

# ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE MUTATÁ (UF4) DE LA CONCESIÓN AUTOPISTA AL MAR 2”

## CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES



**AUTOPISTAS URABÁ** S.A.S.



Realizado por:



3/10/2025

## TABLA DE CONTENIDO

7	DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES	
	8	
7.1	AGUAS SUPERFICIALES.....	8
7.2	AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	8
7.3	VERTIMIENTOS .....	9
7.4	OCUPACIONES DE CAUCES .....	9
7.4.1	Localización puntos de ocupación .....	9
7.4.1.1	Descripción general condiciones de drenaje.....	11
7.4.2	Parámetros morfométricos de las microcuencas .....	13
7.4.3	Tiempo de concentración .....	14
7.4.4	Análisis de precipitación e intensidad de la lluvia.....	15
7.4.4.1	Análisis de la precipitación.....	15
7.4.4.2	Intensidades de diseño .....	16
7.4.5	Coefficientes de escorrentía .....	16
7.4.6	Análisis de caudales.....	17
7.4.6.1	Método Racional.....	17
7.4.7	Estudio hidráulico .....	17
7.4.7.1	Caudal de diseño.....	18
7.4.7.2	Obras.....	18
7.4.7.3	Evaluación hidráulica de las obras.....	26
7.4.8	Estudio o análisis de socavación .....	30
7.4.9	Procedimiento constructivo.....	30
7.4.10	Conclusiones y recomendaciones .....	33
7.5	APROVECHAMIENTO FORESTAL .....	34
7.5.1	Resultados del inventario al 100%.....	36
7.5.2	Cálculos de volumen, biomasa y carbono.....	38
7.5.2.1	Cálculos de volumen, biomasa y carbono por cobertura .....	38
7.5.2.2	Cálculo de volumen, biomasa y carbono por especie .....	39
7.5.2.3	Cálculo de volumen, biomasa y carbono en las obras del proyecto .....	40
7.5.3	Árboles encontrados en condición de muerto o talado por causas ajenas al proyecto	
	41	

7.5.4	Aprovechamiento de especies en veda Nacional, Regional o con algún tipo de amenaza.....	43
7.5.4.1	Especies forestales.....	43
7.5.4.2	Forófitos muestreados .....	45
7.5.4.3	Epifitas vasculares.....	46
7.5.4.4	Epifitas no vasculares .....	48
7.5.5	Exclusión de individuos arbóreos bajo la Resolución 01752 del 04 de septiembre del 2019 para la presente MLA.....	49
7.6	RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD .....	53
7.7	EMISIONES ATMOSFÉRICAS (AIRE Y RUIDO) .....	54
7.8	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN .....	55
	BIBLIOGRAFÍA.....	55

## LISTA DE TABLAS

Tabla 7.1 Listado proveedores de agua .....	8
Tabla 7.2 Localización puntos de ocupación de cauce .....	10
Tabla 7.3 Características morfométricas de las áreas tributarias .....	14
Tabla 7.4 Áreas tributarias asociadas a cada ocupación de cauce .....	14
Tabla 7.5 Tiempos de concentración [minutos] .....	15
Tabla 7.6 Estación de precipitación .....	15
Tabla 7.7 Intensidades de diseño para cada cuenca .....	16
Tabla 7.8 Coeficientes de escorrentía C .....	16
Tabla 7.9 Caudales máximos por el método racional [l/s] .....	17
Tabla 7.10 Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial .....	18
Tabla 7.11 Obras objeto de ocupación de cauce .....	23
Tabla 7.12 Características de los canales y área tributaria asociada .....	27
Tabla 7.13 Características de los canales escalonados y área tributaria asociada .....	28
Tabla 7.14 Área tributaria para las obras de cruce y su caudal de diseño .....	29
Tabla 7.15 Resumen evaluación hidráulica de las obras transversales proyectadas .....	29
Tabla 7.16 Proceso constructivo de alcantarillas .....	30
Tabla 7.17 Proceso constructivo de Box Culvert .....	31
Tabla 7.18 Proceso constructivo de canal .....	32
Tabla 7.19 Coberturas presentes en el área de intervención del proyecto .....	35
Tabla 7.20 Individuos a solicitar de acuerdo con el tipo de intervención .....	36
Tabla 7.21 Composición florística del inventario forestal .....	37
Tabla 7.22 Cálculos de volumen, biomasa y carbono por cobertura de los árboles registrados en el área de intervención que son solicitados para tala .....	38
Tabla 7.23 Cálculos de volumen, biomasa y carbono por especie de los árboles registrados en el área de intervención que son solicitados para tala .....	39
Tabla 7.24 Cálculos de volumen, biomasa y carbono por obra de los árboles registrados en el área de intervención que son solicitados para tala .....	40
Tabla 7.25 Especies y número de individuos muertos y talados .....	42
Tabla 7.26 Especies con categoría de amenaza registrados en el área de intervención .....	45
Tabla 7.27 Volumen, Biomasa y Carbono de las especies con categoría de amenaza .....	45
Tabla 7.28 Forófitos evaluados por cobertura .....	45
Tabla 7.29 Composición florística de epifitas vasculares .....	46
Tabla 7.30 Composición florística de las especies de epifitas no vasculares .....	49
Tabla 7.31 Ecosistemas presentes en el área a desafectar .....	50
Tabla 7.32 Especies excluidas para aprovechamiento forestal bajo la Resolución 01752 del 04 de septiembre del 2019 .....	51

Tabla 7.33 Ubicación de los individuos sujetos a la exclusión de aprovechamiento forestal .....	51
Tabla 7.34 Listado de fuentes de materiales.....	55

## LISTA DE FIGURAS

Figura 7.1 Localización puntos proyectados de ocupación de cauce .....	10
Figura 7.2 Reconformación de canal en terreno (típico).....	19
Figura 7.3 Sección típica canal fondo uniforme con defensa metálica .....	19
Figura 7.4 Sección y perfil típico, fondo escalonado .....	20
Figura 7.5 Detalle cimentación en condición de zanja positiva.....	21
Figura 7.6 Detalle sección de box culvert.....	21
Figura 7.7 Sección típica de filtro .....	22
Figura 7.8 Ocupaciones de cauce Drenaje 2 – quebrada Daira .....	24
Figura 7.9 Ocupaciones de cauce - Drenaje 3 .....	25
Figura 7.10 Ocupación de cauce - Jaguey .....	26
Figura 7.11 Coberturas presentes en el área de intervención .....	36
Figura 7.12 Localización de los árboles para tala .....	37
Figura 7.13 Localización general de las obras objeto de modificación de licencia ambiental ....	41
Figura 7.14 Localización de árboles talados y muertos encontrados por condiciones ajenas al proyecto.....	43
Figura 7.15 Área a desafectar.....	50
Figura 7.16 Ubicación de individuos a excluir .....	53

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 7.1 Alcantarilla existente (Drenaje 3 afluente sur) – Vía Mutatá Chigorodó.....	11
Fotografía 7.2 Drenaje 3 (Ambos afluentes) – Posterior cruce vía Mutatá Chigorodó .....	12
Fotografía 7.3 Zona entre el drenaje 3 y drenaje 2 (Quebrada Daira)– Planicies .....	12
Fotografía 7.4 Características drenaje 2 (Quebrada Daira).....	12
Fotografía 7.5 Zona cercana al empalme Autopista Mar 2 – Jaguey.....	13
Fotografía 7.6 Registro fotográfico de los individuos talados por situación ajena al proyecto....	42

## REVISIÓN Y APROBACIÓN

Tipo de validación	Nombre de quién elaboró el informe	Fecha
Responsable de elaboración	<i>Equipo técnico AM – Alternativa Ambiental S.A.S</i>	
Responsable de revisión	<i>Angela María Salazar Guerrero</i> Coordinadora de proyectos	
Responsable de aprobación	<i>Diana Restrepo Londoño</i> Directora de proyectos y operaciones	

## DESCRIPCIÓN DE LAS REVISIONES

Índice de revisión	Sección modificada del documento	Fecha modificación	Observaciones
0		21/03/2025	



**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN  
DE LICENCIA AMBIENTAL DEL PROYECTO "CONSTRUCCIÓN  
DE LA VARIANTE MUTATÁ (UF4) DE LA CONCESIÓN  
AUTOPISTA AL MAR 2"**



## 7 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

En el presente capítulo se establece la información relacionada con la demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables; necesarios en el marco de la presente modificación de Licencia Ambiental, para las actividades constructivas del proyecto *MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL "CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE MUTATÁ (UF4) DE LA CONCESIÓN AUTOPISTA AL MAR 2"*.

*Para la elaboración de este capítulo se emplearon los Términos de Referencia Para la Elaboración de Estudio de Impacto Ambiental- EIA, en Proyectos de Construcción de Carreteras y/o Túneles<sup>1</sup>, y la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales. Es importante resaltar que, el proyecto no requiere permisos de captación de aguas superficiales o subterráneas, ni permisos de vertimientos. La demanda será suplida a través de terceros autorizados que cuenten con los permisos y/o autorizaciones correspondientes, los cuales serán verificados previo al inicio de las actividades. Adicionalmente, se presentan diligenciados los Formularios Únicos Nacionales (FUN) correspondientes, considerando las características particulares del proyecto.*

### 7.1 AGUAS SUPERFICIALES

Dentro del marco de la presente modificación de Licencia Ambiental y considerando las características específicas del proyecto, no se requerirá la captación de aguas superficiales de fuentes naturales. El suministro de agua para la ejecución de las diferentes actividades en cada una de las etapas del proyecto realizará a través de la compra del recurso a proveedores autorizados que cuenten con los permisos y/o autorizaciones correspondientes, los cuales serán verificados previo al inicio de las actividades.

En la Tabla 7.1 se presenta el listado de los proveedores de agua cercanos al proyecto.

**Tabla 7.1 Listado proveedores de agua**

Proveedores	Uso
AGUAS DE URABA SA ESP	Doméstico e industrial
Distribuidores J.F. S.A.S	Doméstico

Fuente: Alternativa Ambiental, S.A.S., 2025.

### 7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Dentro del marco de la presente solicitud de Licencia Ambiental y considerando las características de la infraestructura, obras y/o actividades a desarrollar, no se requerirá la captación de aguas subterráneas. El suministro de agua para la ejecución de las diferentes actividades en cada una de las etapas del proyecto se realizará a través de la compra del recurso a proveedores autorizados que cuenten con los permisos y/o autorizaciones correspondientes, los cuales serán verificados previo al inicio de las actividades.

<sup>1</sup> (MADS;ANLA, 2015)

### 7.3 VERTIMIENTOS

En el marco de la presente solicitud de Licencia Ambiental no se contemplan descargas de aguas residuales a cuerpos de aguas superficiales, ni a suelos.

### 7.4 OCUPACIONES DE CAUCES

A partir de los diseños propuestos para la construcción de la variante Mutatá, se identificaron trece (13) estructuras las cuales son objeto de solicitud de permiso de ocupación de cauce. Estas estructuras incluyen alcantarillas, box culverts y canales. Las características y la descripción de estas estructuras se detallan a continuación en el desarrollo de este capítulo, adicionalmente en el Anexo "Anexos\_C7/7\_1\_Ocup\_Cauce – FUN" se presenta el respectivo Formulario Único Nacional para cada obra de ocupación de cauce.

El análisis de las estructuras objeto de ocupación de cauce incluye la determinación de los caudales máximos asociados a diferentes periodos de retorno, con el objetivo de evaluar la suficiencia hidráulica a través de los caudales de diseño, conforme al Manual de Drenaje para Carreteras de INVIAS<sup>2</sup>. Este análisis minucioso se realiza con el propósito de garantizar que la dinámica fluvial de los cauces cercanos no se vea considerablemente afectada por la implementación del corredor vial.

La caracterización hidrológica corresponde a la estimación de los caudales máximos o caudales de diseño para los puntos asociados a las estructuras objeto de ocupación de cauce. Debido a que no se cuenta con registros directos de caudal se emplean métodos lluvia-escorrentía para las cuencas o áreas tributarias. En este caso se utilizó el método racional debido a que se presentan áreas inferiores a los 2,5 km<sup>2</sup> y se recomienda su uso para el diseño de este tipo de estructuras.

El estudio hidráulico se basa en el dimensionamiento de las obras proyectadas. Este análisis permite comprender el comportamiento de las obras con base a los caudales de diseño según los lineamientos del INVIAS. Los dimensionamientos se realizan con apoyo del software HY-8 y HEC-RAS.

