199 hab./km^2. Este rango indica una sensibilidad media a eventuales impactos considerando la cantidad de población que se vería expuesta a los mismos.	Media	3
Áreas con densidad poblacional con más de 200 hab./km^2. Aquí se agrupan los centros poblados del AI y otra localidad con alta densidad poblacional (en comparación con el resto del AI); considerando que se agrupa un número significativo de población que ampliaría un eventual factor de afectación considerando el factor de población expuesta.	Alta	4

Fuente: Integral S.A., 2026

Al aplicar estos criterios al área de influencia, se identificó que predominó la sensibilidad muy baja, considerando la cualidad rural y de asentamiento disperso de la mayoría de las localidades contenidas: esta calificación llegó al 83,21% con 8.759,35 ha. Esta calificación se sigue por el rango de sensibilidad baja, por la misma razón, llegando a 12,59% del AI (1.324,89 ha); y la sensibilidad media (3,43% por 361,30 ha). En el último lugar se expresa la sensibilidad alta, que llega únicamente al 0,78% del AI (81,61%); y que se corresponde a los centros poblados de los corregimientos de Providencia y Cristales, y al sector Villanueva del corregimiento de Cristales, que se adosa a la dinámica de ocupación de este (ver Tabla 6.64 Figura 6.47).

Tabla 6.64 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de densidad de asentamientos humanos

Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Muy baja	8.759,35	83,21%
Baja	1.324,89	12,59%
Media	361,30	3,43%
Alta	81,61	0,78%
Total	10.527,14	100

Fuente: Integral S.A., 2026

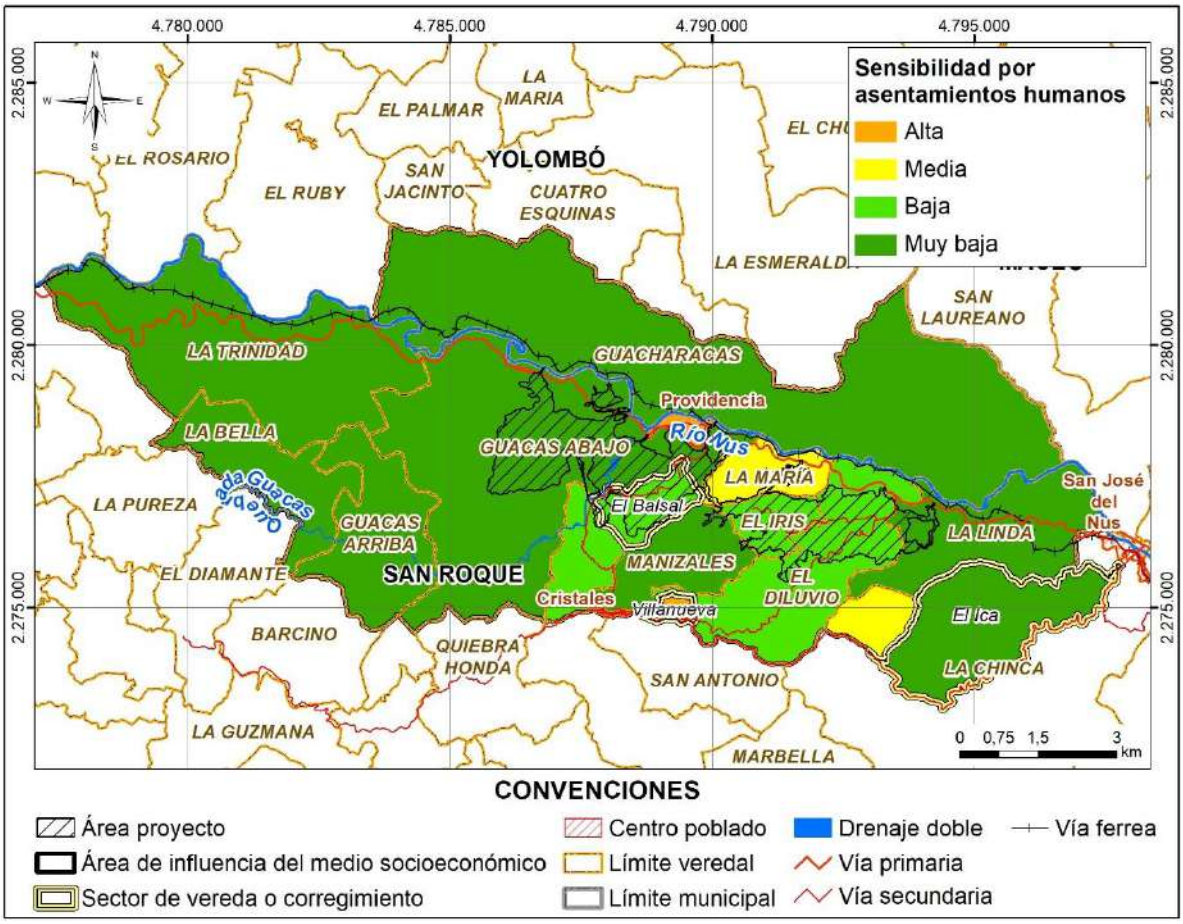

Figura 6.47 Sensibilidad ambiental por densidad de asentamientos humanos

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.3.6 Sensibilidad por áreas de infraestructura histórica y cultural

Para calificar la sensibilidad por infraestructura histórica y cultural, se reconocieron los sitios de importancia cultural caracterizados en el área de influencia. Las áreas sin un sitio con esta condición, de entrada, se calificaron como áreas de sensibilidad nula. Mientras tanto, para los sitios de importancia cultural, se emprendió una labor de espacialización: los sitios con declaratoria de bien de interés cultural (las estaciones de ferrocarril), se calificaron como de sensibilidad alta por su categoría de patrimonio, y se expresaron a partir del polígono de BIC contenido en el EOT de San Roque. Mientras tanto, los sitios sin declaratoria (iglesias y cementerios), se delimitaron a partir de polígonos que reconociesen su expresión en el territorio, y se ubicaron en las áreas de sensibilidad media (ver Tabla 6.65).

