

**GOBERNACION DE ANTIOQUIA
CONCESION TUNEL ABURRA – ORIENTE S.A.
PROYECTO CONEXIÓN VIAL ABURRA - ORIENTE
RESOLUCION 0456 DEL 12 DE JUNIO DE 2012- ANLA
RESERVA FORESTAL DE NARE Y RESERVA DE LA SOCIEDAD CIVIL MANO DE OSO
Análisis de Incidencia Ambiental por el Proyecto**

1. PRESENTACION

El presente documento contiene un análisis particularizado de la incidencia que pudiese derivarse hacia la Reserva Forestal de Nare y la Reserva de la Sociedad Civil Mano de oso, como resultado de la implementación del proyecto. Esto de conformidad con lo señalado en el numeral 21 y en el Parágrafo Primero del Artículo 2 de la Resolución 0456 del 12 de junio de 2012 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

2. CARACTERISTICAS AMBIENTALES DE LA RESERVAS

Dentro del área de influencia directa local, definida como aquella zona donde pueden o no presentarse impactos o afectaciones por el proyecto Conexión Vial Aburrá-Oriente. Hace parte de esta área el techo del túnel de Santa Elena donde está ubicada la Reserva Forestal Protectora Río Nare, cuya área total estimada en 2.224.28 hectáreas tan sólo 300 hectáreas hacen parte del área de influencia directa local del proyecto. Inmersa en esta se encuentra la nueva Reserva de la Sociedad Civil Mano de Oso con una extensión de 1.0509 ha.



Figura 1. Localización de Reservas Naturales del AID Local

Zonas de Reserva	Extensión (ha)
Reserva Nare	300,5
Reserva Mano de Oso	1,0509

Reserva Forestal Protectora Río Nare

La Reserva Forestal Protectora Río Nare fue declarada bajo la categoría de manejo de Reserva Forestal Protectora Nacional RFPN por medio del Acuerdo delINDERENA N°031 de 1970, aprobado por Resolución Ejecutiva No. 024 de 1971 del Ministerio de Agricultura, y redelimitada por la Resolución 1510 del 05 de agosto de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Se encuentra localizada en los municipios de Guarne y Medellín, en jurisdicción de las Corporaciones autónomas CORNARE y CORANTIOQUIA, con una extensión de 8.829 hectáreas. Hace parte del distrito "Bosques subandinos Quindío–Antioquia Central" de la Provincia Biogeográfica Morandini.

Con base en el sistema de zonas de vida de Holdridge (1982), y teniendo en cuenta los parámetros de biotemperatura, precipitación y evapotranspiración la RFPN del río Nare, en la intersección con el proyecto, se ubica sobre la zona de Vida Bosque Muy Humedo Montano Bajo (bmh-MB). La cual se halla entre los 2000 y 4000 msnm de precipitación y entre 12°C y 18°C de temperatura.

De acuerdo con la clasificación de la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra y la metodología del Corine Land Cover de 2010 adaptada para Colombia, la RFPN del Río Nare presenta las siguientes coberturas:

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	EXTENSIÓN (ha)
11	Zonas urbanizadas	3,0
21	Cultivos transitorios	5,6
22	Cultivos permanentes	6,2
23	Pastos	49,7
24	Áreas agrícolas heterogéneas	24,9
31	Bosques	82,0
32	Áreas con Vegetación Herbácea o Arbustiva	127,1
33	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	2,0
Total general		300,5

Tabla 1. Coberturas vegetales de la RFPN del Río Nare

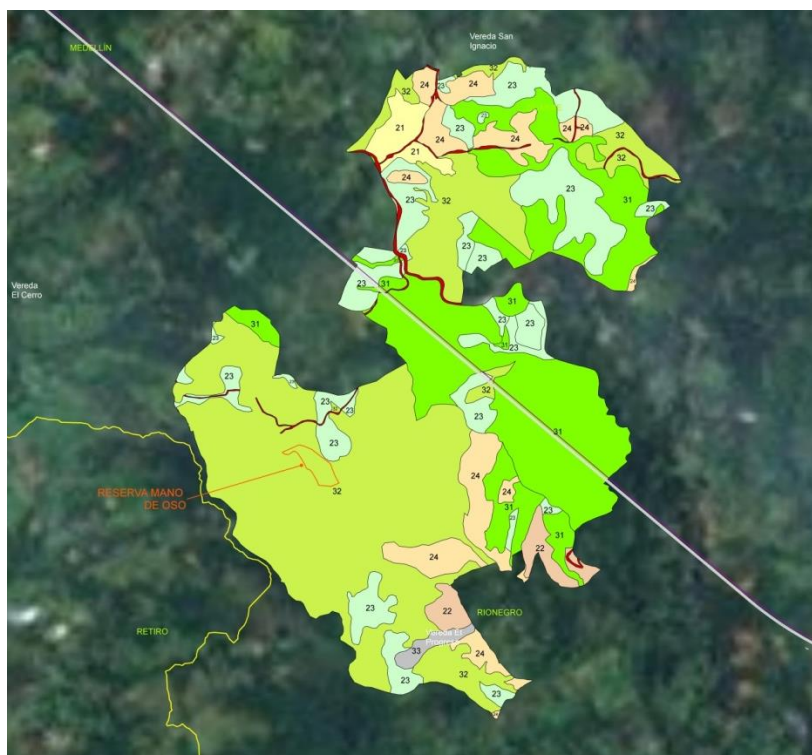


Figura 2. Coberturas vegetales de la RFPN del Río Nare

Reserva de la Sociedad Civil Mano de Oso

La Reserva de la Sociedad Civil Mano de Oso fue declarada Reserva según la resolución 0321 del 4 de junio de 2013 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Parques Nacionales Naturales de Colombia. Esta reserva está ubicada en el municipio de Rionegro, sector vía Santa Elena (Alto Las Brisas), vereda La Quebra, se encuentra traslapada con la Reserva Forestal Protectora Río Nare, en las coordenadas geográficas X: 06°11'20.0" Y: 75°28'44.2" en la cota 2.501 m.s.n.m., con un área de 1.0509 hectáreas., actualmente es la única cobertura que se presenta en estado de conservación y restauración pasiva del área de influencia de la microcuenca La Parra y Yarumal, ubicadas al interior del área de influencia de la Reserva Forestal Protectora Río Nare (RFPRN), áreas donde predominan las plantaciones comerciales con coníferas, monocultivos, pastoreo, con fragmentos de bosque natural estratégicos para este ecosistema de Bosque de andino.