#### 7.4.1 Localización puntos de ocupación

En la Figura 7.1 se presenta la ubicación de los puntos de ocupación de cauce, los cuales se encuentran comprendidos entre las abscisas KM 45+220 y KM 46+291 de la vía proyectada. Las coordenadas respectivas a dichos puntos y la descripción general de los mismos se encuentra en la Tabla 7.2, donde las coordenadas se presentan en sistema de proyección cartográfica Origen Nacional.

---

<sup>2</sup> (INVIAS, 2009)

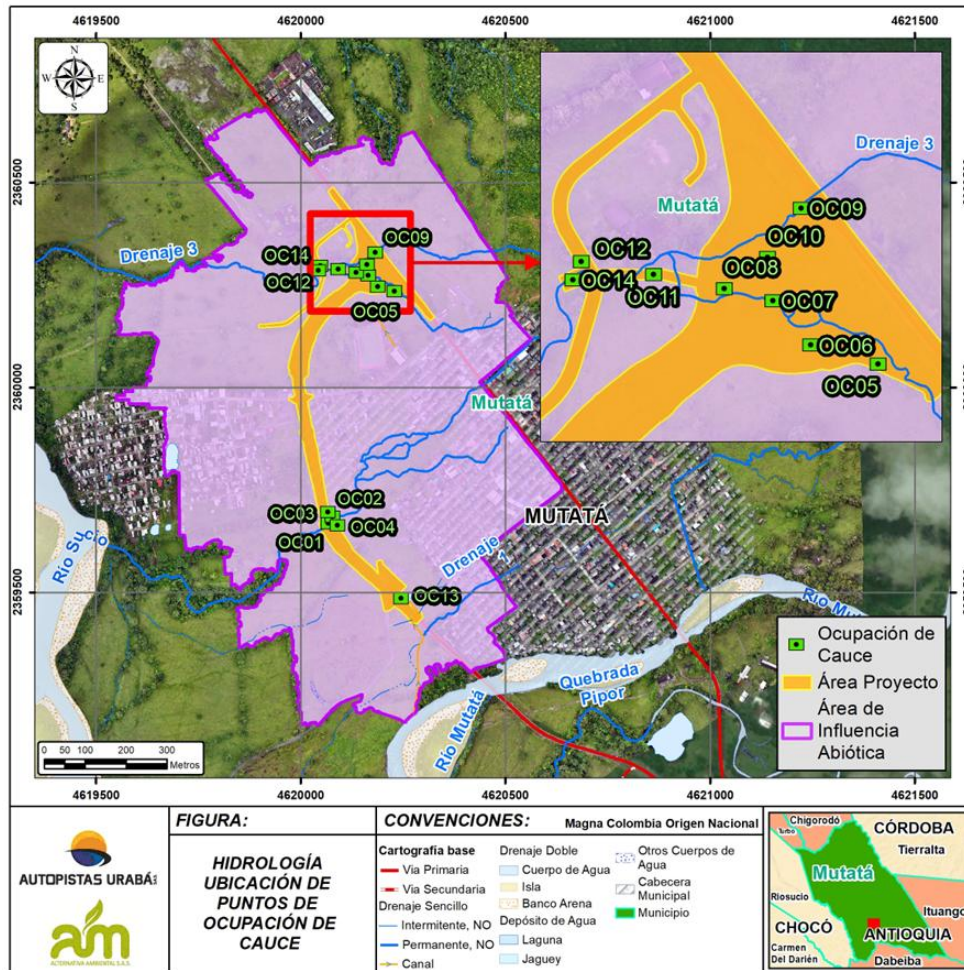


Figura 7.1 Localización puntos proyectados de ocupación de cauce  
Fuente: Alternativa Ambiental, S.A.S., 2025.

Tabla 7.2 Localización puntos de ocupación de cauce

ID	Tipo	Coordenadas – Origen nacional	
		Este [m]	Norte [m]
OC01	Box Culvert 2	4.620.068,31	2.359.668,30
OC02	Canal escalonado 1	4.620.078,39	2.359.684,57
OC03	Canal 2	4.620.066,78	2.359.695,16
OC04	Canal 1 sección 2	4.620.090,17	2.359.662,87
OC05	Canal 3 sección 1	4.620.229,77	2.360.233,70
OC06	Box Culvert 4	4.620.188,63	2.360.245,20
OC07	Canal 3 sección 2	4.620.165,59	2.360.272,29
OC08	Box Culvert 5	4.620.135,86	2.360.279,60
OC09	Alcantarilla 4	4.620.182,93	2.360.328,55
OC10	Canal 4	4.620.162,33	2.360.298,72
OC11	Canal Trapezoidal	4.620.092,58	2.360.288,14
OC12	Box Culvert 6	4.620.055,14	2.360.287,74

ID	Tipo	Coordenadas – Origen nacional	
		Este [m]	Norte [m]
OC13	Canal 1 sección 1	4.620.245,68	2.359.484,84
OC14	Canal trapezoidal 2	4.620.043,48	2.360.285,01

Fuente: Alternativa Ambiental, S.A.S., 2025.

#### 7.4.1.1 Descripción general condiciones de drenaje

Para el diseño de las obras proyectadas se realizó una visita de campo para describir las condiciones hidráulicas. Dicha visita fue realizada en octubre de 2023. Los recorridos se llevaron a cabo en la zona donde se proyectará la variante de Mutatá y zonas cercanas con el propósito de identificar el sistema de drenaje.

Para el drenaje asociado a los puntos de ocupación OC05, OC06, OC07, OC08, (Drenaje 3 – afluente sur), se puede observar que aguas arriba en la vía existente Mutatá – Chigorodó se presenta una alcantarilla de 36 pulgadas de diámetro para el cruce del agua, como se puede observar en la Fotografía 7.1. Este drenaje posteriormente se une con el afluente norte del Drenaje 3.



**Fotografía 7.1 Alcantarilla existente (Drenaje 3 afluente sur) – Vía Mutatá Chigorodó**

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental, 2025.

El Drenaje 3 en general (asociado a las ocupaciones de cauce OC09, OC10, OC11, OC12 y OC14), y para ambos de sus afluentes, presenta características similares. Las secciones transversales son de forma trapezoidal en terreno natural, con anchos variables entre 0,5 m y 2 m, y alturas de nivel de banca llena hasta de 1 m. El flujo en estos drenajes es perenne. El lecho está compuesto principalmente por material no cohesivo, con tamaños granulares asociados a arenas y gravas, según lo observado. En ciertos tramos, se puede observar vegetación densa y acumulación de material orgánico en descomposición. En ambas márgenes, la cobertura es de baja densidad, consistente en pastizales utilizados para actividades ganaderas. Las pendientes del cauce varían entre el 1% y el 5%. Este drenaje fluye hasta descargar en el río Mutatá. En la Fotografía 7.2 se presentan las características generales mencionadas previamente.



**Fotografía 7.2 Drenaje 3 (Ambos afluentes) – Posterior cruce vía Mutatá Chigorodó**

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental, 2025.

Hacia el sur de los drenajes mencionados anteriormente, siguiendo el alineamiento de la vía proyectada de la variante Mutatá, se puede identificar una topografía plana, asociada a planicies de inundación del río Sucio, como se puede observar en la Fotografía 7.3. En este punto no se presentan drenajes definidos, donde la escorrentía se ramifica y toma diferentes direcciones. En esta zona predomina la infiltración, encharcamientos y algunas leves vaguadas por las que drena la escorrentía con dirección al noroeste.



**Fotografía 7.3 Zona entre el drenaje 3 y drenaje 2 (Quebrada Daira)– Planicies**

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental S.A.S., 2025.

Al costado sur del tramo de la vía proyectada, cerca de las obras proyectadas (OC01, OC02, OC03 y OC04), se encuentra el Drenaje 2 o Quebrada Daira según la comunidad. Este se caracteriza por ser un flujo perenne que fluye en una sección trapezoidal o rectangular bien definida, con anchos que varían entre 1,0 y 2,5 m. En su lecho se pueden observar materiales gruesos granulares. La pendiente longitudinal del lecho varía entre el 1% y el 2%. Las márgenes presentan principalmente coberturas vegetales de pastos, como se puede observar en la Fotografía 7.4.



**Fotografía 7.4 Características drenaje 2 (Quebrada Daira)**

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental S.A.S., 2025.

Finalizando el tramo de la vía al costado sur, cerca al tramo existente de la autopista Mar 2, se identificó características de terreno con topografía suave a muy poco ondulada. En el terraplén de la vía al costado este se presenta una zona de acumulación de aguas, denominado Jaguey, donde se plantea la obra proyectada OC13, según lo observado en campo esta zona tiende a drenar de este a oeste hacia el drenaje principal identificado como Drenaje 2 o quebrada Daira. En la Fotografía 7.5 se presentan las características descritas anteriormente.



**Fotografía 7.5 Zona cercana al empalme Autopista Mar 2 – Jaguey**

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental S.A.S., 2025.

En el Anexo “Anexos\_C7/7\_1\_Ocup\_Cauce\_Registro fotográfico” se adjunta el registro fotográfico de los recorridos de campo realizados para el componente hidráulico, donde se presentan otras fotografías correspondientes a diferentes puntos de interés.

#### **7.4.2 Parámetros morfométricos de las microcuencas**

La caracterización de las microcuencas o áreas tributarias de las obras hidráulicas objeto de ocupación de cauce, fue realizada con información satelital (ALOS PALSAR) e información cartográfica del IGAC a escala 1:25.000, adicionalmente fue complementada mediante levantamientos con Dron. Estas microcuencas o áreas tributarias funcionan como un sistema en el cual se puede tomar de forma simplificada las precipitaciones como ingreso y la escorrentía como elemento de salida.

Las áreas o microcuencas mencionadas en este apartado son microcuencas de las cuencas presentadas en el capítulo de caracterización, numeral 5.1.5 Hidrología. Sin embargo, para el dimensionamiento de las obras se realizó la estimación de caudales máximos mediante el método racional, según recomendaciones del Manual de Drenaje para Carreteras<sup>3</sup>.

El análisis específico de las áreas tributarias y su delimitación se detalla en el Anexo “Anexos\_C7/7\_1\_Ocup\_Cauce - Informes”, donde también se presenta la estimación de las áreas aferentes o microcuencas correspondientes a las distintas obras de drenaje y manejo de escorrentía del tramo de vía. Además, se incluyen las obras objeto de ocupación de cauce mencionadas específicamente en este apartado. [También se adjunta la información de las áreas tributarias en formato Shape y formato CAD en el Anexo: “Anexos\\_C7/7\\_1\\_Ocup\\_Cauce – Areas\\_tributarias”.](#)

En la Tabla 7.3 se presentan los parámetros morfométricos asociados a las áreas tributarias de las obras hidráulicas objeto de ocupación de cauce.

<sup>3</sup> (INVIAS, 2009)

**Tabla 7.3 Características morfométricas de las áreas tributarias**

NAT	Área tributaria o microcuenca							Cauce principal			
	A [m <sup>2</sup> ]	P [m]	Lc [m]	Sc [%]	Cmax [m.s.n.m.]	Cmin [m.s.n.m.]	Hm [m.s.n.m.]	Ld [m]	Cmax [m.s.n.m.]	Cmin [m.s.n.m.]	Sd [%]
A01	41807	1353	492	8	143,6	118,7	124,7	541,7	132,5	118,7	3
A02	613928	3968	1550	14	278,5	117,7	165,9	1359,9	179,3	117,7	5
A03	26361	912	310	7	139,0	119,0	127,2	442,9	129,5	119,0	2
A08	103898	2446	773	10	206,5	127,2	148,9	334,7	146,5	127,2	6
A09	100661	2324	484	10	177,4	126,	142,6	566,8	168,0	126,9	7
A10	8782	353	84	6	131,2	126,4	129,5	87,7	130,9	126,4	5

NAT: Nombre área tributaria o microcuenca, Área, P: Perímetro, Lc: Longitud Cuenca, Sc: Pendiente Media Cuenca, CMax: Cota Mayor, Cmin: Cota Menor, Hm: Elevación Media, Ld: Longitud Drenaje, Sd: Pendiente media drenaje

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental S.A.S., 2025.

Con el propósito de identificar a que ocupación de cauce corresponde cada área tributaria o microcuenca, se presenta la Tabla 7.4.

**Tabla 7.4 Áreas tributarias asociadas a cada ocupación de cauce**

ID Ocupación de cauce	Área Tributaria o microcuenca
OC01	A02
OC02	A03
OC03	A03
OC04	A01
OC05	A08
OC06	A08
OC07	A08
OC08	A08, A09, A10
OC09	A09
OC10	A09
OC11	A09, A10
OC12	A08, A09, A10
OC13	A01
OC14	A08, A09, A10

Fuente: Alternativa Ambiental, S.A.S., 2025.