Tabla 6.65 Características consideradas para la zonificación ambiental por presencia de infraestructura histórica y cultural

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
Áreas sin infraestructura de importancia histórica y cultural. Al haber ausencia de estructuras con esta denominación, no se configuran factores de sensibilidad.	Nula	0
Áreas con infraestructura de importancia histórica y cultural sin declaratoria. Se reconoce la importancia de estos elementos en la vida cotidiana del AI y su configuración cultural; si bien la ausencia de declaratoria le desliga de los constreñimientos normativos de un bien declarado y por ello reduce la complejidad de su vulnerabilidad.	Media	3
Áreas con infraestructura de importancia y cultural con declaratoria. Se considera que los bienes con declaratoria contiene un amparo emanado de la legislación nacional, y que su vulnerabilidad adquiere más dimensiones por la complejidad de su constitución.	Alta	4

Fuente: Integral S.A., 2026

Al espacializar los criterios respecto al área de influencia, se observó que predominaban las áreas con sensibilidad nula: el 99,99% del territorio, unas 10.526,20 ha. Mientras tanto, el 0,01% (0,83 ha) se calificaron como de sensibilidad media, correspondiente a los polígonos de cementerios e iglesias identificados. La categoría de sensibilidad alta correspondió a 0,11 ha, el 0,001% del AI, asociado a los polígonos BIC en el AI (ver Tabla 6.66 Figura 6.48.

Tabla 6.66 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de presencia de infraestructura histórica y cultural

Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Nula	10.526,20	99,99%
Media	0,83	0,01%
Alta	0,11	0,001%
Total	10.527,14	100

Fuente: Integral S.A., 2026

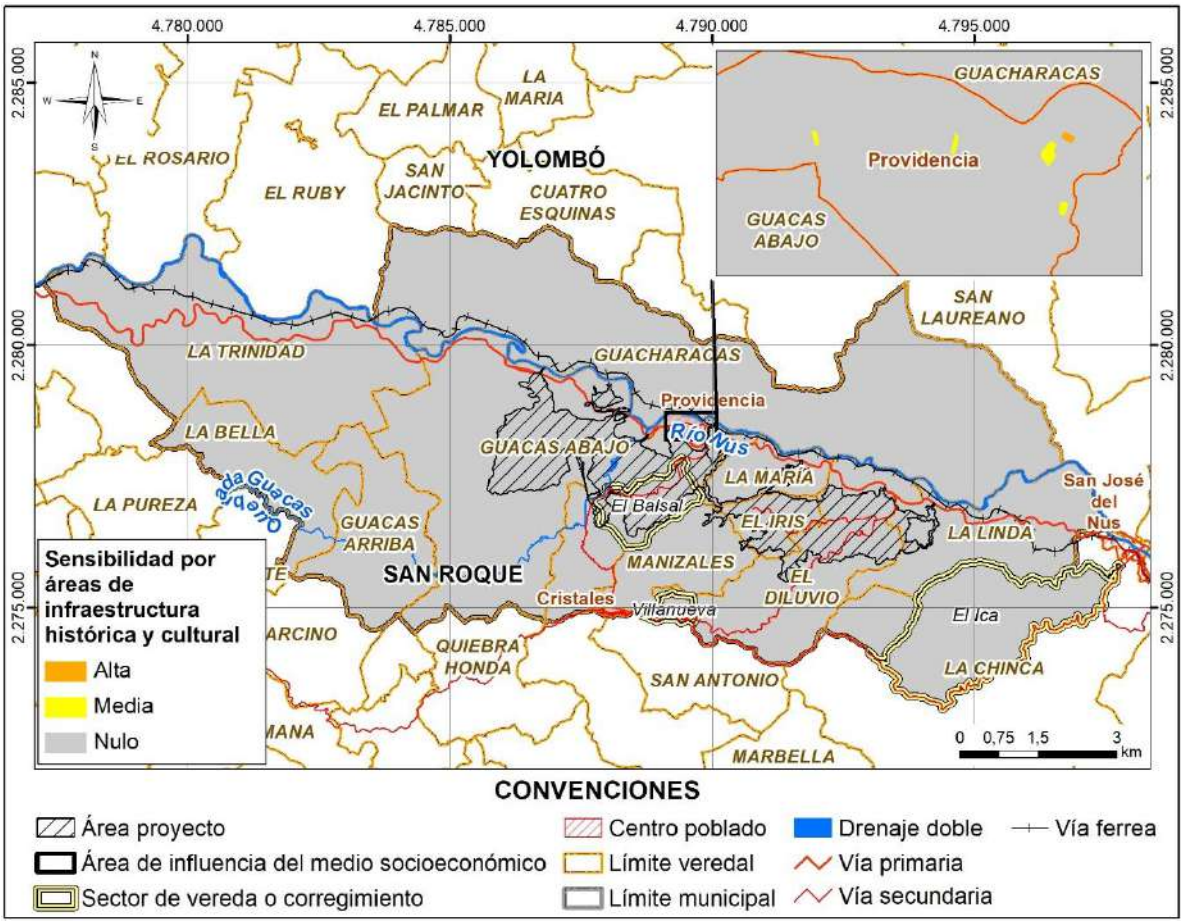

Figura 6.48 Sensibilidad ambiental por presencia de infraestructura histórica y cultural

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.3.7 Sensibilidad por presencia de población en el PAR

Para considerar la sensibilidad por presencia de población en el PAR, teniendo en cuenta posibles afectaciones por expectativas entre la población que le compone que pueda percibir cambios en el escenario de modificación, se identificaron las unidades territoriales asociadas para adjudicarles una sensibilidad alta al impacto de generación y/o transformación de conflictos socioambientales. El resto de las unidades territoriales en el área de influencia fueron categorizadas como de sensibilidad nula (ver Tabla 6.67).