La reserva de la sociedad civil Mano de Oso, hace parte del Anillo de Conservación o Cinturón Verde, que rodea al área metropolitana del Valle de aburra, los cuales están conformadas por la RFP- Río Nare al oriente, El DMI-divisoria de aguas Río Cauca, al Oeste, El alto San Miguel al Sur, en proceso de declaratoria, Las reservas de Quita sol y Piamonte al Norte y El cerro el volador y Nutibara en la parte Meridional, todas estas áreas consideradas estratégicas para la garantizar la conservación de la Diversidad Biológica, la oferta de Bienes y servicios ecosistémicos del AMVA del Área metropolitana valle de Aburra.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible propone los siguientes objetivos a la reserva de la Sociedad Civil Mano de Oso

- Asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos naturales para mantener la diversidad biológica, del Orobioma Medio de los andes.
- Garantizar la oferta de bienes y servicios ambientales especialmente el recurso hídrico de la Quebrada los Parras.
- Garantizar la permanencia del medio natural, para la pervivencia de especies de Flora tales como, *Quercus humboldtii* (Roble de tierra Fría), *Aniba spp* (Laureles), *Cedrela montana* (Cedro de tierra Fría).
- Mantener las coberturas naturales y aquellas en proceso de restablecimiento de su estado natural, así como las condiciones ambientales necesarias para regular la oferta de bienes y servicios ambientales.

La reserva de la Sociedad Civil Mano de Oso se localiza en el Gran Bioma Bosque húmedo tropical. Donde se identificó un bioma perteneciente al **orobioma medio de los Andes**, el cual se caracteriza por presentar una temperatura entre 12 – 18°C y una altitud entre 1.800 – 2.790 msnm y hace parte del piso térmico frío. De igual manera, se identificó un ecosistema, **Bosque natural fragmentado del orobioma medio de los Andes** con un área de una hectárea.

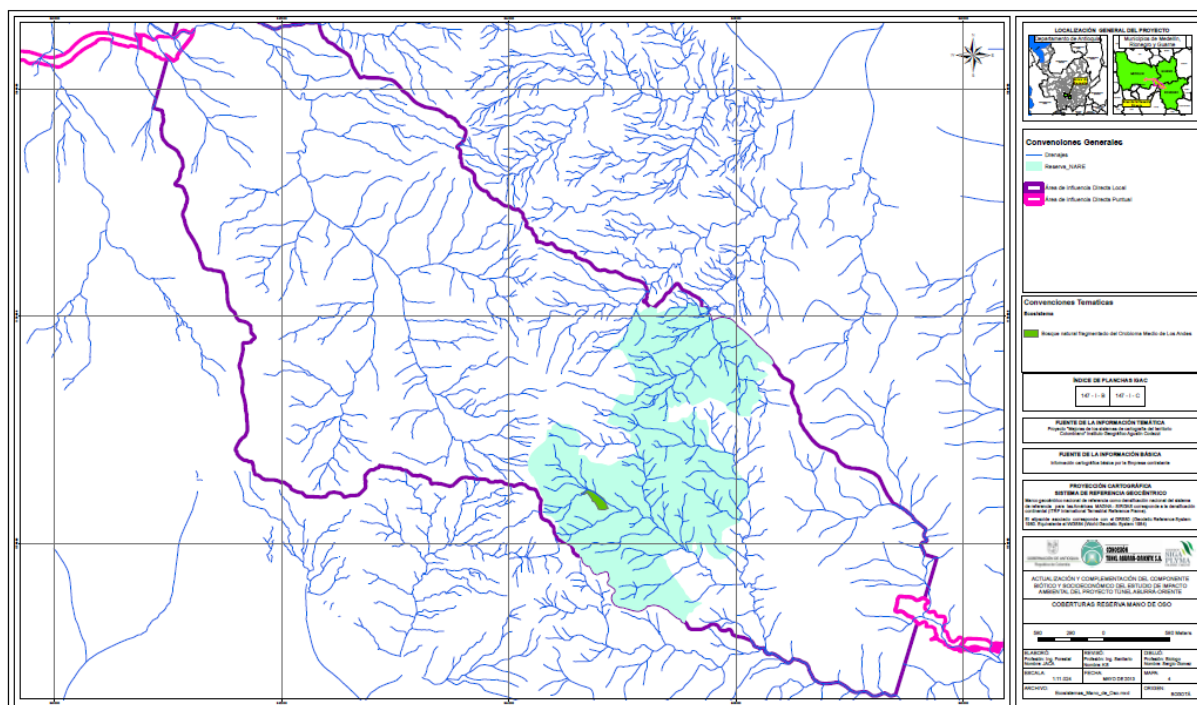


Figura 3. Ubicación del Bosque natural fragmentado del orobioma medio de los Andes

Con base en el sistema de zonas de vida de Holdridge (1982), y teniendo en cuenta los parámetros de biotemperatura, precipitación y evapotranspiración la reserva de la Sociedad Civil Mano de oso presenta la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB). La cual se halla entre los 2200 y 2350 msnm, entre 12°C y 18°C de temperatura. La precipitación en la zona de vida se encuentra entre 1000 y 2000 mm anuales.

De acuerdo a la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra y la metodología del Corine Land Cover de 2010 adaptada para Colombia, se determinó la cobertura para

la reserva de la Sociedad Civil Mano de Oso. Bosque natural fragmentado medianamente denso, en su mayoría con evidencias de intervención antrópica, como por ejemplo el aprovechamiento de madera u otros recursos del bosque y la conversión hacia otros tipos de cobertura, tales como cultivos agrícolas y zonas de pastoreo. De esta manera, los bosques naturales fragmentados se pueden originar, a partir del aprovechamiento de recursos en un bosque primario y en estado de conservación, para extraer principalmente la madera, donde se realizan talas de árboles de grandes diámetros y determinadas especies que da como resultado un cambio en las características del ecosistema.

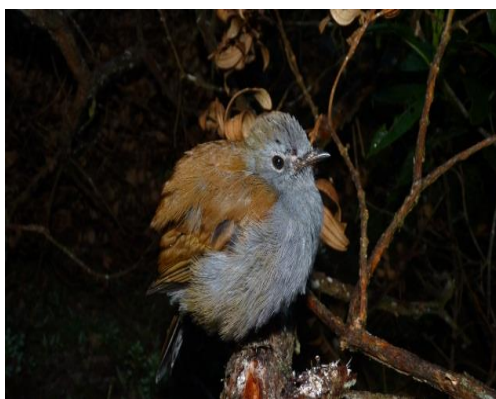
Dentro del área de estudio, el bosque natural fragmentado presenta diferentes condiciones y características en cuanto a la composición florística, estructura y dinámica, debido a que esta cobertura se encuentra en diferentes estadios sucesionales o de desarrollo (asociados a diferentes edades), destacándose los estadios tempranos, intermedios y tardíos.