En el Anexo "Anexos\_C7/7\_1\_Ocup\_Cauce - Informes" se adjunta el informe detallado de análisis y se adjuntan las áreas tributarias estimadas.

### 7.4.3 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el periodo que tarda la escorrentía en viajar desde el punto más remoto hasta salir de la cuenca o área de aporte. Este valor puede determinarse utilizando fórmulas empíricas que consideran parámetros como la pendiente del cauce principal, la diferencia de elevaciones entre el punto más alto y el más bajo, el área, la pendiente media de la cuenca, y la impermeabilidad del suelo.

El tiempo de concentración mínimo fue tomado como de 15 min, con el propósito de no sobreestimar las intensidades de diseño<sup>4</sup>. Para seleccionar el tiempo de concentración se descartan los valores extremos los cuales afectan la media y la desviación estándar, dando así que los tiempos oscilen entre los 15 y 27 min para las áreas tributarias analizadas. En la Tabla

<sup>4</sup> (INVIAS, 2009)

7.5 se presentan los tiempos de concentración asociados a cada área delimitada en las obras hidráulicas de estudio.

**Tabla 7.5 Tiempos de concentración [minutos]**

Nombre de cuenca o área tributaria	A01	A02	A03	A08	A09	A10
Kirpich	10,20	16,60	9,00	5,10	7,10	1,90
California Culvert Practice (USBR)	10,20	16,60	9,00	5,10	7,10	1,90
Federal Aviation Administration	12,20	30,00	11,30	14,70	24,00	4,80
Bransby-Williams	22,60	38,70	19,70	10,80	17,60	3,60
Clark	9,10	37,70	7,10	12,20	11,20	2,90
Giandotti	32,90	49,40	30,40	30,50	24,80	17,70
Johnstone-Cross	14,30	19,00	11,80	11,90	8,40	4,10
Pasini	11,50	28,70	9,50	8,80	9,30	2,60
Pérez	2,90	4,10	2,40	0,60	2,00	0,40
Pilgrim y McDermott	13,60	37,90	11,50	19,30	19,10	7,50
Temez	9,50	17,10	8,30	5,70	8,10	2,10
Valencia y Zuluaga	30,60	56,70	27,40	34,00	29,90	17,80
Promedio	15,00	29,40	13,10	13,20	14,00	5,60
Desv. Est.	9,10	15,40	8,40	10,20	8,80	6,00
Lim. Sup.	24,00	44,80	21,50	23,40	22,80	11,50
Lim. Inf.	5,90	14,00	4,70	3,00	5,30	0,00
Promedio sin extremos	12,60	26,90	10,80	10,40	11,00	3,20
<b>Tc adoptado</b>	<b>15,00</b>	<b>27,00</b>	<b>15,00</b>	<b>15,00</b>	<b>15,00</b>	<b>15,00</b>

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental, S.A.S., 2025.

#### 7.4.4 Análisis de precipitación e intensidad de la lluvia

##### 7.4.4.1 Análisis de la precipitación

El análisis de precipitación se basa en registros de precipitación diario y mensual, de la red de estaciones pluviométricas y pluviográficas operadas por el IDEAM.

En la Tabla 7.6 se presenta la información de las estaciones cercanas a la zona de estudio, donde solo se identificó una estación del IDEAM cercana a la zona de interés.

**Tabla 7.6 Estación de precipitación**

Código Estación	Estación	Categoría	Municipio	Coordenada		Altitud [m.s.n.m.]	Fecha instalación
				Este [m]	Norte [m]		
12015010	VILLARTEAGA	CO	Mutatá	4.615.168,16	2.369.966,49	132	15/03/1972

CO: Estación climática ordinaria

Fuente: IDEAM, 2025.

En el capítulo de caracterización 5.1.5 Hidrología, se hace una descripción a detalle de los datos de precipitación a nivel diario, mensual y anual, de las estaciones de la región y de la estación Villarteaga específicamente.

#### 7.4.4.2 Intensidades de diseño

Para la duración de la lluvia de diseño y un periodo de retorno del evento dado, es posible asociar un valor de intensidad de la lluvia mediante las curvas de intensidad-duración y frecuencia (IDF) desarrolladas para las estaciones de interés.

Para determinar las intensidades de diseño para la estación y para cada periodo de retorno se utilizó la metodología de regionalización<sup>5</sup>. De esta forma se obtienen las intensidades de diseños presentadas en la Tabla 7.7.

**Tabla 7.7 Intensidades de diseño para cada cuenca**

Nombre cuenca	Área [ha]	Duración [min]	Intensidad [mm/h] para cada TR [años]						
			2.33	5	10	20	25	50	100
A01	4,20	15	161,30	186,50	212,80	242,70	253,20	288,90	329,50
A02	61,40	27	110,10	127,30	145,20	165,60	172,80	197,10	224,90
A03	2,60	15	161,30	186,50	212,80	242,70	253,20	288,90	329,50
A08	10,40	15	161,30	186,50	212,80	242,70	253,20	288,90	329,50
A09	10,10	15	161,30	186,50	212,80	242,70	253,20	288,90	329,50
A10	0,90	15	161,30	186,50	212,80	242,70	253,20	288,90	329,50

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental S.A.S., 2025.

En el Anexo "Anexos\_C7/7\_1\_Ocup\_Cauce - Informes", se adjunta el informe detallado donde se realiza el análisis específico de la precipitación y las intensidades de diseño.

#### 7.4.5 Coeficientes de escorrentía

Para estimar el coeficiente de escorrentía se tienen en cuenta características y condiciones de terreno como cobertura del suelo, pendiente del terreno y periodos de retorno. El coeficiente definitivo se obtiene ponderando por áreas de acuerpo con valores recomendados por Ven Te Chow<sup>6</sup>. De acuerdo con esto, en la Tabla 7.8 se presentan los coeficientes de escorrentía para cada área tributaria.

**Tabla 7.8 Coeficientes de escorrentía C**

Nombre cuenca	Pendiente Media Cuenca [%]	Tr [años]							
		2.3	5	10	20	25	50	100	500
A01	4.90	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	0,75	0,80
A02	13.80	0,57	0,62	0,64	0,69	0,72	0,77	0,57	0,62
A03	6,60	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	0,75	0,80
A08	9.80	0,55	0,59	0,61	0,66	0,69	0,74	0,55	0,59
A09	10.20	0,41	0,44	0,46	0,50	0,53	0,57	0,41	0,44
A10	6.30	0,70	0,75	0,78	0,82	0,86	0,91	0,70	0,75

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental S.A.S., 2025.

<sup>5</sup> (Vargas & Diaz-Granados, 1997)

<sup>6</sup> (Chow, 1994)

#### 7.4.6 Análisis de caudales

En este capítulo se presenta la estimación de los caudales de diseño para todas las obras de drenaje en la vía. Dado que no se cuenta con registros directos de caudal, se emplearon relaciones Lluvia–Escorrentía para estimar los caudales máximos en las cuencas o áreas tributarias.

En este caso solo se hizo uso del método racional para el cálculo de caudales ya que las áreas tributarias y cuencas presentes en el tramo de estudio tiene áreas menores de 2.5 Km<sup>2</sup> ya que como se menciona en el Manual de Drenaje de INVIAS 2009<sup>7</sup>, los métodos de hidrogramas sintéticos son utilizados para áreas de drenaje mayores a 2.5 Km<sup>2</sup>.

A continuación, se hace la descripción metodológica general de los procedimientos realizados para calcular los caudales de cada cuenca o área tributaria.

##### 7.4.6.1 Método Racional

El método racional es uno de los de mayor empleo debido a su sencillez. Su rango de validez según la magnitud del área de drenaje tiene múltiples conceptos que discrepan entre ellos Fattorelli y Fernandez<sup>8</sup> reseñan que el método racional es válido para áreas de drenaje con áreas inferiores a 200 km<sup>2</sup>, Sarmiento y Velez<sup>9</sup> expone como límite 50 km<sup>2</sup>, mientras que el INVIAS<sup>10</sup> presenta un rango desde la literatura entre 0.65 km<sup>2</sup> y 2.5 km<sup>2</sup>.

En la Tabla 7.9 se presentan resultados del cálculo de los caudales máximos para las áreas tributarias de análisis por el método racional. Los caudales obtenidos serán el insumo para la verificación de la capacidad hidráulica de las obras existentes en el corredor vial.

**Tabla 7.9 Caudales máximos por el método racional [l/s]**

Nombre cuenca	Caudal [l/s] para cada periodo de retorno [años]						
	TR 2.33	TR 5	TR 10	TR 20	TR 25	TR 50	TR 100
A01	1405,00	1733,00	2051,00	2433,00	2588,00	3086,00	3712,00
A02	10720,00	13363,00	15875,00	18966,00	20234,00	24275,00	29436,00
A03	886,00	1093,00	1293,00	1534,00	1632,00	1946,00	2340,00
A08	2542,00	3165,00	3762,00	4501,00	4805,00	5771,00	7009,00
A09	1836,00	2289,00	2736,00	3306,00	3546,00	4295,00	5277,00
A10	275,00	340,00	402,00	478,00	509,00	608,00	733,00

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental S.A.S., 2025.

En el Anexo "Anexos\_C7/7\_1\_Ocup\_Cauce - Informes", se adjunta el informe detallado donde se presenta el uso del método racional y los resultados asociados a cada área tributaria.

#### 7.4.7 Estudio hidráulico

El análisis hidráulico permite proponer soluciones para el manejo de aguas en la zona de estudio, principalmente para las obras objeto de ocupación de cauce. El principal insumo del análisis

<sup>7</sup> (INVIAS, 2009)

<sup>8</sup> (Fattorelli, S. & Fernandez, P., 2011)

<sup>9</sup> (Sarmiento Ortiz, L. H. & Vélez Torres, G. S., 2001)

<sup>10</sup> <sup>10</sup> (INVIAS, 2009)

hidráulico corresponde a los caudales obtenidos en el análisis hidrológico mediante el método racional, de esta forma se puede comprender el comportamiento de las obras hidráulicas proyectadas basados en los caudales de diseño según los lineamientos del INVIAS<sup>11</sup>.

#### 7.4.7.1 Caudal de diseño

Ya estimados los caudales máximos, se toman como caudales de diseños los asociados a los periodos de retorno de 10 y 20 años para evaluar las obras de drenaje proyectadas que se requieren para el manejo de aguas. La selección del periodo de retorno sigue los lineamientos del Manual de Drenaje para Carreteras<sup>12</sup>, los cuales se presentan a continuación en la Tabla 7.10.

**Tabla 7.10 Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial**

Tipo de obra	Periodo de retorno [años]
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Alcantarillas de 0m9 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0,9 m de diámetro	20
Puentes menores (Luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje superficial	2

Fuente: Instituto Nacional de Vías, república de Colombia, 2025.

#### 7.4.7.2 Obras

A continuación, se presentan las obras típicas proyectadas, las cuales corresponden a cunetas, canales, obras de cruce tipo box culvert y tipo circular, etc. Basados en los recorridos de campo y las proyecciones de las obras, se plantea una serie de soluciones para mejorar las condiciones hidráulicas del área de interés.

A continuación, se presenta la descripción general de las soluciones típicas, y en los respectivos planos y anexos se presentan las soluciones de manera detallada.