Tabla 6.67 Características consideradas para la zonificación ambiental por presencia población en el Plan de Acción de Reasentamiento

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
Veredas sin población en el PAR, considerando que no habría elementos que les expongan a la materialización directa de un impacto por los cambios en el universo.	Nula	0

Características	Sensibilidad Ambiental	Calificación
Veredas con población en el PAR. Se señala alta sensibilidad por contener a la población que seguiría siendo sujeto de la medida de traslado, y/o la población que dejaría de ser incluida en el mismo, con lo que la unidad territorial podría ser susceptible de percibir el impacto de generación o alteración de conflictos socioambientales.	Alta	4

Fuente: Integral S.A., 2026

A la hora de aplicar las variables de espacialización respecto al área de influencia del medio socioeconómico, se incluyeron en sensibilidad alta a las veredas con población en el PAR: El Iris, La Trinidad, La María, Guacas Abajo (incluye al sector El Balsal), Manizales y El Diluvio, que juntas suman 5.014,56 ha, el 52,37% del AI. El resto de las localidades se clasificaron como de sensibilidad nula, y corresponden con 5.512,58 ha (47.63% del área de influencia). El detalle se aprecia en la Tabla 6.68 y la Figura 6.49).

Tabla 6.68 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de presencia de población en el Plan de Acción de Reasentamiento

Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Nula	5.512,58	47,63%
Alta	5.014,56	52,37%
Total	10.527,14	100

Fuente: Integral S.A., 2026

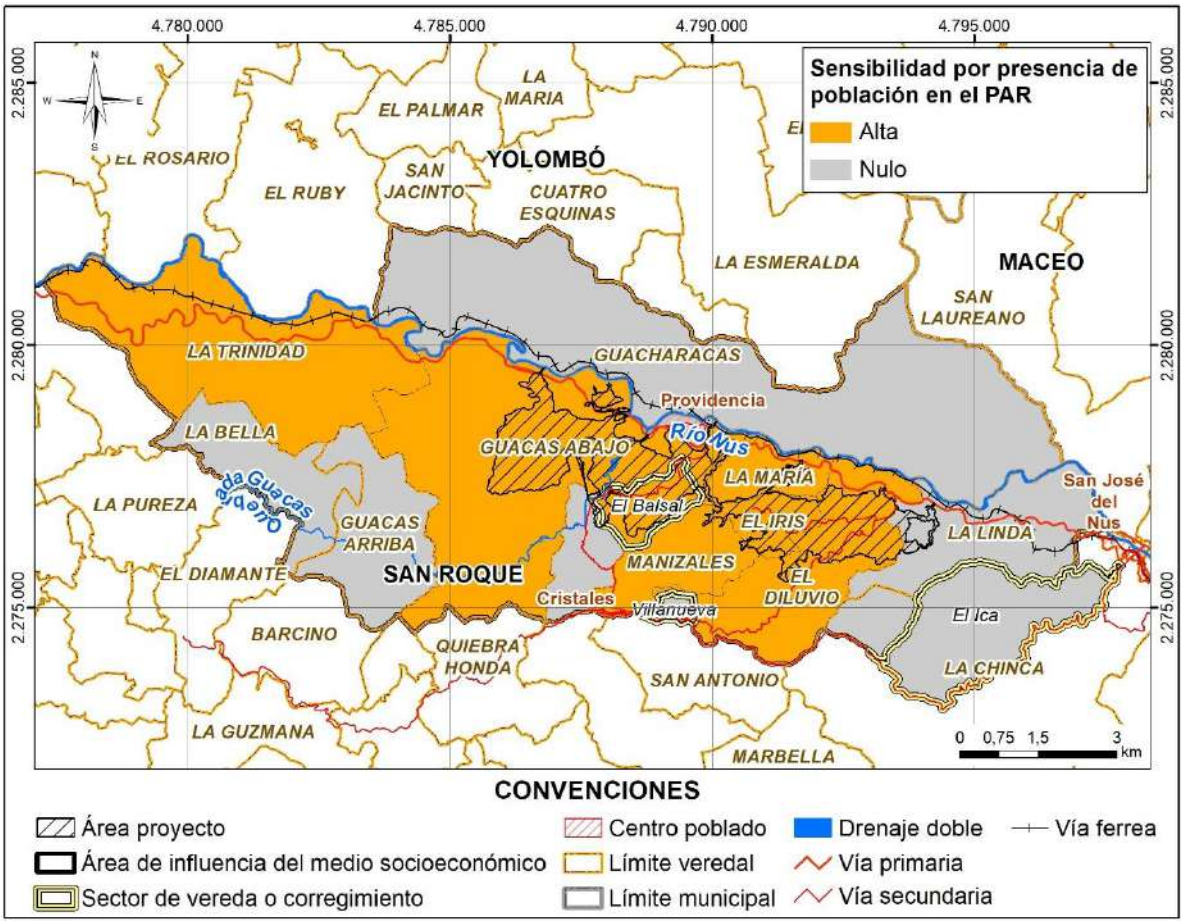

Figura 6.49 Sensibilidad ambiental por presencia población en el Plan de Acción de Reasentamiento

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.3.8 Sensibilidad por percepción del paisaje

Este numeral tiene en cuenta la variable de percepción del paisaje la cual integra los criterios visuales de calidad visual según el atractivo visual de una extensión de terreno, fragilidad visual a partir del grado de deterioro producto de pendientes, vegetación y accesibilidad, integridad escénica de acuerdo con su correspondencia cromática y escalas visuales según el nivel de detalle en el que se perciben las unidades de paisaje. Con base en estos criterios se define la zonificación del valor paisajístico, como se presenta en la caracterización del capítulo 5.1.3 paisaje para el área de influencia del medio socioeconómico. Las personas encuestadas identifican con claridad los lugares de interés y expresan de manera clara la valoración que tienen frente a las condiciones del paisaje y los servicios ecosistémicos que prestan en su conjunto, pero no mencionan un vínculo cultural con este. Por tanto, se establecen los niveles de sensibilidad de acuerdo con la calificación dada a la percepción de la comunidad de acuerdo con el nivel de agrado que

esta percibe de su entorno, tal como se presenta en la Tabla 6.69, por su parte en la Tabla 6.70 se presenta el porcentaje de ocupación y en la Figura 6.50, la localización de las áreas mencionadas.