En esta cobertura de bosque se encuentra en un estado de desarrollo y crecimiento medio, donde han transcurrido varios años desde que el repoblamiento y la revegetalización iniciaron, mostrando un avance en la sucesión pasando de temprana a intermedia.

Presentan especies vegetales en mediano estado sucesional que se observan dentro de los rodales con algunos individuos de porte mediano, con diámetros entre 20 y 30 centímetros y alturas que alcanzan hasta 16 metros.

La comunidad de aves de la Reserva de la Sociedad Civil Mano de Oso se caracteriza por ser una comunidad diversa con especies típicas de hábitats tanto conservados, como fragmentados.

Las especies más abundantes fueron la lira (*Myadestes ralloides*), el colibrí (*Haplophaedia aureliae*), el pisco (Synallaxis azarae), la mirla (*Turdus fuscater*), la reinita migratoria (*Dendroica fusca*), el afrecherero (*Zonotrichia capensis*), entre otros. Estas especies son indicadores de hábitats con intervención humana y por ende, son tolerantes a las perturbaciones. Adicionalmente, pertenecen a gremios tróficos diferentes, indicando que el ambiente tiene una variada disponibilidad de nichos.



Myadestes ralloides. Lira

De las 62 especies de aves reportadas una especie se encuentra bajo la categoría de casi endémicas (*Myioborus ornatus*) y 4 son endémicas para Colombia (*Odontophorus hyperythrus*, *Ortalis columbiana*, *Hypopyrrhus pyrohypogaster*, *Ramphocelus flammigerus*). Además, 3 de estas especies se encuentran amenazadas ya sea bajo el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo o bajo la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). A continuación se hará una breve descripción para el caso cada una de las especies endémicas y amenazadas.

El bosque natural se caracterizó por presentar estados sucesionales intermedios debido a que las especies más abundantes fueron aquellas que son comunes y pioneras, sin embargo, se hallaron algunas especies de gran fuste e importantes a nivel de endemismo, veda y amenazadas.

La comunidad de la fauna vertebrada (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) de la Reserva de la Sociedad Civil Mano de Oso si bien se caracteriza por habitar áreas perturbadas, sus especies cumplen diversas funciones importantes para mantener los bosques naturales fragmentados entre ellos los murciélagos.

Se hallaron cinco especies registradas en alguna categoría de amenaza por la IUCN, CITES, libros rojos y los listados del MAVDT, un anfibio (*Colostethus fraterdanielli*), un reptil (*Clelia clelia*) tres aves (*Hypopyrrhus pyrohypogaster*- Cacique candela, *Odontophorus hyperythrus*- perdiz y *Iridosornis porphyriocephalus*- tångara de capa azul). Respecto al endemismo se encontraron siete especies, dos anfibios, un reptil y cuatro aves.

3. MUESTREOS DE COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Como en estas zonas no se tiene proyectado por parte del proyecto, realizar remoción de cobertura vegetal, se realizaron parcelas de caracterización que incluyeron además del censo de Fustales, latizales y brinzales y el registro de epífitas vasculares.

Para la caracterización florística de la reserva, se realizaron 3 parcelas con un área cada una de 1000 m² (50 m x 20 m), localizadas en dos coberturas. La densidad arbórea promedio en las tres coberturas es de 237, registrándose un promedio de 2367 individuos por hectárea. En la siguiente tabla se presenta la información de dichas parcelas.

No.	Sitio	Cobertura	Coord. X	Coord. Y
1	Acueducto Atehortúa (Vereda La Quiebra)	Bosque Natural Fragmentado	844608	1176974
2	El Mirador (Vereda el Cerro)	Bosque Natural Fragmentado	844303	1177171
3	Finca Sanmarcanda (Vereda El Progreso)	Plantación Forestal	845118	1176098

Tabla 2. Localización Parcela de muestreo. *Muestreo, 2013.*

Teniendo en cuenta las tres unidades de muestreo (fustales latizales y brinzales), se realizó el censo en las dos coberturas de interés. Los individuos están agrupados en 38 familias y 86 especies.

El análisis de composición florística se realizó con base en las coberturas vegetales identificadas en el área de influencia, las familias con mayor número de individuos, hacen referencia a las Ericaceae y Melastomataceae con poca diferencia en los individuos censados, seguido de Bromeliaceae, Clusiaceae y Winteraceae, a su vez se encontraron pocos representantes de las Familias Clethraceae y Escalloniaceae. Las especies más representativas hacen referencia a *Cavendishia pubescens* con 57 individuos, *Drymis granadensis* con 49 individuos y *Racinaea cf. tetrantha* con 45 individuos.

En el censo realizado en esta área, se registraron 98 epifitas que pertenecen a 22 especies y 9 familias. Éstas se encuentran vedadas para todo el territorio Nacional.

Las especies en la categorías de brinzales y latizales características de bosques naturales fragmentados son especies heliófitas y a medida que avanza el proceso de sucesión generan condiciones favorables de sombrío para el establecimiento de otras. En la cobertura de plantación forestal las mayores alturas se registraron para especies como *Pinus patula* con 20 m, *Cupressus lusitanica* con 17 m y *Eucalyptus globulus* con 12,5 m de altura.

En los muestreos realizados, se encontró 47 individuos de la especie *Hieronyma antioquiensis*, que presenta la categoría de amenaza EN (En peligro) y por lo tanto, se presentó un manejo especial de la especie dentro de los presentes estudios. Así mismo se realizó el levantamiento de veda nacional de la especie *Cyathea caracasana* de la familia Cyatheaceae, conocido como helecho arbóreo, la cual se encuentra vedada de manera permanente en todo el territorio nacional en términos de aprovechamiento, comercialización y movilización, mediante la resolución 0801 de 1977 (INDERENA).

Reserva Mano de Oso

Se registraron 301 individuos distribuidos en 29 familias y 51 especies. Las familias con mayor número de individuos es Ericaceae (52) seguida por Melastomataceae (35), Pinaceae (33), Winteraceae (23), Rubiaceae con 19 individuos, Clusiaceae (18), Euphorbiaceae (17) y Cyatheaceae (15) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Las especies más abundantes fueron *Cavendishia pubescens* con 36 individuos, *Pinus patula* (33), *Drymis granadensis* con 23 individuos, *Miconia cf. resima* con 15 ejemplares, *Palicourea perquadrangular* (15), *Myrcia cf. Splendens*, *Axinaea macrophylla* y *Cyathea caracasana* cada una con 14 individuos.