##### 7.4.7.2.1 Canal en el terreno

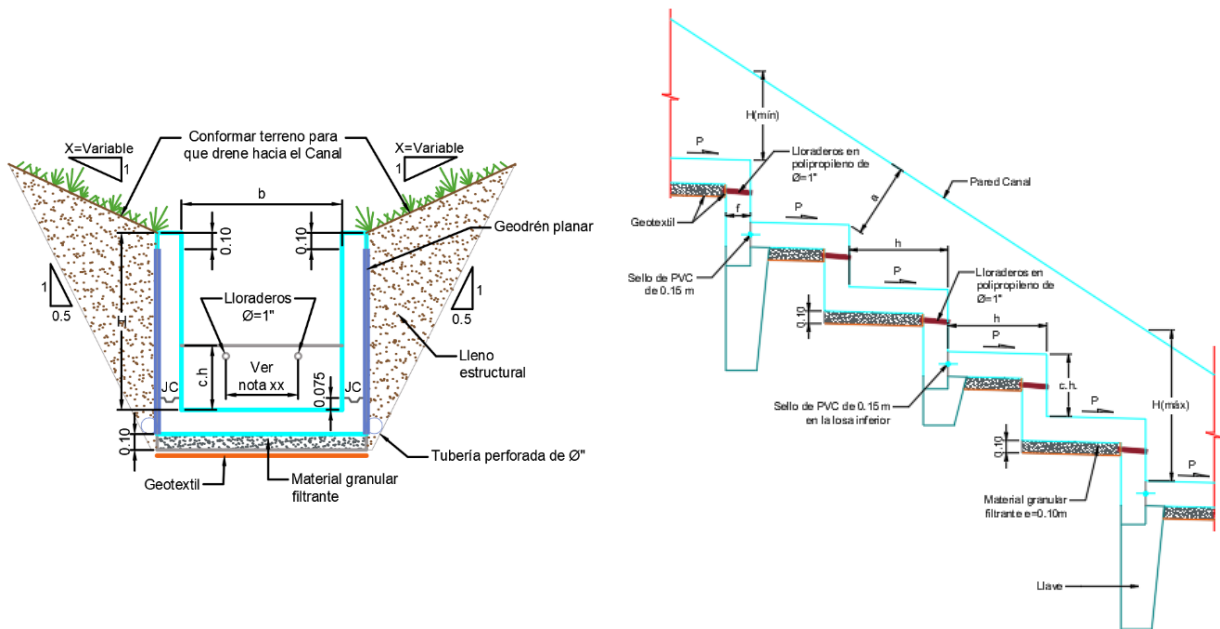
Se propone la reconfiguración de un canal en terreno natural, con el propósito de direccionar el agua en una de las descargas del box culvert (OC4). De esta forma se planteó un canal trapezoidal excavado con taludes 0,5H:1,0V y protección con revegetalización. Las alturas del canal pueden variar ya que los cortes se realizan hasta interceptar el terreno.

En la Figura 7.2 se puede observar una sección típica para reconfiguración de un canal en el terreno.

<sup>11</sup> (INVIAS, 2009)

<sup>12</sup> (INVIAS, 2009)

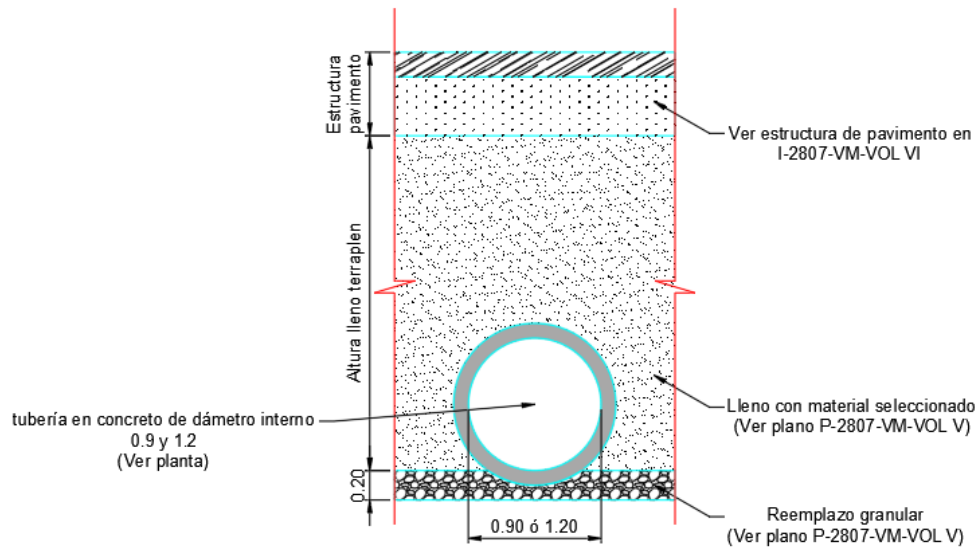




**Figura 7.4 Sección y perfil típico, fondo escalonado**

Fuente Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental S.A.S., 2025. Alcantarillas de sección circular

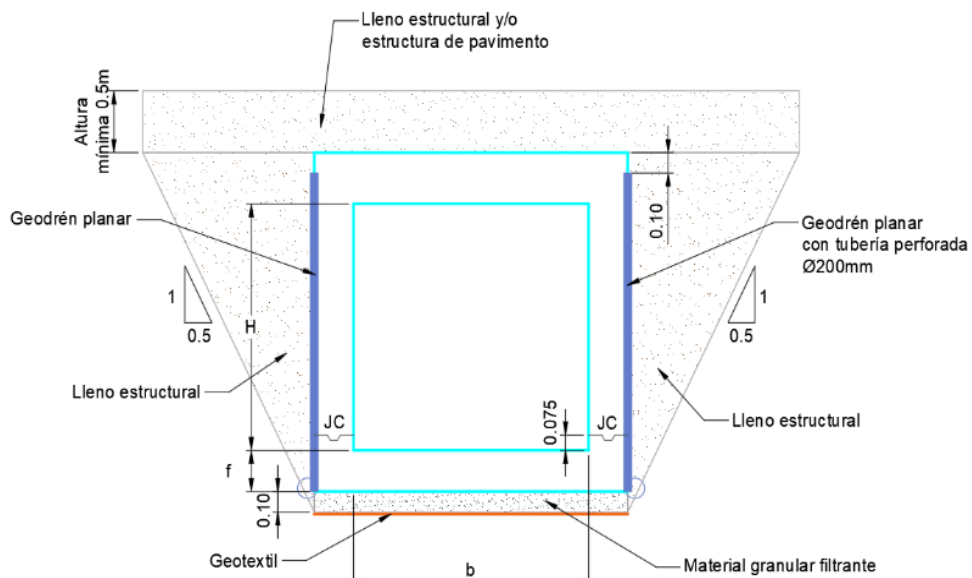
Para la proyección de alcantarillas circulares se plantean alcantarillas circulares en concreto reforzado Clase III de diámetro interno 900 mm y 1200 mm. En la Figura 7.5 se puede observar una sección típica de este tipo de alcantarillas, en estas se recomienda una sección para la condición de instalación positiva, lo que significa una tubería con la cota batea a nivel de terreno confinada por el terraplen de la vía.



**Figura 7.5 Detalle cimentación en condición de zanja positiva**

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental, 2025. Alcantarillas de sección en cajón o tipo box culvert.

En algunos sitios se proyectan obras tipo cajón o box culvert, donde se ha planteado una sección rectangular en concreto reforzado con un geodren planar en las paredes laterales y un filtro con geotextil en el fondo, para el control de las subpresiones como se puede observar en la Figura 7.6.

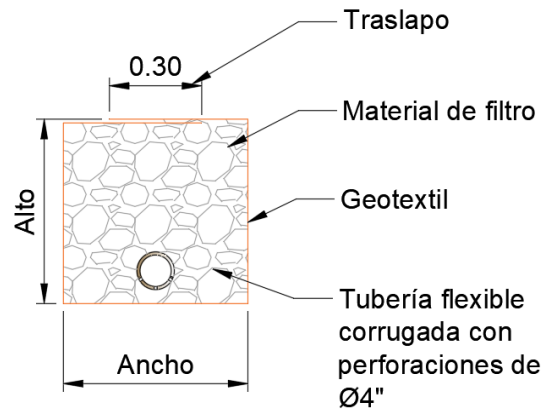


**Figura 7.6 Detalle sección de box culvert**

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental, 2025.

#### 7.4.7.2.2 Filtros

Ante la proyección de modificar las condiciones de los drenajes actuales debido a la construcción de terraplenes en determinados tramos de estos drenajes, donde se planea rellenar con material seleccionado, se propone la implementación de un sistema de filtros ramificados. El objetivo principal de este sistema es gestionar las aguas subsuperficiales en los puntos bajos afectados por la intervención, donde de manera natural el agua tenderá a converger. En la Figura 7.7 se muestra el sistema de subdrenaje planteado.



**Figura 7.7 Sección típica de filtro**

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental S.A.S., 2025.

#### 7.4.7.2.3 Obras relacionadas con ocupación de cauce

Con el propósito de relacionar las obras que corresponden a ocupación de cauce, se presenta la Tabla 7.11. La información detallada de las obras, ubicación y dimensiones se presenta en el Anexo "Anexos\_C7/7\_1\_Ocup\_Cauce - informes" y "7\_1\_Ocup\_Cauce - Planos" respectivamente.

**Tabla 7.11 Obras objeto de ocupación de cauce**

<b>Obra</b>	<b>Tipo de ocupación</b>	<b>Ocupación de cauce relacionada</b>
Box Culvert 2	Permanente	OC01
Canal escalonado 1	Permanente	OC02
Canal 2	Permanente	OC03
Canal 1 sección 2	Permanente	OC04
Canal 3 sección 1	Permanente	OC05
Box Culvert 4	Permanente	OC06
Canal 3 sección 2	Permanente	OC07
Box Culvert 5	Permanente	OC08
Alcantarilla 4	Permanente	OC09
Canal 4	Permanente	OC10
Canal Trapezoidal	Permanente	OC11
Box Culvert 6	Permanente	OC12
Canal 1 sección 1	Permanente	OC13
Canal Trapezoidal 2	Permanente	OC14

Fuente: Alternativa Ambiental, S.A.S., 2025.

En la Figura 7.8 se presentan las obras asociadas a las ocupaciones de cauce OC01, OC02, OC03 y OC04, las cuales corresponden a un Box culvert, un canal escalonado y dos canales de fondo uniforme.

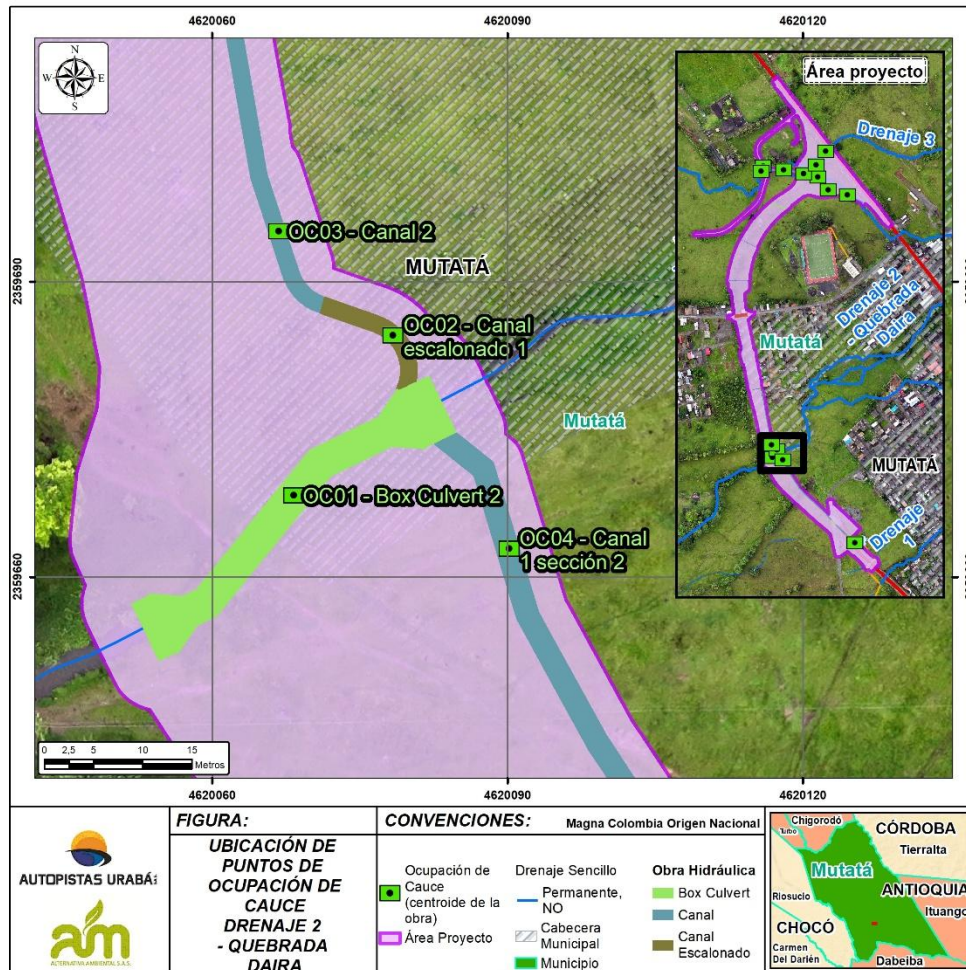


Figura 7.8 Ocupaciones de cauce Drenaje 2 – quebrada Daira  
 Fuente: Alternativa Ambiental, S.A.S., 2025.