Tabla 6.69 Características consideradas para la zonificación ambiental por la percepción del paisaje

Categoría	Características	Sensibilidad ambiental	Calificación
Percepción visual baja	Agrupa unidades de paisaje con atributos visuales degradados, mínima presencia de naturaleza, o integridad ecológica pérdida por daño reciente. Son paisajes fuertemente antropizados o dañados que presentan baja calidad visual o vulnerabilidad extrema con mínima capacidad de absorción. Requieren restauración prioritaria o monitoreo cercano	Baja	2
Percepción visual moderada	Agrupa unidades de paisaje con atributos visuales y ecológicos equilibrados, que presentan mezcla de elementos naturales y antrópicos en proporción moderada. Son paisajes mayormente funcionales con vulnerabilidad visual moderada que requieren manejo de mitigación visual y restauración selectiva para mantener calidad	Media	3
Percepción visual alta	Representan los ecosistemas más valiosos y preservados del área de estudio. Están constituidas predominantemente por bosques nativos o secundarios bien desarrollados, con presencia constante de agua (ríos, quebradas, manantiales) y fauna visible (aves, mamíferos). Su relieve es complejo y variado, generando paisajes visualmente dinámicos y armónicos.	Alta	4

Fuente: Integral S.A., 2026

Tabla 6.70 Porcentajes de ocupación de las categorías de sensibilidad para la variable de percepción del paisaje en el área de influencia socioeconómica del proyecto

Categoría	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
Percepción visual baja	Baja	153,38	1,46
Percepción visual moderada	Media	5.995,17	56,95
Percepción visual alta	Alta	4.378,60	41,59
Total		10.527,14	100,00

Fuente: Integral S.A., 2026

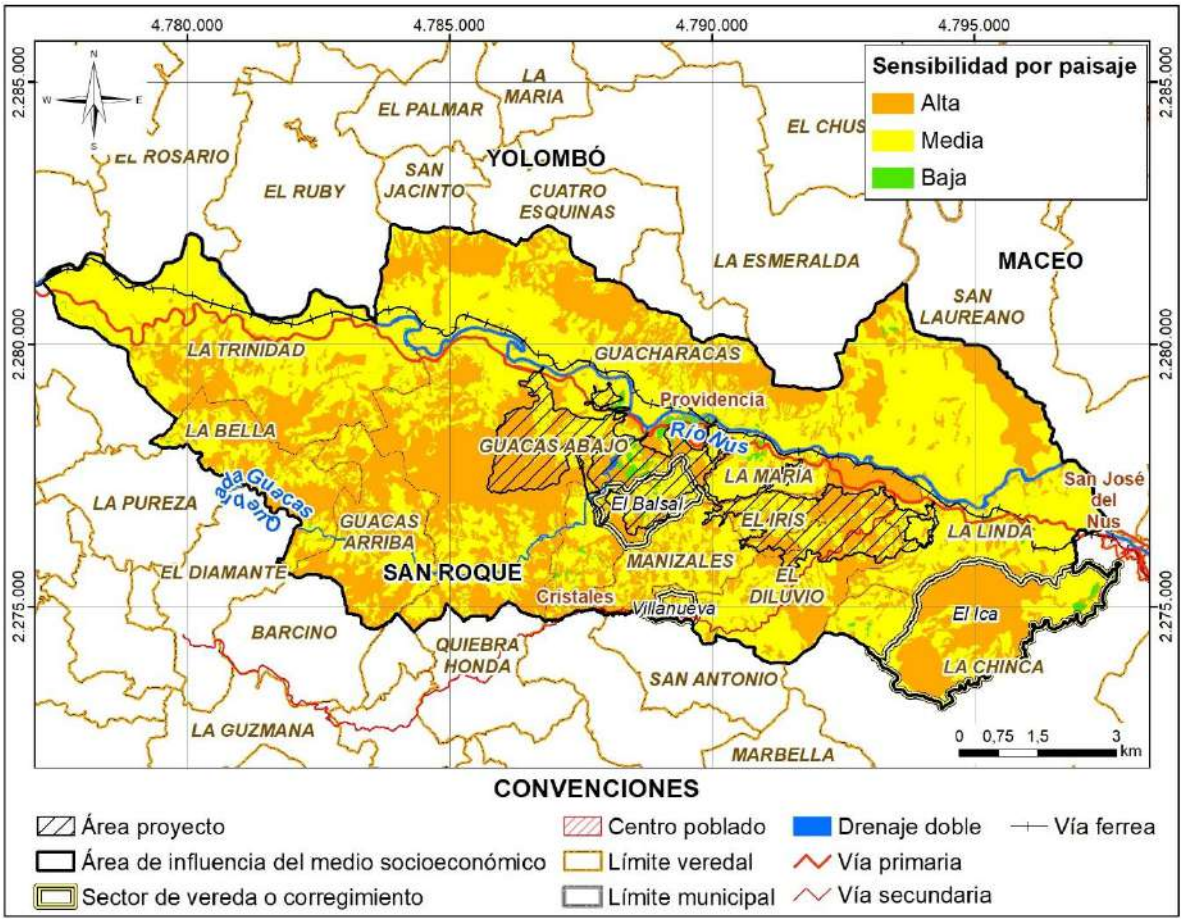

Figura 6.50 Sensibilidad ambiental por percepción del paisaje

Fuente: Integral S.A., 2026

6.2.3.9 Zonificación intermedia del medio socioeconómico

De la integración espacial de las variables: sensibilidad por producción económica agrícola, sensibilidad por producción económica ganadera, sensibilidad por dependencia de la minería, sensibilidad por áreas de infraestructura física y social, Asentamientos Humanos, Sensibilidad por áreas de infraestructura histórica y cultural, Sensibilidad por presencia de población en el plan de acción de reasentamiento – PAR, Sensibilidad por percepción del paisaje; se genera el mapa de sensibilidad del medio socioeconómico, dicho mapa nos proporcionará información de sectores críticos, sensibles o vulnerables desde el punto de vista socioeconómico, dentro del área de estudio.