En el censo realizado en esta área, se registraron 7 epifitas que pertenecen a 3 especies y 3 familias. Éstas se encuentran vedadas para todo el territorio Nacional.

4. ESCENARIOS EN LAS RESERVAS

De acuerdo a lo establecido en los diseños técnicos, **la RFPN del Río Nare no es interceptada en forma directa por el proyecto**, pues la condición de paso de este en la zona, es mediante la tipología de obra subterránea (túnel Santa Elena), en su extremo suroccidental, entre las progresivas PK15+340 y PK16+740 aproximadamente (1400 m). Para el caso de la RSC Mano de oso esta no se ve interceptada por ningún tipo de obra del proyecto Conexión vial Aburrá – Oriente.



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	EXTENSIÓN (ha)
11	Zonas urbanizadas	0,12
23	Pastos	0,31
31	Bosques	5,3
32	Áreas con Vegetación Herbácea o Arbustiva	0,05

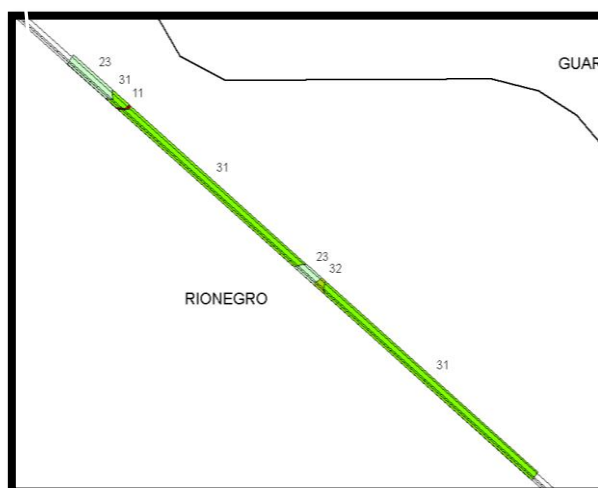


Figura 4. Escenarios de intervención de las reservas con el proyecto

Ante la potencial probabilidad de afectación de los puntos de agua identificados en las reservas descritas, se realizó el siguiente análisis en función de las condiciones constructivas del túnel Santa Elena:

El área de la Reserva del Nare localizada dentro de la zona de influencia del Túnel Santa Elena es de aproximadamente 300,5 hectáreas y es interceptada subterráneamente por el trazado del túnel entre las progresivas aproximadas PK15+340 y PK16+740. La valoración de la probabilidad de afectación de los puntos de agua identificados en la reserva, se realizó bajo las siguientes condiciones constructivas del túnel Santa Elena:

- **Primer escenario:** análisis tomando en cuenta la excavación de dos tubos, **sin considerar** la aplicación de revestimientos y tratamientos con **pre-inyecciones** de consolidación e impermeabilización de las zonas de falla y/o zonas intensamente fracturadas presentes en el macizo rocoso interceptado por el túnel.
- **Segundo escenario:** análisis tomando en cuenta la excavación de dos tubos, **considerando** la presencia de revestimientos y tratamientos con aplicación de **pre-inyecciones** de consolidación e impermeabilización de las zonas de falla y/o zonas intensamente fracturadas presentes en el macizo rocoso interceptado por el túnel. En este escenario se asume que el caudal específico estabilizado al interior de la excavación en los tramos tratados con pre-inyección será equivalente al previsto por el Concesionario, es decir, igual o inferior a 0,5l/s/100m de túnel. Valor que resulta coherente con las especificaciones técnicas noruegas para túneles tratados con pre-inyecciones donde es necesario contener los flujos de agua al interior de las excavaciones subterráneas (Norwegian Tunnelling Society, 2011).

La probabilidad de afectación de cada punto de agua se obtuvo de acuerdo con la metodología de evaluación DHI (Drowdown Hazard Index), para los dos escenarios analizados (ver Figuras No. 1 y 2).

El primer escenario analizado, que toma en consideración la construcción del túnel sin tratamiento de impermeabilización, ha evidenciado que existen 11 **puntos de agua subterránea** y 2 puntos situados en **curso de agua superficial** con probabilidad de afectación de baja hasta media - alta, con categoría de riesgo clase 2 y 3 (Ver Tabla 3, Tabla 4 y Figura 5).

Cuando los mismos puntos de agua identificados en la reserva son analizados bajo **el segundo escenario constructivo** que contempla la aplicación de tratamientos de impermeabilización a través de pre-inyecciones, **no se prevé afectación en ninguno de ellos**, lo que según el método aplicado corresponde a una clase DHI igual a 1 (Ver Tabla 3, Tabla 4 y Figura 6).

Tabla 3. Puntos de agua subterránea identificados durante los inventarios realizados en la Reserva del Nare y su probabilidad de afectación bajo dos escenarios constructivos del túnel Santa Elena, sin y con pre-inyecciones de impermeabilización.

Código	Tipo	Probabilidad de afectación (método DHI)		Localización
		Sin pre-inyecciones	Con Pre-inyecciones	
AST-167	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-168	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-169	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-171	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-253	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-260	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-261	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-262	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-188	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-187	Manantial	Baja	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-177	Manantial	Media a Alta	Despreciable	Límite "W" de la reserva
AST-273	Manantial	Media a Alta	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-271	Manantial	Media a Alta	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-272	Manantial	Media a Alta	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-269	Manantial	Media a Alta	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-270	Manantial	Media a Alta	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-274	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-268	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-267	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-165	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-164	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva

Código	Tipo	Probabilidad de afectación (método DHI)		Localización
		Sin pre-inyecciones	Con Pre-inyecciones	
AST-218	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-219	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-141	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-138	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-140	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-139	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-157	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-162	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-163	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-190	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-231	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-230	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-222	Manantial	Baja	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-221	Manantial	Baja	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-220	Manantial	Media a Alta	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-223	Manantial	Media a Alta	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-137	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-225	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-224	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-160	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-159	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-158	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-134	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-135	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
AST-136	Manantial	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva

Fuente: Consorcio Geodata,2013

Tabla 4. Puntos sobre cursos de agua superficial identificados en la Reserva del Nare y su probabilidad de afectación bajo dos escenarios constructivos del túnel Santa Elena, sin y con pre-inyecciones de impermeabilización.