En la Figura 7.9 se presentan las obras de ocupación de cauce correspondiente a los puntos OC05, OC06, OC07, OC08, OC09, OC10, OC11, OC12 y OC14, las cuales corresponden a tres (3) canales de fondo uniforme, tres (3) Box culvert, una (1) alcantarilla y dos (2) canales trapezoidales en terreno natural

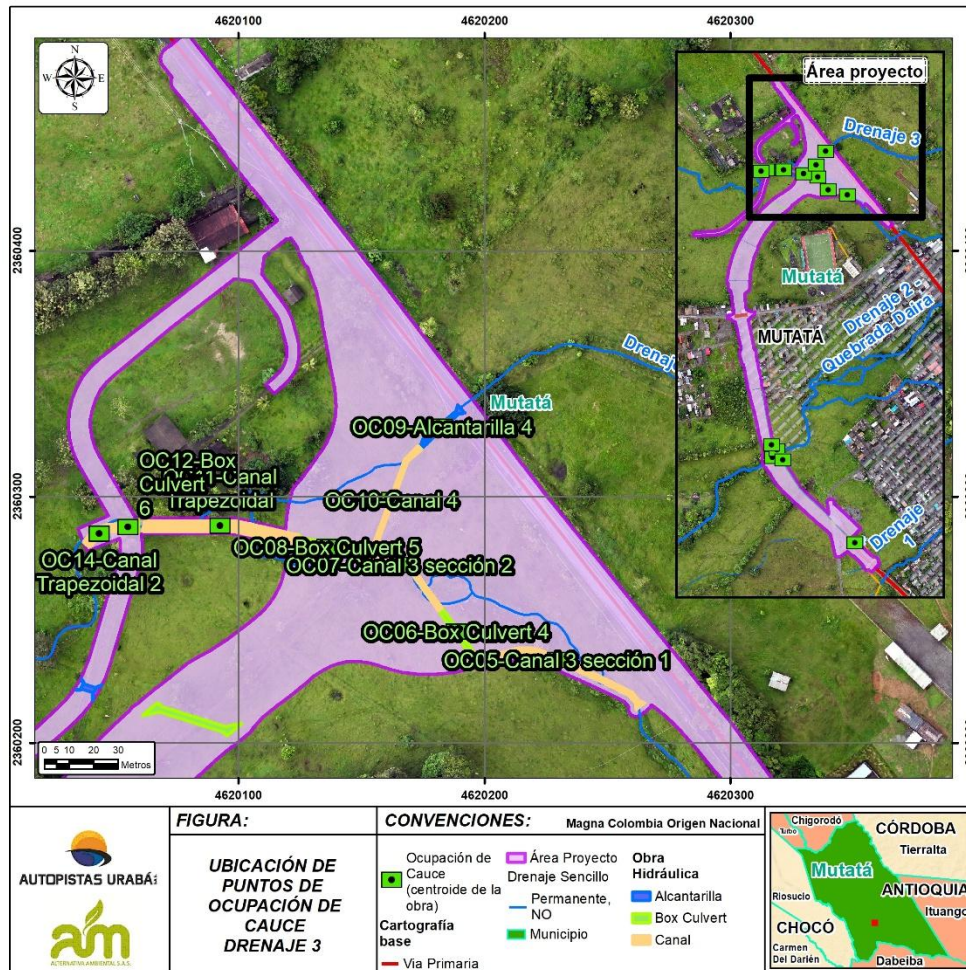
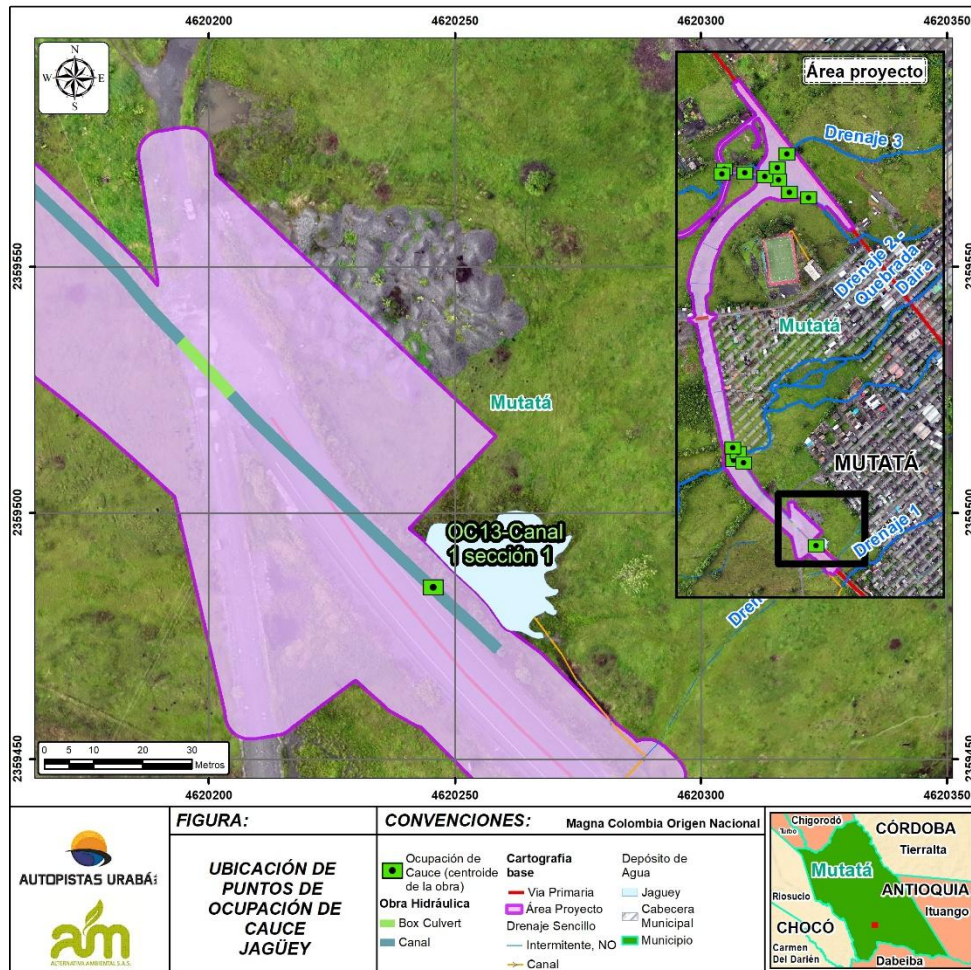


Figura 7.9 Ocupaciones de cauce - Drenaje 3

Fuente: Alternativa Ambiental, S.A.S., 2025.

En la Figura 7.10 se presenta la obra de ocupación de cauce asociada al punto OC13, correspondiente a un canal de fondo uniforme cercano a un Jaguey al lado de la vía.



**Figura 7.10 Ocupación de cauce - Jagüey**  
Fuente: Alternativa Ambiental, S.A.S., 2025.

### 7.4.7.3 Evaluación hidráulica de las obras

#### 7.4.7.3.1 Canales de fondo uniforme

Para establecer cuál es la capacidad de los canales, se emplea la fórmula de Manning, donde Q es el caudal transportado por el canal en m<sup>3</sup>/s, n es el coeficiente de rugosidad de Manning (n=0,014), A es el área mojada en m<sup>2</sup>, RH es el radio hidráulico en m y S es la pendiente del canal en m/m.

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n}$$

Los resultados de la evaluación hidráulica de los tramos de fondo uniforme y cunetas se muestran en el Anexo "Anexos\_C7/7\_1\_Ocup\_Cauce - Informes". En resumen, de los análisis hidráulicos, se resalta que:

- Las velocidades varían entre 2.8 m/s y 7.6 m/s con un promedio de 4.4 m/s. Las velocidades estimadas no superan el valor máximo permisible de 15 m/s, según el manual de INVIAS.
- Las profundidades en los canales varían entre 0.2 m y 0.8 m con un promedio de 0.5 m.
- Las dimensiones de los canales y cunetas cumplen con la capacidad de transportar el caudal de diseño.
- Se realizó una evaluación hidráulica específica para la cuneta de la vía propuesta, en la cual se elaboró la curva de capacidad, que relaciona la pendiente con el caudal. Durante este proceso, se verificó que las cunetas planificadas cumplen con la capacidad necesaria para transportar el caudal estimado de diseño.

En la Tabla 7.12 se presentan las características generales de las obras correspondientes a canales de fondo uniforme y al canal trapezoidal en terreno natural.

**Tabla 7.12 Características de los canales y área tributaria asociada**

Ocupación de cauce relacionada	Obra	AT	L [m]	a [m]	b [m]	Talud
OC03	Canal 2	A03	136,16	0,50	1,20	NA
OC04	Canal 1 sección 2	A01	180,00	0,50	2,00	NA
OC05	Canal 3 sección 1	A08	73,80	1,00	1,50	NA
OC07	Canal 3 sección 2	A08	42,00	1,00	1,50	NA
OC10	Canal 4	A09	52,13	1,00	1,20	NA
OC11	Canal Trapezoidal	A09, A10	57,59	Variable	4,35	0,50
OC13	Canal 1 sección 1	A01	75,00	0,50	2,00	NA
OC14	Canal trapezoidal2	A08, A09, A10	14,37	1,00	5,00	0,50

L=Longitud conducto, a=alto, b= ancho, AT= Área tributaria.

Fuente: Alternativa Ambiental, S.A.S., 2025.

#### 7.4.7.3.2 Canales escalonados

Los canales escalonados son efectivos para disipar la energía de un flujo supercrítico o de un flujo con alta energía cinética. Para diseñar estos canales se requiere determinar las velocidades y profundidades del flujo supercrítico en la caída o en la rampa cuyas condiciones varían dependiendo de la altura del escalón, la pendiente del canal, el caudal, el ancho del canal, la altura total del canal escalonado y la geometría aguas arriba del canal escalonado.

Este tipo de canales se diseñaron de acuerdo con la metodología propuesta en "Hydraulics of stepped structure: importance of flow regimes on stepped chutes and practical application in developing countries"<sup>13</sup>

Los resultados de la evaluación hidráulica de los tramos escalonados de los canales se muestran en el Anexo "Anexos\_C7/7\_1\_Ocup\_Cauce - Informes". En resumen, de los análisis hidráulicos, se resalta que:

- Las velocidades varían entre 1.6 m/s y 5.0 m/s con un promedio de 3.0 m/s. Las velocidades estimadas no superan el valor máximo permisible de 15 m/s, según el manual de INVIAS.

<sup>13</sup> (Llano Gutierrez, 2003)

- Las profundidades en los canales varían entre 0.1 m y 0.4 m con un promedio de 0.2 m. Las dimensiones de las obras cumplen de manera que la profundidad hidráulica sea menor o igual a la altura del canal seleccionado.

En la Tabla 7.13 se presentan las características del canal escalonado y el área tributaria asociada.

**Tabla 7.13 Características de los canales escalonados y área tributaria asociada**

Ocupación de cauce relacionada	Obra	AT	L [m]	a [m]	b [m]	c.h [m]	h [m]
OC02	Canal escalonado 1	A03	14,00	1,20	0,50	0,40	0,83

L=Longitud conducto, a=ancho box, b=altura box, AT= Área tributaria.

Fuente: Alternativa Ambiental, S.A.S., 2025.

#### 7.4.7.3.3 Obras de drenaje transversal o alcantarillas

Para la verificación hidráulicas de las obras se tienen en consideración las directrices del Manual de Drenaje para Carreteras<sup>14</sup>. Específicamente para este tipo de obras se utilizó el Software HY-8 (Federal Highway Administration del U.S. Department of Transportation) el cual tiene en consideración el rango de caudales, la geometría de las condiciones de encole, conducto y descole. La sección transversal de la vía, etc.

Cabe mencionar que los box culvert 4 y 5 correspondientes a las ocupaciones de cauce OC06 y OC08, se analizaron como canales de fondo uniforme, con base en la siguiente justificación:

- Al no presentar condiciones de control en la entrada (como una transición abrupta en el flujo), se cumple uno de los supuestos fundamentales para aplicar la ecuación de Manning. Esta requiere de flujo uniforme a lo largo del canal o box culvert.
- El box culvert funciona efectivamente como un canal abierto de fondo uniforme, con dimensiones constantes a lo largo de su longitud. Esto valida modelarlo como tal con la ecuación de Manning, en lugar de métodos más complejos.
- La presencia de una línea paralela de canal abierto aguas arriba y con las mismas dimensiones hidráulicas refuerza la condición de uniformidad requerida por la ecuación de Manning. No hay discontinuidades significativas en el flujo.
- Dado que no se busca modelar efectos específicos locales dentro de box culvert (como remansos), el uso de Manning como modelo integral es una suposición ingenierilmente válida y preferible por su simplicidad.
- En resumen, la uniformidad del canal, la ausencia de controles internos al flujo, y la presencia de una canal de aproximación equivalente, técnicamente soportan el uso de la ecuación de Manning para los análisis presentados.