Para elaborar el mapa se realiza un proceso algebraico a través de la herramienta SIG y la fórmula que se presenta a continuación. Las variables consideradas son acumulativas, dado que pueden darse simultáneamente en un mismo sitio o lugar.

$$S = \sum \{SEag, SEga, SDm, SIfs, As, SIhc, Spar, SPp\}$$

Ecuación 6.3 Sensibilidad del medio socioeconómico

Fuente: (Delgado Rivera, 2014). Adaptado por Integral S.A, 2026

S= Zonificación de sensibilidad ambiental para el medio socioeconómico, materializadas en la sensibilidad por producción económica agrícola (***SEag***), sensibilidad por producción económica ganadera (***SEga***), sensibilidad por dependencia de la minería (***SDm***), sensibilidad por áreas de infraestructura física y social (***SIfs)***, Asentamientos Humanos (***As***), Sensibilidad por áreas de infraestructura histórica y cultural (***SIhc***), Sensibilidad por presencia de población en el plan de acción de reasentamiento – PAR (***Spar***), Sensibilidad por percepción del paisaje (***SPp***).

Teniendo en cuenta que corresponde a una sumatoria de variables, se procede con una reclasificación en cuatro (4) rangos o categorías por medio del método Jenks en ArcGIS dado que agrupa valores similares minimizando la varianza dentro de cada clase y maximizando diferencias entre clases (Smith M., 2023), detectando "saltos naturales" en la distribución de datos, teniendo en cuenta que ninguno de los criterios presentó una categoría “Muy alta”, tal como se muestra en la Tabla 6.71 y Figura 6.51 (véase I-M-10719-GCLMEIA2-V1-ZON-06-ZONSOCIO).

Tabla 6.71 Clasificación y porcentajes de ocupación de sensibilidad en el área de influencia del medio socioeconómico

Rango	Sensibilidad ambiental	Área (ha)	Área (%)
<6	Muy baja	1.852,67	17,60
6 – 10	Baja	4.848,57	46,06
10 – 14	Media	2.512,33	23,87
> 14	Alta	1.313,57	12,48
Total		10.527,14	100,00

Fuente: Integral S.A., 2026 por medio de la reclasificación método Jenks en ArcGIS