Código	Tipo	Probabilidad de afectación (método DHI)		Localización
		Sin pre-inyecciones	Con Pre-inyecciones	
SE13	Pto curso agua	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
SE28	Pto curso agua	Media a Alta	Despreciable	Dentro de la reserva
SE27	Pto curso agua	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
SE29	Pto curso agua	Media a Alta	Despreciable	Límite "E" de la reserva
SE16	Pto curso agua	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
SE17	Pto curso agua	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
SE18	Pto curso agua	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva
SE19	Pto curso agua	Despreciable	Despreciable	Dentro de la reserva

Fuente: Consorcio Geodata,2013

En el anexo único se incluye la tabla de cálculo del DHI sobre los puntos de agua identificados en la Reserva del Nare para los dos escenarios considerados (véase anexo único).

CONVENCIONES TEMÁTICAS

Tipo de punto de agua

- AST-048 Manantiales y código
- ⊠ AST-021 Pozos, Aljibes y código
- ◻ ASP-033 Cursos de agua y código
- ☆ SE1 Puntos críticos y código

Índice de probabilidad de afectación de los puntos de agua (Metodo DHI)

PUNTO DE AGUA		Probabilidad	Valor DHI	Clase DHI
superficial	subterráneo			
△ ☆	○ ⊠	despreciables	< 0.16	1
▲ ☆	● ⊠	baja	0.16 - 0.24	2
▲ ☆	● ⊠	medio/alta	> 0.24	3

Tramo de río con una probabilidad baja de reducción de caudal

Tramo de río con una probabilidad medio/alta de reducción de caudal

Reserva Del Nare

Reserva Mano de Oso

CONVENCIONES GENERALES

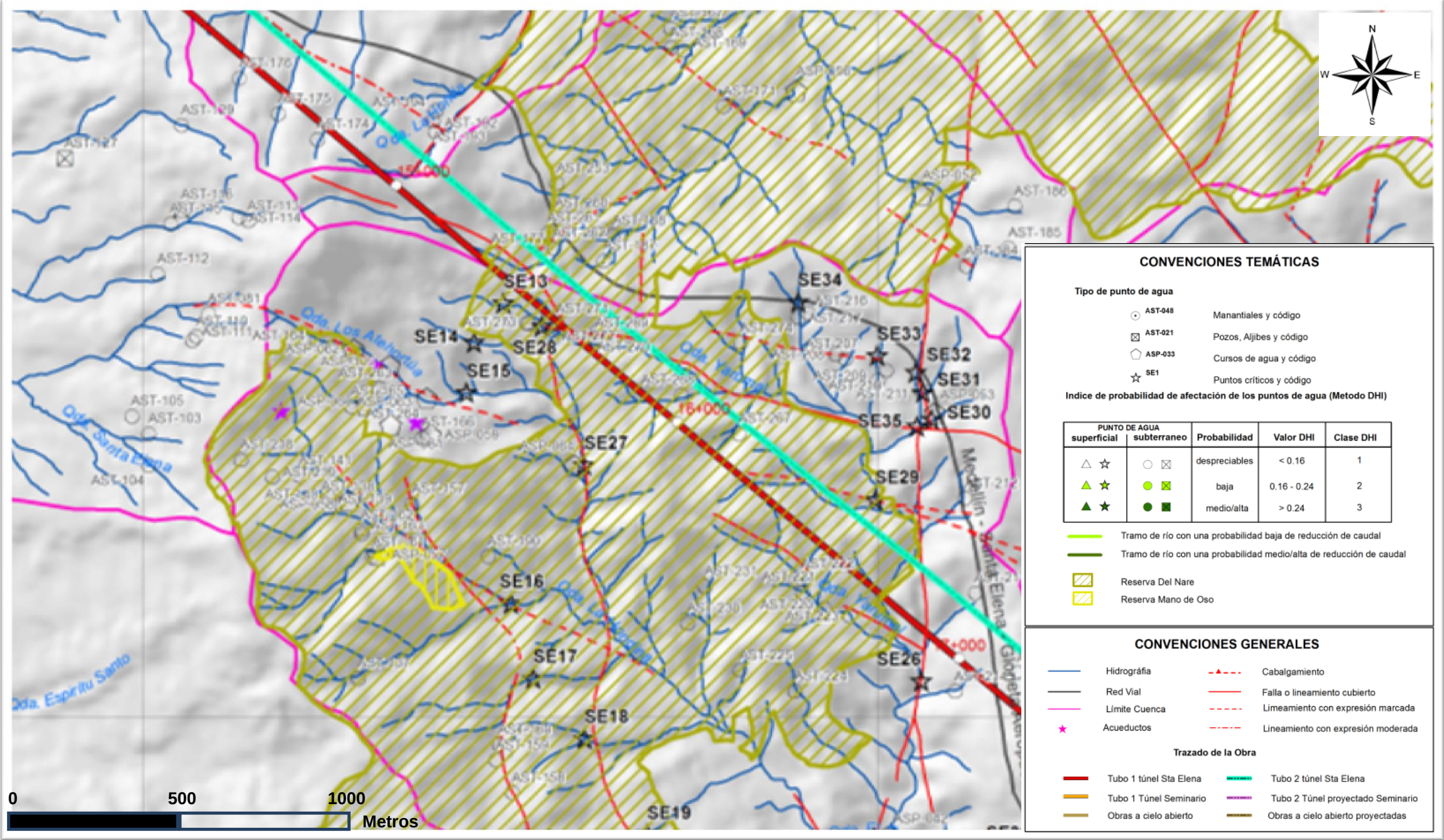
- Hidrografía
- Red Vial
- Límite Cuenca
- Acueductos
- Cabalgamiento
- Falla o lineamiento cubierto
- Lineamiento con expresión marcada
- Lineamiento con expresión moderada

Trazado de la Obra

- Tubo 1 túnel Sta Elena
- Tubo 1 Túnel Seminario
- Obras a cielo abierto
- Tubo 2 túnel Sta Elena
- Tubo 2 Túnel proyectado Seminario
- Obras a cielo abierto proyectadas

Informe Final

Figura. 6: Parte del mapa general de afectación que indica el probable impacto sobre puntos de agua en superficie debido a la construcción del túnel Santa Elena. En este caso específico se muestran los puntos de agua localizados en la Reserva del Nare que han sido identificados durante los inventarios realizados en época de verano e invierno respectivamente (círculos y triángulos). La probabilidad de afectación se ha calculado con el método DHI (Drowdown Hazard Index), considerando el escenario que contempla la ejecución de pre-inyecciones en las zonas de falla y/o zonas de intensa fracturación del macizo rocoso interceptado por el túnel. El polígono de verde olivino y achurado del mismo color, representa el área de la Reserva. Bajo este escenario, no se prevé afectación sobre los puntos de agua identificados o ésta se considera despreciable desde el punto de vista probabilístico (clase DHI igual a 1).