En la Tabla 7.14 se presentan las áreas tributarias de las obras de cruce mencionadas que corresponden a ocupación de cauce, así como el caudal de diseño utilizado para el diseño de cada obra.

<sup>14</sup> (INVIAS, 2009)

**Tabla 7.14 Área tributaria para las obras de cruce y su caudal de diseño**

ID Ocupación de cauce	ID Alcantarilla	N	L [m]	Ø [m]	a [m]	b [m]	TR [Años]	AT	Q [m <sup>3</sup> /s]
OC01	Box Culvert 2	1,00	27,02	NA	3,00	2,50	20	A01 + A02 + A03 + escorrentía vía	23,10
OC06	Box Culvert 4	1,00	18,89	NA	1,00	1,50	20	A08	4,50
OC08	Box Culvert 5	1,00	16,55	NA	1,00	2,50	20	A08, A09, A10	8,28
OC09	Alcantarilla 4	1,00	21,2	1,50	NA	NA	20	A09	3,30
OC12	Box Culvert 6	1,00	9,36	NA	1,00	2,50	20	A08, A09, A10	8,28

N=número de ductos, L=Longitud conducto, Ø=Diámetro conducto, a=ancho box, b=altura box, Tr= Periodo de retorno de diseño, AT=Área tributaria de la obra, Qc=Caudal de diseño

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental S.A.S., 2025.

De esta manera, en el Anexo "Anexo\_C7/7\_1\_Ocup\_Cauce – Informes" se puede apreciar en detalle la evaluación hidráulica de las alcantarillas proyectadas en las que se aplica este tipo de modelo. En la Tabla 7.15, se presenta un resumen de los análisis hidráulicos, donde se resalta que:

- Las velocidades varían entre 1.2 m/s y 5.5 m/s con un promedio de 3.2 m/s. Las velocidades estimadas no superan el valor máximo permisible de 15 m/s, según el manual de INVIAS.
- Las profundidades en el conducto varían entre 0.1 m y 1.6 m con un promedio de 0.7 m.
- Adicionalmente, se verifica las condiciones de sumergencia  $\frac{H_w}{D} \leq 1,2$  para este informe tenemos las variables  $\frac{Y_{n,E}}{a} \leq 1.2$ . De esta manera podemos apreciar en que las obras proyectadas cumplen.
- En el archivo Anexo "Anexo\_C7/7\_1\_Ocup\_Cauce – HY-8" se adjunta los modelos HY8.

**Tabla 7.15 Resumen evaluación hidráulica de las obras transversales proyectadas**

ID Alc.	He [m]	Yn_E [m]	Ys_D [m]	Yn [m]	Yc [m]	Yc_C [m]	Yc_CA [m]	V_C [m/s]	V_CA [m/s]	Yn_E/a (Hw/D)
Box Culvert 2	120,70	2,90	2,20	1,20	1,80	1,40	1,20	5,50	3,10	1,20
Alcantarilla 4	129,90	1,50	0,90	0,60	1,00	0,70	0,30	4,10	7,30	1,00

He=Elevación cabeza de agua, Yn\_E=Profundidad de control en la entrada, Ys\_D=Profundidad de control en la salida, Yn=Profundidad normal en el conducto, Yc=profundidad crítica, Yn\_C=Profundidad en a la salida del conducto, Yn\_CA=Profundidad en el canal aguas abajo, V\_C=Velocidad en la salida del ducto, V\_CA=Velocidad en el canal aguas abajo, Yn\_E/a Hw/D=Relación cabeza hidráulica-Altura canal

Fuente: Inteinsa, 2023, modificado por: Alternativa ambiental S.A.S., 2025.

#### 7.4.7.3.4 Filtros

Se plantean una serie de filtros los cuales se proyectan en la parte inferior de algunos tramos del terraplén de la vía. Estos filtros tienen el objetivo de manejar aguas subsuperficiales que se infiltran en la zona. La sección de dichos filtros corresponde a geometría rectangular con tubería de drenaje perforada.

En el Anexo "Anexo\_C7/7\_1\_Ocup\_Cauce – Informes", se muestran tanto los pasos del diseño y los resultados para el dimensionamiento del filtro, la tubería y las propiedades del geotextil.

En general, de los análisis se obtuvo un filtro de sección de 0.60 m x 0.6 m con una tubería de diámetro igual a 4" (100 mm).

Los planos de las obras de drenaje se presentan en el Anexo "Anexo\_C7/7\_1\_Ocup\_Cauce – planos"

#### 7.4.8 Estudio o análisis de socavación

En el proyecto no se realizan intervenciones en corrientes permanentes con magnitud importante ni se diseñaron obras mayores (Como puentes) que ameriten estudios de socavación.

Además, durante los recorridos de campo se constató la ausencia de procesos evidentes de erosión o socavación en las áreas circundantes de los drenajes. La estabilidad observada sugiere que las condiciones actuales no generan riesgos significativos de eventos de socavación.

#### 7.4.9 Procedimiento constructivo

El procedimiento constructivo de las obras hidráulicas constituye una etapa fundamental dentro del desarrollo del proyecto, en la medida en que garantiza la correcta materialización del diseño, la funcionalidad hidráulica de las estructuras y el cumplimiento normativo. Su definición obedece a criterios técnicos, ambientales y de seguridad, orientados a asegurar la estabilidad, durabilidad y eficiencia de las obras, así como a minimizar los impactos sobre el cauce, la biota y las comunidades aledañas

Las obras que intervendrán directamente los cauces corresponden a alcantarillas, box culverts, y canales. En la Tabla 7.16 se presenta un listado de los procedimientos constructivos asociados a la construcción de alcantarillas.

**Tabla 7.16 Proceso constructivo de alcantarillas**

Ítem	Descripción
<b>Localización y replanteo</b>	Se marcan en el terreno los puntos y cotas definidos en los planos, utilizando equipos topográficos y herramientas menores como estacas, alambres e hilos. También es común el uso de otros equipos de georreferenciación (estación total, niveles, plomadas, cinta métrica, GPS, entre otros).
<b>Encauzamiento temporal de la corriente</b>	Se recomienda realizar este procedimiento constructivo en época de baja precipitación, donde se deberá construir un canal temporal para el encauzamiento de las corrientes involucradas, de tal manera que permita el desarrollo de las actividades sin alterar el flujo natural de las mismas. Es recomendable realizar obras de estabilización, tales como trinchos en madera y sacos suelo-cemento para evitar la erosión lateral y el aporte de sedimentos a la corriente intervenida. (En el Anexo C7/7_1_Ocup_Cauce/ P_Desviacion_Cauce

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>
	se puede observar a detalle el proceso de encauzamiento o desviación temporal del cauce)
<b>Preparación del terreno</b>	Incluye descapote, excavación y nivelación hasta alcanzar la cota de diseño, mediante maquinaria o de manera manual según corresponda.
<b>Solado</b>	Sobre la superficie preparada se coloca una capa de concreto de 5 cm de espesor, o la definida por la interventoría.
<b>Instalación de la tubería</b>	Se ubica la tubería mientras el solado aún está fresco, asegurando pendiente y alineación. Las juntas deben humedecerse, limpiarse y sellarse con mortero.
<b>Atraque</b>	Una vez fraguado el mortero de las juntas, se coloca la mezcla lateral para fijar los tubos.
<b>Rellenos</b>	Implica el suministro, extendida y compactación del material de relleno de acuerdo con las especificaciones indicadas por el geotecnista y que por lo general corresponden a un valor mayor al 95% del Proctor modificado (Significa que el suelo en campo debe alcanzar al menos el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el laboratorio, bajo las mismas condiciones de humedad.).

Fuente: Alternativa Ambiental, S.A.S., 2025.

Respecto a los procedimientos asociados a la construcción de los box culvert, en la Tabla 7.17 se presentan en general, los procedimientos constructivos.

**Tabla 7.17 Proceso constructivo de Box Culvert**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>
<b>Localización y replanteo</b>	Se definen en campo los ejes y puntos de cimentación de acuerdo con los planos del diseño. También es común el uso de otros equipos de georreferenciación (estación total, niveles, plomadas, cinta métrica, GPS, entre otros).
<b>Desvío de la corriente</b>	Se recomienda realizar este procedimiento constructivo en época de baja precipitación, donde se deberá construir un canal temporal para el encauzamiento de las corrientes involucradas, de tal manera que permita el desarrollo de las actividades sin alterar el flujo natural de las mismas. Es recomendable realizar obras de estabilización, tales como trinchos en madera y sacos suelo-cemento para evitar la erosión lateral y el aporte de sedimentos a la corriente intervenida. (En el Anexo_C7/7_1_Ocup_Cauce/P_Desviacion_Cauce se puede observar a detalle el proceso de encauzamiento o desviación temporal del cauce)
<b>Preparación del terreno</b>	Incluye excavación, perfilado y adecuación del área para la cimentación.
<b>Cimentación</b>	Implica la construcción de placa, vigas o atraque en concreto ciclópeo con el objetivo de apoyar y transmitir las cargas de la propia estructura y las generadas por la vía y tránsito de vehículos.
<b>Placa de fondo</b>	Esta etapa consiste en el amarre del refuerzo en ambos sentidos según el diseño, instalación de la formaleta, vaciado y vibrado de concreto para conformar

Ítem	Descripción
	una placa maciza de espesor variable sobre la cual se construirán los muros del box. Se debe prever la instalación del acero de arranque para los muros.
<b>Muros</b>	Levantamiento de los muros mediante armado de refuerzo, instalación de formaleta y vaciado de concreto, verificando verticalidad.
<b>Placa superior</b>	Construcción de la losa superior con refuerzo, formaleta y concreto, que servirá como soporte de la vía.
<b>Aletas</b>	Construcción de muros de confinamiento para retener los rellenos laterales y estabilizar la banca.
<b>Rellenos</b>	Implica el suministro, extendida y compactación del material de relleno de acuerdo con las especificaciones indicadas por el geotecnista y que por lo general corresponden a un valor mayor al 95% del Proctor modificado (Significa que el suelo en campo debe alcanzar al menos el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el laboratorio, bajo las mismas condiciones de humedad.).
<b>Actividades de restauración</b>	Comprenden limpieza, retiro de sobrantes, señalización y redirección del flujo hacia la nueva estructura.

Fuente: Alternativa Ambiental, S.A.S., 2025.

Respecto al procedimiento constructivo de los canales revestidos y en terreno natural, en la Tabla 7.18 se presenta el respectivo paso a paso.

**Tabla 7.18 Proceso constructivo de canal**

Ítem	Descripción
<b>Localización y replanteo</b>	Consiste en ubicar en el terreno el eje del canal y las secciones transversales, de acuerdo con los planos de diseño. Se utilizan equipos topográficos (estación total, niveles, plomadas, cinta métrica, GPS, entre otros) para garantizar la alineación, cotas de fondo y taludes proyectados.
<b>Desvío o control de la corriente</b>	Se recomienda realizar este procedimiento constructivo en época de baja precipitación, donde se deberá construir un canal temporal para el encauzamiento de las corrientes involucradas, de tal manera que permita el desarrollo de las actividades sin alterar el flujo natural de las mismas. Es recomendable realizar obras de estabilización, tales como trinchos en madera y sacos suelo-cemento para evitar la erosión lateral y el aporte de sedimentos a la corriente intervenida. (En el Anexo_C7/7_1_Ocup_Cauce/ P_Desviacion_Cauce se puede observar a detalle el proceso de encauzamiento o desviación temporal del cauce)
<b>Preparación del terreno</b>	Incluye actividades de desmonte, descapote y limpieza de la franja destinada al canal, retirando material vegetal, escombros y suelos no aptos. Se realiza la excavación inicial para adecuar la zona a la sección proyectada.
<b>Excavación y conformación de la sección</b>	Se efectúa la excavación mecánica o manual hasta alcanzar las dimensiones del canal (ancho de solera, taludes y profundidad), cuidando la estabilidad de los taludes naturales. El material sobrante se transporta o reutiliza en rellenos controlados.

Ítem	Descripción
<b>Perfilado y compactación de taludes y fondo</b>	Una vez conformada la sección, se perfilan y afinan los taludes para dar la pendiente diseñada, evitando erosiones o inestabilidades. El fondo y los laterales se compactan de manera controlada para garantizar la estabilidad estructural.
<b>Revestimiento (si aplica)</b>	Según el diseño, se procede a revestir el canal con materiales como concreto simple, mampostería en piedra o enrocado, a fin de evitar erosión y pérdidas por infiltración. En canales no revestidos, se recomienda la siembra de coberturas vegetales para protección contra erosión.
<b>Rellenos laterales y estabilización</b>	El material sobrante de la excavación se reutiliza como relleno lateral cuando sea posible. Se compacta y estabiliza la banca con pendientes suaves para prevenir deslizamientos o erosión.
<b>Actividades de finalización y restauración</b>	Consisten en la limpieza general, retiro de materiales sobrantes y adecuación ambiental del área. Incluye la revegetalización de los taludes, instalación de señalización y la reorientación del flujo hacia la nueva estructura.