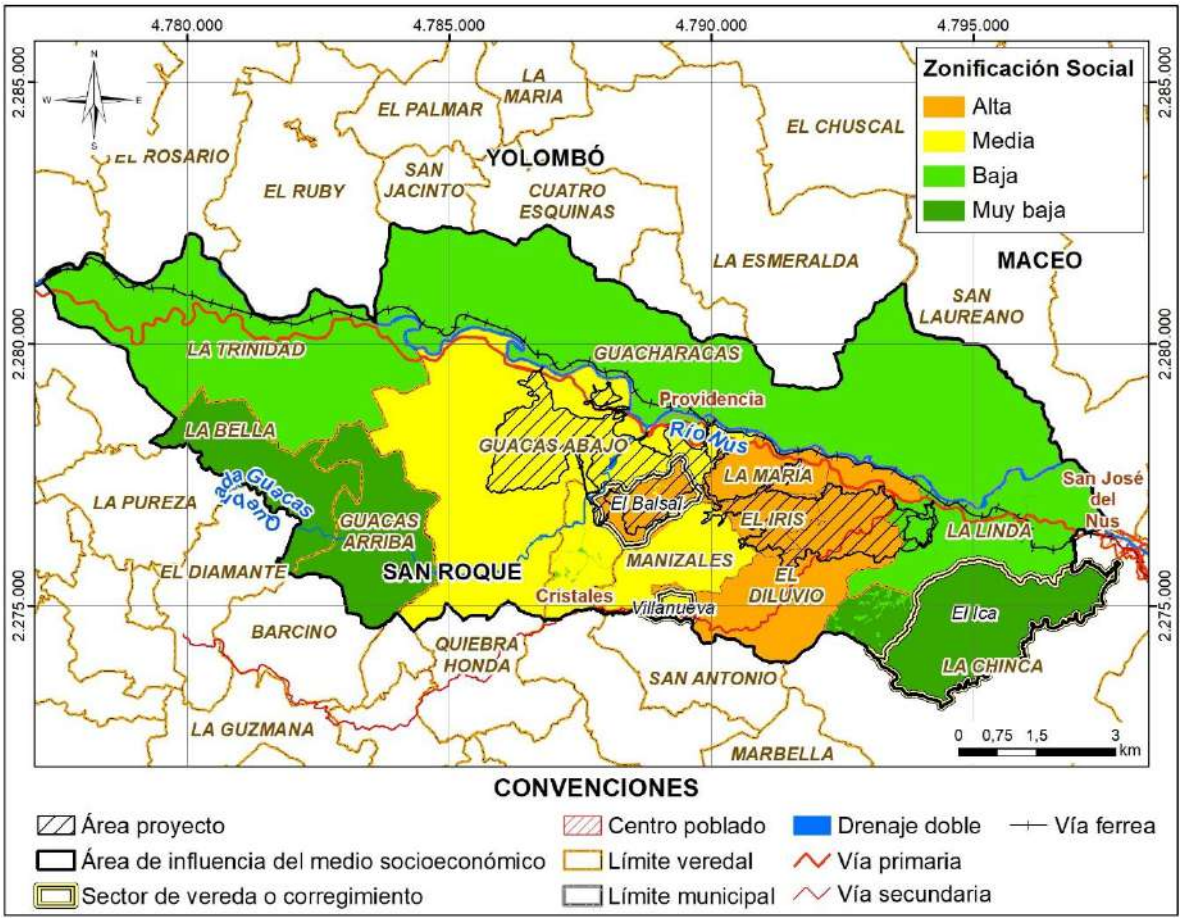

Figura 6.51 Zonificación intermedia del medio socioeconómico

Fuente: Integral S.A., 2026

Se observa en la distribución de sensibilidad que la mayoría se concentra en la variable de sensibilidad baja, llegando a un 46,06% del territorio (unas 4.848,57 ha). Esta se sigue de la sensibilidad media por ocupar un 23,87% del área de influencia (2.512,33 ha). La que sigue en importancia es la sensibilidad muy baja (17,60%, 1.852,67 ha) y la sensibilidad alta (12,48% del AI, 1.313,57 ha expresados entre las veredas La María, El Iris, El Diluvio y el sector El Balsal de la vereda Guacas Abajo).

6.3 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL FINAL

La superposición de las diferentes unidades que han sido establecidas por los especialistas en los aspectos abiótico, biótico y socioeconómico se realiza con base en el análisis y agrupamiento de los criterios, categorías y calificaciones anteriormente expuestas, las cuales son el fundamento para establecer las diferentes categorías de uso y restricción en la zonificación del manejo ambiental, según sea la actividad o proyecto por realizar (tipo de

intervención). Teniendo en cuenta dichas variables, la sensibilidad ambiental del área estará definida por la siguiente expresión:

$$ZA = \int \left(\sum Ab, Bio, S \right)$$

Ecuación 6.4 Zonificación de sensibilidad ambiental general

Fuente: (Delgado Rivera, 2014)

Teniendo en cuenta la Ecuación 6.4, las variables Abiótica (Ab), Biótica (Bio) y Socioeconómica (S) se encontrarán enmarcadas dentro de los rangos de 1 a 5 puntos, como se presenta en la Tabla 6.72, los cuales definirán la sensibilidad básica de las áreas comprendidas dentro de la zona de estudio en las categorías que se establecen de muy baja a muy alta sensibilidad. Es importante señalar todos los criterios tienen el mismo peso y se dividen en el número de capas que se superpongan, para después ser reclasificados en cinco (5) rangos o categorías por medio del método Jenks en ArcGIS dado que agrupa valores similares minimizando la varianza dentro de cada clase y maximizando diferencias entre clases (Smith M., 2023), detectando "saltos naturales" en la distribución de datos.

Tabla 6.72 Porcentajes de ocupación de sensibilidad ambiental final en el área de influencia del proyecto

Rango	Sensibilidad ambiental	Valor	Área (ha)	Área (%)
< 1,5	Muy baja	1	5.052,55	48,00
1,5 - 2	Baja	2	1.263,49	12,00
2 - 3	Media	3	2.462,04	23,39
3 - 4	Alta	4	907,81	8,62
> 4	Muy alta	5	841,25	7,99
Total			10.527,14	100,00

Fuente: Integral S.A., 2026 por medio de la reclasificación método Jenks en ArcGIS

Como se puede observar en la Tabla 6.72 y en la Figura 6.52 (véase I-M-10719-GCLMEIA2-V1-ZON-06-ZONDEF), predomina la sensibilidad muy baja, con el 48,00%, seguida de la sensibilidad media y baja con el 23,39% y el 12,00% respectivamente, seguida de la sensibilidad alta con el 8,62% y por último la sensibilidad muy alta con el 7,99%.

De lo anterior se identifica que las zonas con sensibilidad ambiental muy baja corresponden a zonas que presentan interacción entre variables de muy baja a baja sensibilidad social, muy baja sensibilidad abiótica y baja a muy baja sensibilidad biótica, las cuales están asociadas Mosaicos cultivados intensivos y pastos limpios mejorados en planicies aluviales estables con pendientes mínimas, sin corredores ecológicos ni especies CITES/UICN, y cobertura vegetal de bajo valor de conservación, sectores con muy baja densidad poblacional, sin población en el plan de acción de reasentamiento, presencia de bienes de interés cultural relevantes, con una baja sensibilidad ante procesos erosivos, baja sensibilidad ante procesos de remoción en masa y una sensibilidad baja de sensibilidad por conflictos de uso del suelo; indicando que son zonas estables, con baja susceptibilidad a avenidas torrenciales, no presentan inundación, acuíferos poco vulnerables y presentan armonía con el uso actual y potencial en la actualidad.

Para las zonas con sensibilidad ambiental baja corresponden a zonas que presentan interacción entre variables de baja a muy baja sensibilidad social, moderada a baja sensibilidad abiótica y moderada a muy baja sensibilidad biótica, las cuales están asociadas a presencia de pastos limpios y mosaico de cultivos en zonas de estabilidad geotécnica poco dependiente (baja) y susceptibilidad baja a movimientos en masa/erosión, sin presencia de fauna sensible ni corredores críticos, densidad poblacional bajas, sin población en el plan de acción de reasentamiento, con conflictos mínimos de uso del suelo, zonas no inundables con vulnerabilidad baja de acuíferos localizadas en planicies aluviales estables del río Nus.

En cuanto a las zonas con sensibilidad ambiental moderada corresponden a zonas que presenta interacción entre variables de muy alta a baja sensibilidad social, moderada a muy baja sensibilidad de los medios abióticos y bióticos, y en algunos casos a la alta sensibilidad ambiental biótica, las cuales están asociadas a vegetación secundaria y fragmentos boscosos (biótico media) en pendientes con estabilidad geotécnica moderada y erosión moderada, sin conflictos de uso del suelo pero con cobertura vegetal parcialmente intervenida por ganadería, veredas con densidad media (50 – 100 hab/km²) con iglesias/cementerios locales (sensibilidad social media) y susceptibilidad baja a avenidas torrenciales.