Fuente:

Consorcio

Geodata,

2013

4.1 Probabilidad De Afectación Punto De Agua Localizado En La Reserva Mano de Oso.

El área de la Reserva Mano de Oso está contenida en el área de la reserva del Nare y a su vez se encuentra localizada en la zona de influencia del Túnel Santa Elena. Corresponde a una pequeña reserva de aproximadamente 1,0509 hectáreas y no es interceptada por el trazado del túnel.

Durante los inventarios realizados por el Consorcio Geodata, en la Reserva Mano de Oso sólo se encontró un punto de agua, correspondiente a un manantial localizado en su límite oriental (AST-161). La valoración de la probabilidad de afectación de éste punto de agua subterráneo aplicando el método DHI, resulta ser de clase 1, es decir, no se prevé afectación o ésta se considera despreciable desde el puntos de vista probabilístico. En la figura 2 se representa la reserva mano de oso con el polígono de color amarillo ocre y el punto de agua asociado.

4.2 Breve Explicación del Método Dhi (Drowdown Hazard Index)

La metodología de cálculo utilizada para este análisis es conocida como *Drawdown Hazard Index* (DHI, Dematteis et al., 2001, Torri & Dematteis, 2007¹), fue presentada en el congreso mundial de túneles organizado por AITES ITA 2001, celebrado en Milano-Italia, y provee una definición probabilística acerca de la ocurrencia del fenómeno de afectación de los recursos hídricos debido a la excavación de obras subterráneas.

En la literatura existente, el tema relacionado con la probabilidad de afectación de puntos de agua en superficie debido a la construcción específica de túneles es tratado generalmente mediante enfoques cualitativos y subjetivos o mediante la aplicación de modelos numéricos de flujo aplicados a casos específicos. El método DHI utilizado en el presente estudio complementario para valorar la probabilidad de afectación de las fuentes de aguas superficiales debido a la construcción del túnel Santa Elena, representa el único método, según el conocimiento de los autores, que permite obtener un resultado mediante un proceso estandarizado y verificable.

Por las razones antes expuestas se concluye que el método DHI aplicado en el presente estudio complementario del componente hidrogeológico, constituye el método idóneo para llevar a cabo la valoración de afectación aquí relacionada, dado que fue concebido específicamente para este fin y el mismo ha sido aplicado con éxito en estudios análogos realizados para diferentes túneles, como por ejemplo túnel del Perthus (España-Francia), túnel Torino-Lyon (Italia-Francia), túnel Villarodaine Bourget (Francia) y túnel Terzo Valico (Italia).

La metodología DHI (Drawdown Hazards Index), se basa en un enfoque multifactorial, verificando para cada punto de agua las siguientes variables:

1. Distance from the Tunnel (Distancia desde el túnel)

¹ Dematteis, A., Kalamaras, G., Eusebio, A. (2001). "A systems approach for evaluating springs drawdown due to Tunnelling", AITES-ITA 2001 World Túnel Congress, Milano, Italy 10-13 June, II, pp. 257-264.

Torri, R., Dematteis, A. (2007). "Drawdown hazard of springs and wells in Túneling: predictive model and verification" Proc. XXXV IAH Congress, Groundwater and Ecosystems, Lisbon 17-21 Sept. 2007, 10 pp.

2. Permeability Channels (Intersección con zonas de falla o zona cárstica)
3. Water-point type (Tipo de punto de agua - circuito de agua)
4. Topographic Effect (Efecto topográfico)
5. Fracture Frequency (Frecuencia de la fracturación)
6. Rock Mass Permeability (Permeabilidad del macizo)
7. Overburden (Espesor de la cobertura)
8. Plastic Zone Radius (amplitud de la zona plástica alrededor del túnel)

De este modo el sistema *acuífero – túnel* es analizado detalladamente por ocho (8) variables, que están relacionadas con el fenómeno de abatimiento del nivel freático y de la afectación de los manantiales y cursos de agua superficial. Entre estas ocho (8) variables, cuatro (4) de ellas se definen como variables fundamentales del sistema, y se refieren a las condiciones hidrogeológicas a cota del túnel en el tramo de proyección del punto de agua en superficie, y las cuatro (4) restantes son considerados como factores claves, y se relacionan con las características geométricas y geológicas que conectan el punto de agua en superficie con el túnel en profundidad.

Con el fin de realizar el cálculo del índice de la probabilidad de afectación de los puntos de agua (DHI), a cada punto de agua se le asigna un valor numérico para cada una de las variables antes descritas, valores que representan las condiciones hidrogeológicas típicas para aquel punto de agua en particular. La asignación del valor numérico de la variable obedece siempre al siguiente criterio: valores bajos para las condiciones de menor probabilidad de afectación y valores altos para aquella de mayor probabilidad.

El valor del índice DHI calculado para cada punto de agua indica la probabilidad de interferencia con la excavación de los túneles y en consecuencia la probabilidad que el punto de agua analizado se vea afectado por la obra subterránea. Los resultados son reportados sobre una base cartográfica de acuerdo al índice DHI, No. de clase, en diversos colores (Véase Figuras 1 y 2). Las clases posibles que prevé el método son tres.

Clase 1: Corresponde a una probabilidad de afectación despreciable

Clase 2: Corresponde a una probabilidad de afectación baja

Clase 3: Corresponde a una probabilidad de afectación media – alta

El valor de la clase resultante al aplicar la metodología DHI para un punto de agua subterránea, debe interpretarse como la probabilidad de ocurrencia de la afectación o impacto sobre este punto específico debido a la construcción del túnel. La literatura científica y la experiencia de los autores de la presente comunicación indican que, cuando sucede un impacto sobre un manantial es común que el caudal de este se pierda o migre. La cuantificación del caudal original se basa en mediciones directas hechas en campo a través de los inventarios que representan las condiciones de equilibrio antes que la obra sea construida.

5. PROBABILIDAD DE AFECTACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL

La principal causa de la afectación de la cobertura vegetal son las actividades de deforestación y ampliación de la frontera agrícola; actividades que en el sector evaluado (Techo del túnel Santa Elena) no acontece por cuanto el túnel no interviene la cobertura, pues su concepción precisamente obvia los impactos sobre la cobertura vegetal natural, los cambios en el uso del suelo, la pérdida de la biodiversidad y la afectación de la calidad de vida de los pobladores², más aun teniendo en cuenta los resultados antes expuestos con relación al componente hídrico.

ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL

La Reserva de la Sociedad Civil Mano de Oso inmersa dentro de la Reserva Forestal Protectora Río Nare, como se indicó anteriormente no presentarán afectación directa por las obras del proyecto, cumpliendo de esta forma con lo establecido en la Zonificación de Manejo Ambiental del presente estudio, que arrojó los resultados:

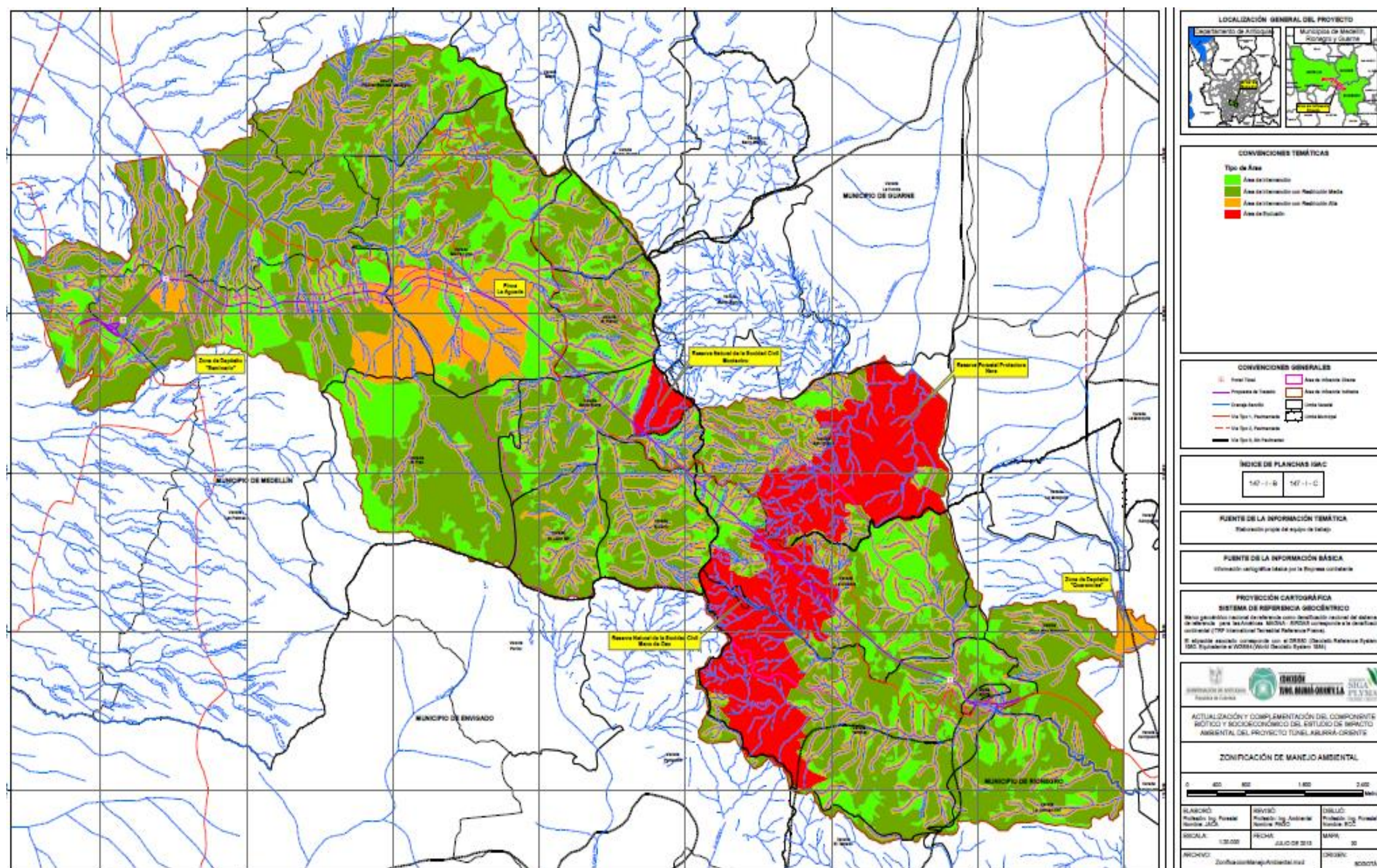
Áreas de especial significado ambiental: Las áreas de especial significado ambiental son aquellas áreas que por sus características ambientales (principalmente componentes fauna, flora y ecológico), son particulares y deben ser conservadas o requieren un manejo especial en cuanto a su grado de intervención. Dentro de esta categoría se encuentra la subcategoría: muy alto significado ambiental, en la cual se ubican: La Reserva Natural de la Sociedad Civil Montevivo, La Reserva Forestal del Río Nare y por consiguiente, la nueva Reserva de la Sociedad Civil Mano de Osos; y la cuenca alta de la quebrada Yarumal, consideradas áreas de muy alto significado ambiental, dado que hacen parte del sistema nacional de áreas protegidas (SINAP) y por esta razón, tienen un significado más alto que las demás áreas encontradas en el proyecto Conexión Vial Aburrá-Oriente.

Áreas de exclusión

La categoría de áreas de exclusión está relacionada con la sensibilidad y funcionalidad socio-ambiental que se puede encontrar en la zona, de la capacidad de recuperación de los medios a ser afectados y del carácter de las áreas con régimen especial de protección.

En esta categoría las zonas protegidas expresamente por la legislación o por disposiciones del gobierno local y aquellas áreas que identifique el estudio, que por presentar un alto grado de vulnerabilidad o riesgo ambiental y social no deben ser intervenidas. Las áreas de exclusión en la zonificación de manejo ambiental identificadas y establecidas para el proyecto son las áreas protegidas que se encuentran en el área de influencia directa local: La Reserva Forestal del Río Nare y por consiguiente, la nueva Reserva de la Sociedad Civil Mano de Osos; la cuenca alta de la quebrada La Yarumal y la Reserva de la Sociedad Civil Montevivo.

² IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS CARRETEROS. EFECTOS POR LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE TUNELES. José Luis Hernández Michaca Julieta Pisanty Levy Víctor Manuel Sánchez Granados Marco Antonio Carreón Méndez Mauro Roldán Ortiz. Publicación Técnica No. 146 Sanfandila, Qro, 2000.



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta el escenario que prevé la construcción de dos tubos con tratamientos de impermeabilización a través de pre-inyecciones de las zonas de falla y/o zonas de intensa fracturación del macizo rocoso interceptado por el túnel y aplicando el método DHI para la identificación de los puntos de agua con probabilidad de afectación, resulta que:

Una vez alcanzado el objetivo de impermeabilización de 0,5l/s/100m de túnel, no se prevé impacto sobre el agua subterránea y cursos de agua superficial presentes en las zonas de las Reserva del Nare y Mano de Oso.