Fuente: Alternativa Ambiental, S.A.S., 2025.

Como se observa anteriormente, los procedimientos constructivos de obras hidráulicas comparten etapas comunes, siendo crítica la desviación provisional del cauce, que debe planificarse cuidadosamente para garantizar la continuidad del flujo y la protección de la biota. Estos procesos deben ejecutarse bajo condiciones controladas, con supervisión técnica y ambiental, asegurando tanto la estabilidad estructural como la sostenibilidad ambiental del proyecto.

La desviación provisional debe ejecutarse en épocas de baja precipitación, lo que permite darle continuidad al flujo sin generar impactos significativos sobre la corriente. De igual manera, requiere medidas complementarias como trinchos, enrocados, etc, que aseguren la estabilidad de los taludes y reduzcan el aporte de sedimentos, evitando afectaciones en la calidad del recurso hídrico.

Adicionalmente se deben tener consideraciones ambientales como el rescate de fauna acuática cuando sea necesario y la revegetalización en taludes y áreas intervenidas para reducir erosión y favorecer la recuperación ecológica del entorno. Otro punto relevante es el control de calidad en cada fase: desde la correcta compactación de rellenos, pasando por el curado adecuado de concretos y la verificación topográfica de cotas y alineamientos, hasta la supervisión continua por parte de los equipos técnico, ambiental y de seguridad. Este acompañamiento asegura la reducción de riesgos, tanto estructurales como ambientales, durante y después de la construcción.

#### 7.4.10 Conclusiones y recomendaciones

En el sitio de estudio de la variante Mutatá, se resalta una topografía plana a levemente ondulada por lo que el sistema de drenaje cuenta con pendientes bajas lo que se traduce en evacuación de caudales en eventos de precipitación de forma más lenta.

Con base en la caracterización morfométrica de las cuencas, se tienen áreas que varían entre 0.1 ha y 61.4 ha con pendientes medias entre 2% y 14%, la pendiente media promedio de todas las cuencas es del 6%, indicando, en su mayoría, que las áreas delimitadas se encuentran en

terrenos de pendiente suave. El uso del suelo o cobertura que predomina está asociado a zonas urbanas, también se tiene coberturas de zonas con pastizales y bosques.

El tiempo de concentración mínimo es de 15 minutos, de acuerdo con los lineamientos del Manual de Drenaje para Carreteras INVIAS. Los tiempos estimados varían entre 15 y 27 minutos.

Dado la ausencia de registros directos de caudal, se ha recurrido al uso de relaciones Lluvia–Escorrentía para la estimación de caudales máximos en cada cuenca dentro del sitio de estudio. Se ha optado por no emplear métodos sintéticos, ya que ninguna cuenca presenta áreas mayores a 2.5 km<sup>2</sup>. En este contexto, el método Racional se presenta como la elección adecuada, cumpliendo con las hipótesis planteadas y permitiendo la estimación de los caudales únicamente mediante este método.

Respecto a las obras requeridas, se recomienda monitorear las alcantarillas, box culverts y sus cauces asociados, especialmente en épocas de lluvias intensas, para detectar y atender oportunamente cualquier anomalía.

Las obras proyectadas se componen cunetas, canales de fondo uniforme y escalonado, obras de cruce con sección circular y rectangular, y tramos con filtros. Las velocidades estimadas en la evaluación hidráulica de las obras proyectadas son menores a 15 m/s, cumpliendo con las velocidades máximas permisibles en canales artificiales.

Para todas las obras, una vez construidas se recomienda incluir el plan de mantenimiento, realizar una limpieza completa de los cauces en los tramos cercanos a las obras, retirando sedimentos, basuras y cualquier elemento extraño, para evitar obstrucciones y garantizar el buen funcionamiento del sistema de drenaje. La frecuencia dependerá del tipo de alcantarilla y las condiciones específicas del sitio. Esto se puede hacer de forma manual o con maquinaria, dependiendo de la magnitud de las actividades requeridas.

En el proyecto no se intervienen corrientes permanentes de magnitud importante ni se diseñaron obras mayores (como puentes) que ameriten estudios de socavación.

Además, durante los recorridos de campo se constató la ausencia de procesos evidentes de erosión o socavación en las áreas circundantes de los drenajes. La estabilidad observada sugiere que las condiciones actuales no generan riesgos significativos de eventos de socavación.

## 7.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL

Para la ejecución de las obras asociadas al proyecto Modificación de la licencia ambiental "Construcción de La Variante Mutatá (UF4) de La Concesión Autopista Al Mar 2", se requiere realizar el aprovechamiento forestal de los individuos arbóreos que interfieren con el desarrollo de la construcción. Los individuos arbóreos que son requeridos para intervención se encuentran distribuidos en un [área de aprovechamiento forestal de 1,99 ha](#).

La presente solicitud se enmarca en los lineamientos establecidos por la normativa ambiental vigente, específicamente en lo dispuesto en el Decreto 1076 de 2015, que regula los permisos de aprovechamiento forestal único para proyectos de infraestructura. Como parte de la documentación requerida, se adjunta el Formulario Único Nacional para la Solicitud de Permiso de Aprovechamiento Forestal (FUN\_Aprov) en la ruta: Anexos\_C7/7\_5\_Aprov\_Forest.

Con el fin de cumplir con los lineamientos establecidos para la solicitud de aprovechamiento forestal, se realizó un inventario bajo el permiso de investigación científica otorgado por la ANLA, mediante la Resolución No. 02373 del 29 de septiembre del 2022. Durante este inventario se realizó un censo al 100%, donde se identificaron todos los individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm, clasificados en la categoría de crecimiento como fustales.

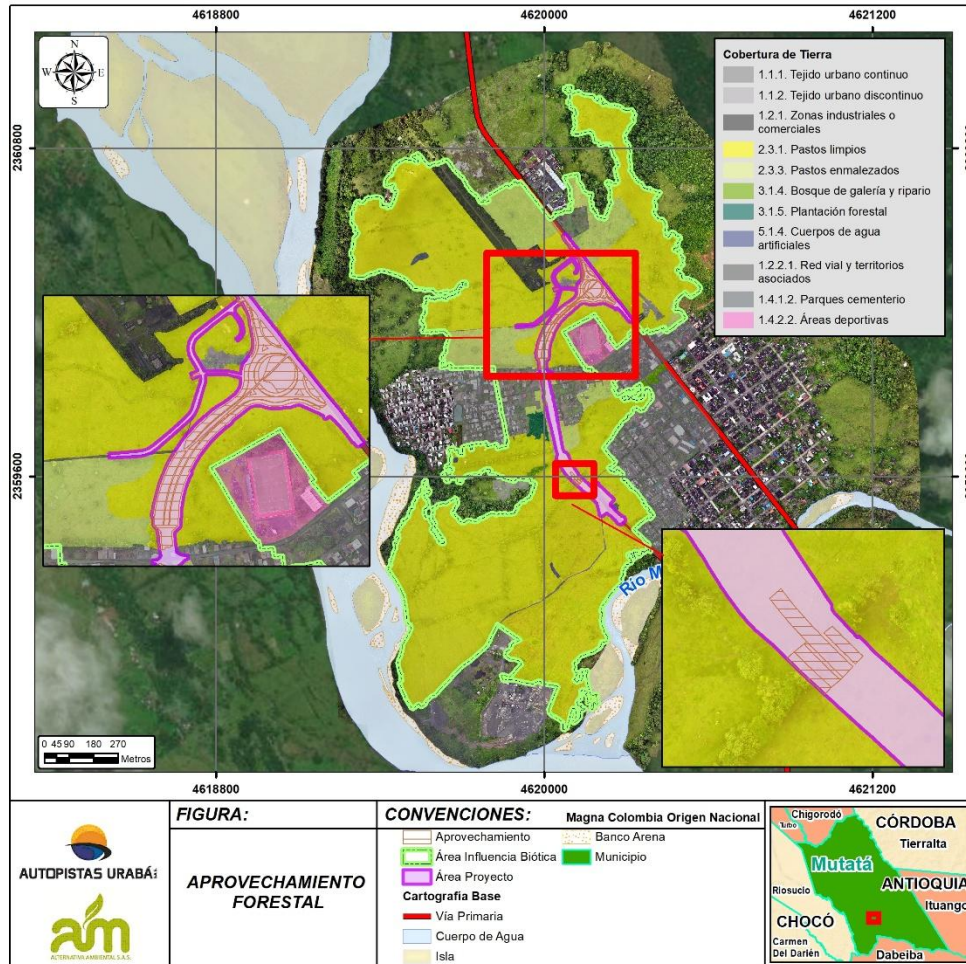
En el [área de aprovechamiento forestal](#) del proyecto, se encuentran [dos \(2\) coberturas asociadas](#), como se presenta en la Tabla 7.19, dentro de las cuales se encuentran coberturas vegetales y coberturas artificiales, clasificadas a partir de la categoría Corine Land Cover, adaptada para Colombia.

Es importante recalcar que en la remediación de los individuos arbóreos respondiente el Requerimiento "20.a numeral i" en donde se encontraron un total de 25 árboles en condición de muerto y talado por causas ajenas al proyecto. Durante el presente capítulo se detallará la información de cada uno de los árboles encontrados en esta condición.

**Tabla 7.19 Coberturas presentes en el área de intervención del proyecto**

Cobertura	Área de aprovechamiento forestal	
	ha	%
Pastos Enmalezados	0,06	3,02
Pastos Limpios	1,93	96,98
<b>Total</b>	<b>1,99</b>	<b>100</b>

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.



**Figura 7.11 Coberturas presentes en el área de intervención**  
Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.

### 7.5.1 Resultados del inventario al 100%

Se realizó el censo al 100% de todos los individuos presentes en el área de intervención del proyecto, en donde se encontraron un total de 105 árboles que podrían interferir con las obras del proyecto vial. El pasado 4 de septiembre del 2025 se ejecutó una actualización de medidas dasométricas conforme a la respuesta del requerimiento 20, numeral a, apartado "i", en donde se identificaron algunos árboles muertos y talados en el área de estudio, condición que obedece a factores externos al proyecto. En esta remediación del inventario se encontraron en total 105 árboles que serán solicitados para aprovechamiento forestal. (Ver Tabla 7.20).

**Tabla 7.20 Individuos a solicitar de acuerdo con el tipo de intervención**

<b>Intervención</b>	<b>Cobertura</b>	<b>Número de individuos</b>
Tala	Pastos enmalezados	16
	Pastos limpios	89
<b>Total Tala</b>		<b>105</b>

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.

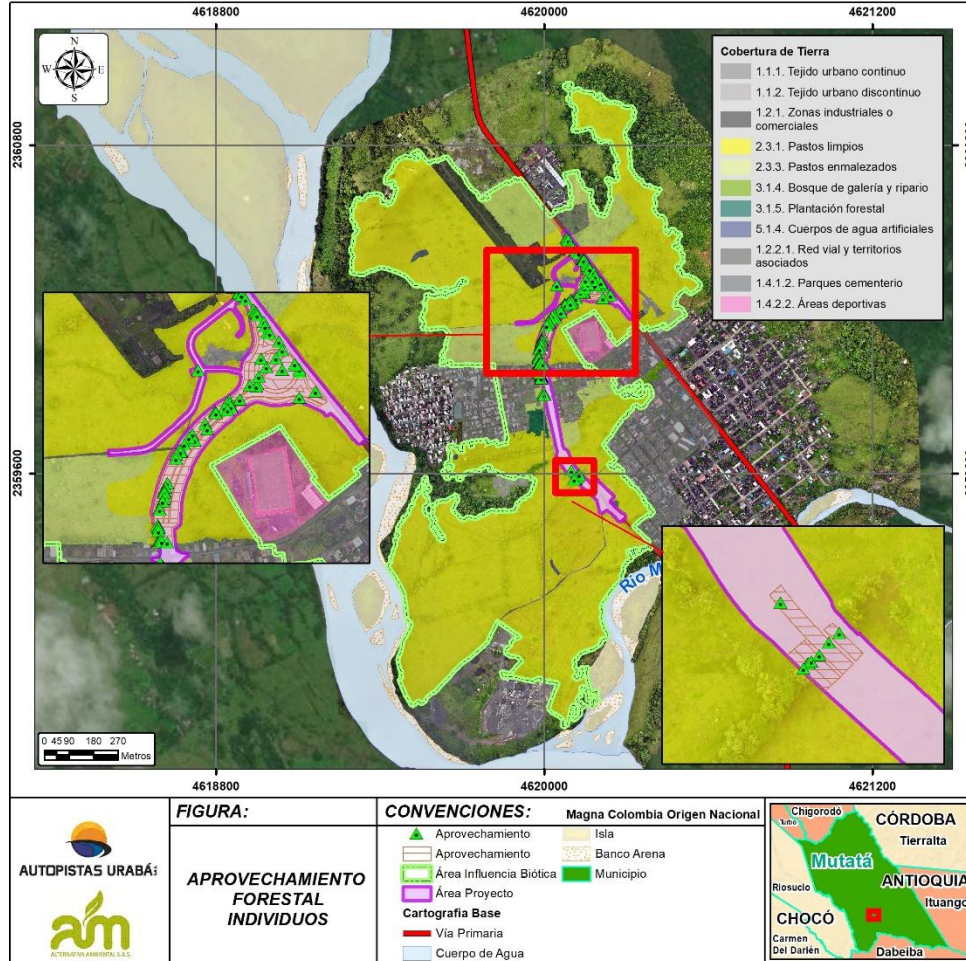


Figura 7.12 Localización de los árboles para tala

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.