Las zonas con sensibilidad ambiental alta corresponden a zonas que presentan interacciones entre variables de muy alta a alta sensibilidad social, moderada a baja sensibilidad de los medios abióticos y bióticos, y en algunos casos a la alta sensibilidad ambiental biótica, las cuales están asociadas a veredas con población en PAR (La María) donde la densidad >100 hab/km² y presencia de reasentamiento (La María, La Trinidad, El Iris, El Diluvio, Manizales, Sector El Balsal de la vereda Guacas Abajo, Guacas Abajo) elevan la sensibilidad socioeconómica, pese a estabilidad geotécnica media y vegetación secundaria, así como a la presencia de bienes de interés cultural, (Estaciones Ferrocarril Caramanta, Guacharacas, Providencia) con declaratoria nacional (Dec. 746/1996), superpuestas a pastos arbolados y corredores riparios de sensibilidad biótica alta, así como a corredores fluviales del río Nus y quebradas tributarias (El Banco, San Antonio) que presentan manchas de inundación (abiótico alta) y conectividad ecológica moderada-alta para fauna.

Por último, las zonas con sensibilidad ambiental muy alta corresponden a zonas que presentan interacciones entre variables de muy alta sensibilidad social, muy alta a alta sensibilidad del medio abióticos, moderada a alta sensibilidad del medio biótico, y en algunos casos a la alta sensibilidad ambiental socioeconómica. Estas están asociadas a la complejidad estructural biótica muy alta (bosques densos), erosión acelerada (muy alta) y estabilidad geotécnica moderada, nodos críticos de conectividad ecológica en corredores riparios del río Nus y quebradas Guacas y El Banco, superpuestos a manchas de inundación, rondas hídricas de protección y presencia de fauna, así como, a la presencia de movimiento en masa que presentan cicatrices con vegetación secundaria de sensibilidad biótica alta, y grado de vulnerabilidad de especies de flora alta.

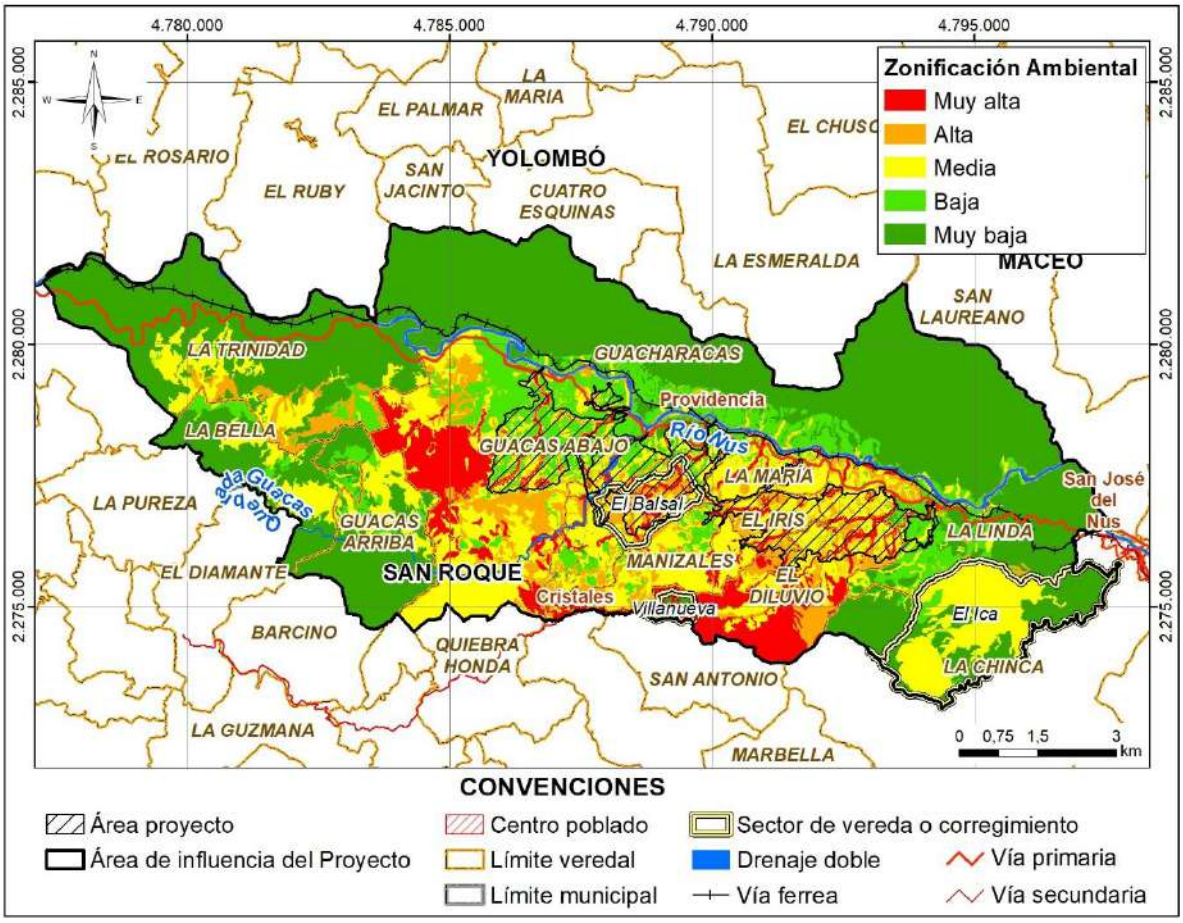

Figura 6.52 Zonificación ambiental final

Fuente: Integral S.A., 2026

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, R. D. (2015). *Calibración de los parámetros detonantes de la Metodología SES (1989) aplicada en la generación de un escenario de amenaza por deslizamientos en la ciudad de Cartagena.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Alcaldía Municipal de San Roque. (2022). *Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de San Roque - Actualizado 2022.* San Roque.