Bajo el escenario más desfavorable para el acuífero superficial presente en el área de influencia del túnel Santa Elena, es decir, la construcción de dos tubos sin considerar la aplicación de tratamientos de impermeabilización a través de pre-inyecciones de las zonas de falla y/o zonas de intensa fracturación del macizo rocoso interceptado por el túnel y aplicando el método DHI para la identificación de los puntos de agua con probabilidad de afectación, resulta lo siguiente:

De los diez (46) **puntos de agua subterránea** identificados en la Reserva del Nare, en once (35) de ellos no se prevé afectación (clase de DHI igual a 1), mientras que en los once (11) restantes se prevé una probabilidad de afectación desde baja hasta media-alta (clases DHI igual a 2 y 3).

En el único **punto de agua subterránea** identificado en la Reserva Mano de Oso no se prevé afectación (clase de DHI igual a 1).

En relación con los **cursos de agua superficial**, se identificaron dos puntos críticos localizado en el curso de agua que intercepta el límite sur-occidental de la reserva del Nare, al cual ha resultado con una probabilidad de afectación de media a alta (clase DHI igual a 3).

En la Reserva Mano de Oso no se identificaron puntos críticos sobre cursos de agua superficial.

Durante la fase constructiva se debe prestar especial atención al tratamiento de impermeabilización a través de pre-inyecciones aplicado a las fallas geológicas y/o zonas fracturadas localizadas entre las progresivas aproximadas PK14+580 a PK15+480, PK15+100 a PK15+120, PK16+030 a PK16+050 y PK16+950 a PK17+060, garantizando que en estos sectores específicos y tramos intermedios el caudal máximo de infiltración no sea mayor a 0,5 l/s/100 m de túnel.

Se recomienda continuar el monitoreo sobre los puntos de agua identificados en las reservas del Nare y Mano de Oso, antes y durante la construcción del Túnel Santa Elena, así como durante el primer año de la fase operativa. Los parámetros a monitorear mensualmente son caudal y parámetros físico-químicos (conductividad eléctrica del agua, temperatura y pH).

Como se describió anteriormente en la RSC de Mano de Oso no se presentará ningún tipo de impacto directo por acción de las obras del proyecto, ni sobre la cobertura vegetal, como sobre el recurso hídrico subterráneo.

A los puntos ya identificados y relacionados en las tablas del presente documento, se les debe agregar un punto de monitoreo y localizarlo aguas abajo del punto SE-11 (Ver Figura 5), con el objeto de obtener un cierre hidráulico sobre el agua superficial que drena la Reserva.

Como se describió anteriormente en la Reserva del Río Nare y la RSC de Mano de Oso no se presentará ningún tipo de impacto directo por acción de las obras del proyecto, ni sobre la cobertura vegetal, como sobre el recurso hídrico subterráneo (ver figura 8).

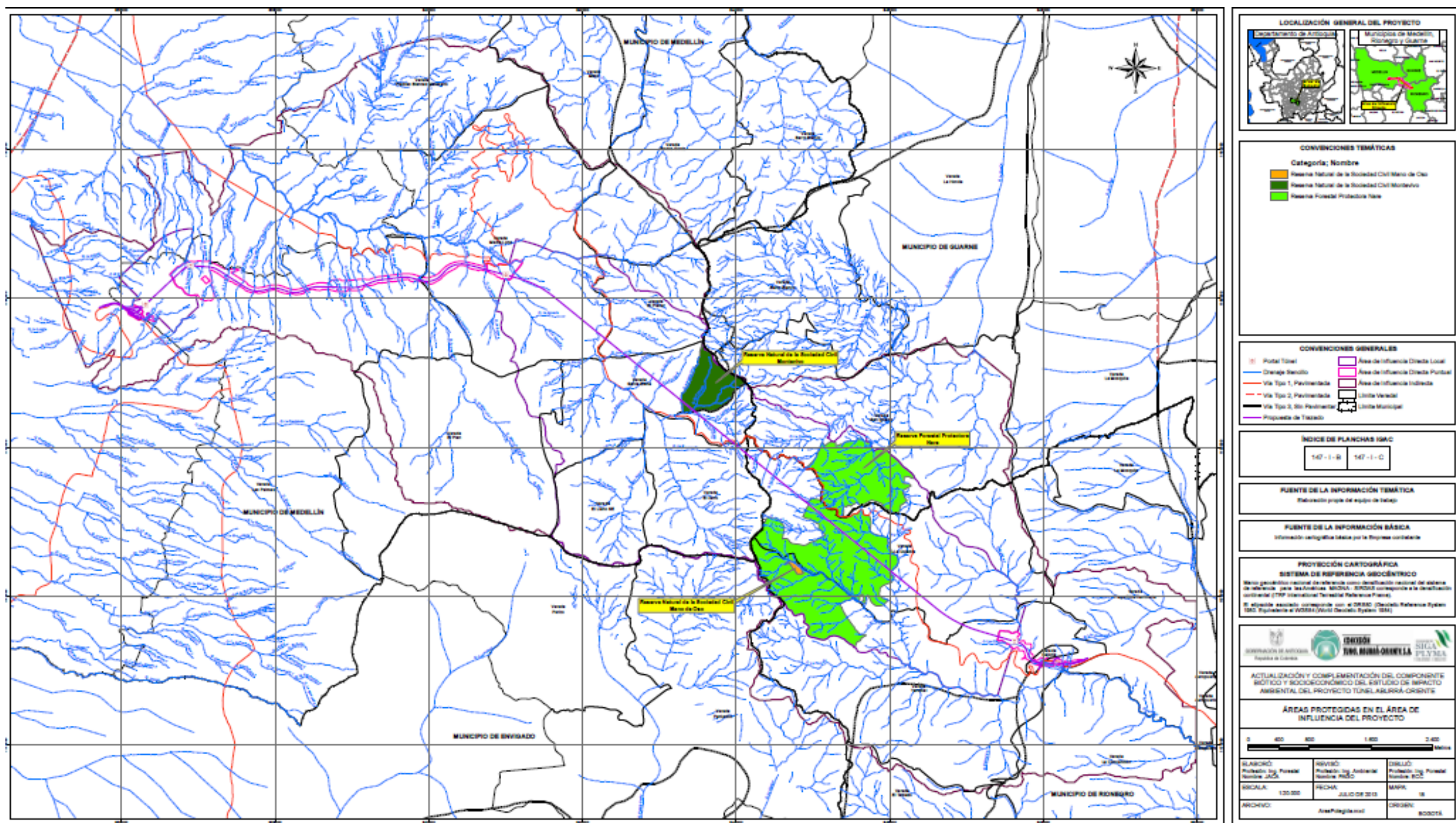


Figura 8. Áreas protegidas en la zona de Influencia del proyecto.