Arias-Alzate A. (2017). Felinos en los ecosistemas andinos de Antioquia. *Bosques Andinos, Estado Actual y Retos Para Su Conservación En Antioquia, 1(1),*, 295–314.

Barnes T. G. (1999). Landscape Ecology and Ecosystems Management. *Ecosistem&Biodiversity Publications*, 8.

Borga, M., Stoffel, M., Marchi, L., Marra, F., & Jakob, M. (2014). Hydrogeomorphic response to extreme rainfall in headwater systems: Flash floods and debris flows. *Journal of Hydrology*, 194 - 205.

Calle, G. (Julio de 2003). *Ecosistemas Estrategicos de Colombia*. Obtenido de Sociedad Geográfica de Colombia.

CITES. (2025). *Appendices*. Obtenido de Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora: https://cites.org/eng/app/appendices.php

CITES. (2025). *Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres: Apéndices I, II y III en vigor a partir del 7 de febrero de 2025.* Ginebra, Suiza: CITES.

CORNARE. (2014). *Acuerdo No. 312 del 4 de septiembre de 2014 por medio del cual se delimita, reserva y declara Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña. Corporación Autónoma Regional del Nordeste de Antioquia.*

Delgado Rivera, F. A. (2014). *Guía metodológica para la zonificación ambiental de áreas de interés petrolero* . Bogotá.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2005). *Atlas Estadístico. Tomo I Demográfico*. Recuperado el 28 de julio de 2025, de Densidad de la población en Colombia: https://geoportal.dane.gov.co/servicios/atlas-estadistico/src/Tomo_I_Demografico/2.2.3.-densidad-de-la-poblaci%c3%b3n-en-colombia.html

Empresas Públicas de Medellín. (2006). *Evaluación de impactos ambientales acumulativos sinérgicos e indirectos en la cuenca hidrográfica del río Porce con énfasis en el proyecto Porce III.* Medellín.

FAO. (1990). *Conservation de las tierras en América Latina.* Roma: FAO.

Forman R. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. .* Cambridge, UK.: Cambridge University Press.

Foster, S. S. (1987). Fundamental relationships between intrinsic susceptibility, human activity and groundwater vulnerability. En *Proceedings of the International Conference on Groundwater and Man* (págs. 467-473). British Geological Survey.

GCL, Gramalote Colombia Limited. (2015). *Estudio de impacto ambiental. Resolución 1514 del 25 de noviembre de 2015 y la Resolución 0309 del 29 de marzo de 2016.Expediente LAV0018-00-2015.* San Roque, Colombia: Gramalote Colombia Limited.

GCL, Gramalote Colombia Limited. (2018). *Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto Gramalote - proyecto de minería de oro a cielo abierto. Resolución 00782 del 08 de mayo de 2019.* San Roque, Colombia: Gramalote Colombia Limited.

IGAC & CORPOICA. (2002). *Zonificación de los conflictos de usos de las tierras en Colombia.* Bogotá: IGAC.

Instituto Humboldt. (2022). *https://reporte.humboldt.org.co.* Obtenido de https://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2020/cap1/102/#seccion7

MADS. (2010). DECRETO 2372 DE 2010. *Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones.*

MADS. (2024). *Resolución 0126 del 2024 . Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marina costera que se encuentran en el territorio nacional.* Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Maliakal S. (2003). Demografía y preferencias microambientales de dos especies endémicas de Florida en comparación con dos congéneres de amplia distribución: . *Ecosistemas*.

MAVDT; UAESPNN; DNP-SDAS. (2010). Documento CONPES. *LINEAMIENTOS PARA LA CONSOLIDACIÓN DEL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS*.

McRae BH. . (2012). *Pinchpoint Mapper Connectivity Analysis Software. .* Obtenido de The Nature Conservancy, Seattle, WA.: https://linkagemapper.org

Mesén, V. (2009). *Erosión y sedimentación en cuencas hidrográficas tropicales.* San José, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Minambiente. (s.f.). *Ministerio de Ambiente*. Recuperado el 10 de Enero de 2026, de Generalidades de los Ecosistemas Estrategicos: https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/generalidades-de-los-ecosistemas-estrategicos/

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Orientaciones para la definición y actualización de las determinantes ambientales por parte de las autoridades ambientales y su incorporación en los planes de ordenamiento territorial, 2da edición, Dirección de Ordenamiento Ambiental Territorial y SINA.* Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Morales-Betancourt, M. A., Lasso, C. A., Páez, V. P., & Bock., B. C. (2015). *Libro rojo de reptiles de Colombia.* Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Universidad de Antioquia.

Ramírez, F., & González, A. J. (1989). *Evaluación de estabilidad para zonas homogéneas. Simposio Suramericano de deslizamiento.* Paipa-Colombia.

Ramirez, F., & Gonzalez, A. J. (1989). Sistemas Semicuantitativo de Evaluación a Escala Intermedia de Zonas Homogéneas de Estabilidad -I. *Simposio Suramericano de Deslizamientos.* Paipa.

SIAC. (2025).

SIAC. (2025). *RREA (Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales)*. Obtenido de http://www.ideam.gov.co/web/siac/reaa

SIAC; RUNAP. (2025).

Smith M., G. M. (2023). *Geospatial analysis - a comprehensive guide to principles, techniques and software tools.* Chichester, UK: 6. ed Prof Paul A Longley & Associates.

UICN. (2025). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-1.* Obtenido de The IUCN Red List of Threatened Species.: https://www.iucnredlist.org.

Vargas, M. (2010). *Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación.* Bogotá: Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Viceministerio de Ambiente, Grupo de Recurso Hídrico.

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning.* Washington, DC: U.S. Government Printing Office.