En la Tabla 7.21 se detalla la composición florística de las especies encontradas en el inventario realizado el pasado cuatro (4) de septiembre del 2025 para los 105 árboles distribuidos en 14 familias, 20 géneros y 23 especies. La especie que presentó la mayor abundancia fue *Gliricidia sepium* con 31 árboles registrados, siendo una especie ampliamente plantada y utilizada en el proyecto como cerco vivo, al igual que la especie *Swinglea glutinosa*.

Tabla 7.21 Composición florística del inventario forestal

Familia	Género	Especie	Total
Anacardiaceae	Spondias	<i>Spondias dulcis</i>	1
Bignoniaceae	Jacaranda	<i>Jacaranda hesperia</i>	2
Cannabaceae	Trema	<i>Trema micrantha</i>	1
Euphorbiaceae	Hura	<i>Hura crepitans</i>	1
	Sapium	<i>Sapium laurifolium</i>	1

Familia	Género	Especie	Total
Fabaceae	Gliricidia	<i>Gliricidia sepium</i>	31
	Inga	<i>Inga spectabilis</i>	1
Lamiaceae	Gmelina	<i>Gmelina arborea</i>	1
	Tectona	<i>Tectona grandis</i>	1
Lauraceae	Ocotea	<i>Ocotea puberula</i>	6
Malvaceae	Luehea	<i>Luehea seemannii</i>	1
Meliaceae	Cedrela	<i>Cedrela odorata</i>	1
Moraceae	Ficus	<i>Ficus donnell</i>	4
		<i>Ficus dugandii</i>	2
		<i>Ficus segoviae</i>	1
		<i>Ficus turrialbana</i>	2
Myrtaceae	Psidium	<i>Psidium guajava</i>	9
Rutaceae	Citrus	<i>Citrus × limon</i>	1
	Swinglea	<i>Swinglea glutinosa</i>	14
	Zanthoxylum	<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	15
Salicaceae	Casearia	<i>Casearia arguta</i>	1
Sapindaceae	Cupania	<i>Cupania latifolia</i>	6
	Melicoccus	<i>Melicoccus bijugatus</i>	2
<b>Total</b>			<b>105</b>

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.

## 7.5.2 Cálculos de volumen, biomasa y carbono

En función del tipo de intervención solicitada en el presente documento, los cálculos relacionados con el volumen, la biomasa y el carbono se realizan para los individuos objeto de tala.

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a un total de **105 individuos** arbóreos que han sido identificados para la tala.

### 7.5.2.1 Cálculos de volumen, biomasa y carbono por cobertura

Como se mencionó anteriormente, los individuos arbóreos objeto de solicitud de tala se encuentran distribuidos en las coberturas de Pastos enmalezados y Pastos limpios. Entre estas, la cobertura de Pastos limpios registra el mayor número de individuos, con un total de **89 árboles**, lo cual es consistente, dada su mayor extensión dentro del área de intervención. En contraste, en la cobertura de Pastos enmalezados se identificaron **16 individuos**.

De acuerdo con la Tabla 7.22, en total, los **105 individuos arbóreos** aportan un total de **37,51 toneladas** de biomasa, **18,76 toneladas de carbono** almacenado y **66,85 m<sup>3</sup> de volumen** total. De este total, la cobertura de Pastos limpios también presenta el mayor aporte en términos de biomasa, carbono almacenado y volumen total, con valores de **29,06 toneladas** de biomasa, **14,56 toneladas** de carbono almacenado y **51,58 m<sup>3</sup>** de volumen total.

**Tabla 7.22 Cálculos de volumen, biomasa y carbono por cobertura de los árboles registrados en el área de intervención que son solicitados para tala**

Cobertura	Nº Ind	Vol. Total (m3)	Vol. Com (m3)	Biomasa (ton)	Carbono (ton)
Pastos enmalezados	16	15,27	4,98	8,45	4,23
Pastos limpios	89	51,58	19,48	29,06	14,53
<b>Total</b>	<b>105</b>	<b>66,85</b>	<b>24,46</b>	<b>37,51</b>	<b>18,76</b>

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.

### 7.5.2.2 Cálculo de volumen, biomasa y carbono por especie

En cuanto a los cálculos de volumen, biomasa y carbono por especie, se obtuvo que la especie que aportó mayores valores fue *Ficus dugandii*, con valores de 13,89 toneladas de biomasa, 6,95 toneladas de carbono almacenado y 30,13 m<sup>3</sup> de volumen total como se observa en la Tabla 7.23. Esto se debió principalmente a que fue la especie con mayor porte, ya que como se puede observar solo tuvo dos (2) registros.

La segunda especie con mayores valores registrados fue *Gliricidia sepium*, con valores de 5,70 toneladas de biomasa, 2,85 toneladas de carbono almacenado y 8,26 m<sup>3</sup> de volumen total; *G. sepium*, fue la especie más abundante en el inventario realizado, con un total de 31 individuos. En tercer lugar, se presenta la especie *Zanthoxylum riedelianum*, con la segunda mayor abundancia y con un total de 3,83 toneladas de biomasa, 1,91 toneladas de carbono almacenado y 5,03 m<sup>3</sup> de volumen total.

**Tabla 7.23 Cálculos de volumen, biomasa y carbono por especie de los árboles registrados en el área de intervención que son solicitados para tala**

Cobertura	N° Ind	Vol. Total (m3)	Vol. Com (m3)	Biomasa (ton)	Carbono (ton)
<i>Casearia arguta</i>	1	0,07	0,03	0,06	0,03
<i>Cedrela odorata</i>	1	0,57	0,10	0,32	0,16
<i>Citrus × limon</i>	1	0,06	0,02	0,03	0,01
<i>Cupania latifolia</i>	6	0,93	0,30	0,61	0,31
<i>Ficus donnell</i>	4	6,22	2,83	3,04	1,52
<i>Ficus dugandii</i>	2	30,13	11,07	13,89	6,95
<i>Ficus segoviae</i>	1	2,63	1,20	1,30	0,65
<i>Ficus turrialbana</i>	2	1,18	0,27	0,60	0,30
<i>Gliricidia sepium</i>	31	8,26	2,63	5,70	2,85
<i>Gmelina arborea</i>	1	0,62	0,28	0,50	0,25
<i>Hura crepitans</i>	1	0,41	0,17	0,20	0,10
<i>Inga spectabilis</i>	1	0,90	0,16	0,67	0,34
<i>Jacaranda hesperia</i>	2	0,33	0,11	0,14	0,07
<i>Luehea seemannii</i>	1	2,37	0,49	1,69	0,85
<i>Melicoccus bijugatus</i>	2	0,26	0,10	0,25	0,12
<i>Ocotea puberula</i>	6	2,64	1,28	1,42	0,71
<i>Psidium guajava</i>	9	0,32	0,16	0,27	0,13
<i>Sapium laurifolium</i>	1	0,10	0,04	0,03	0,01
<i>Spondias dulcis</i>	1	0,21	0,11	0,11	0,06
<i>Swinglea glutinosa</i>	14	3,06	0,86	2,41	1,20
<i>Tectona grandis</i>	1	0,48	0,19	0,39	0,19
<i>Trema micrantha</i>	1	0,10	0,04	0,03	0,02
<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	15	5,03	2,01	3,83	1,91
<b>Total</b>	<b>105</b>	<b>66,85</b>	<b>24,46</b>	<b>37,51</b>	<b>18,76</b>

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.

### 7.5.2.3 Cálculo de volumen, biomasa y carbono en las obras del proyecto

Dentro de las obras que se pretende realizar para la "Construcción de La Variante Mutatá (UF4) de La Concesión Autopista Al Mar 2", se contemplan obras específicas que requieren la tala de los individuos arbóreos que podrían suponer un riesgo para el proyecto o que impiden la correcta ejecución de las obras. Es así como a continuación en la Tabla 7.24, se presenta el número de individuos que se requiere por obra, la biomasa, el carbono almacenado y el volumen total y comercial. En la Figura 7.13 se ilustra de forma general la localización de las obras objeto de la modificación de la licencia.

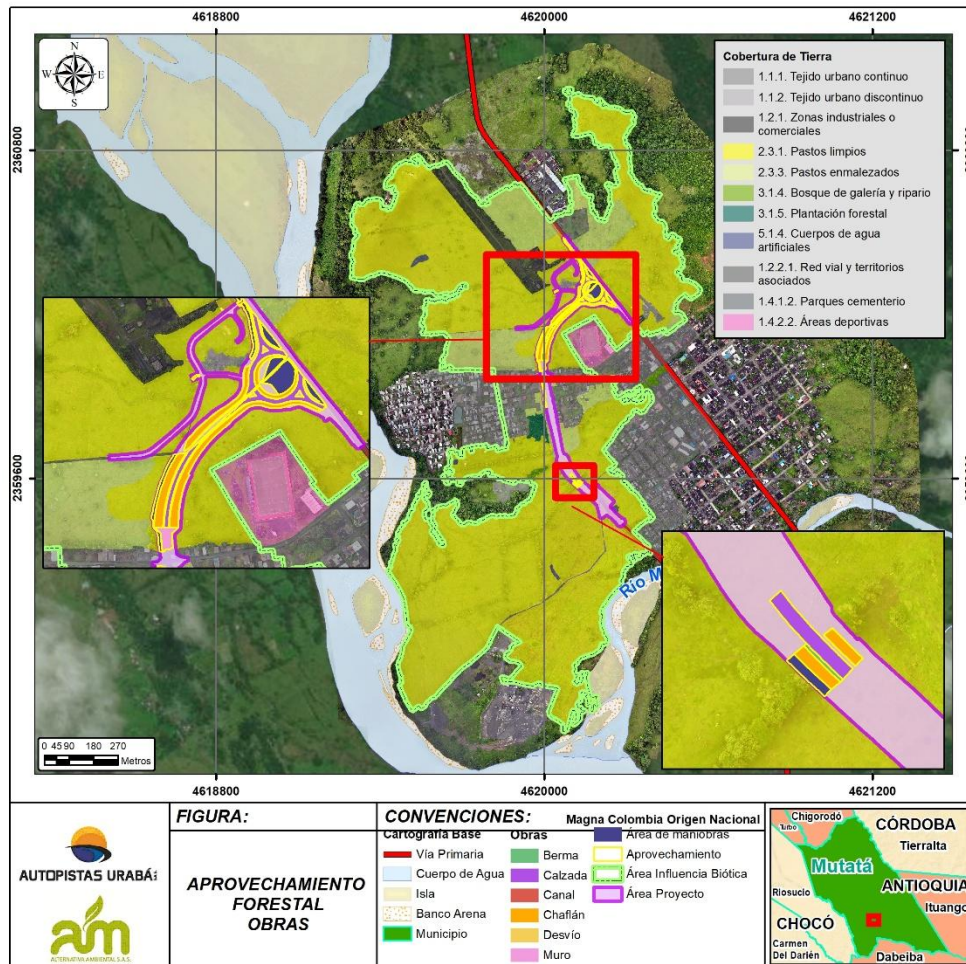
En total se requieren 105 individuos arbóreos de los cuales, de acuerdo con el diseño de la obra, 45 se encuentran en área de maniobra y se distribuyen en la cobertura de Pastos limpios y Pastos enmalezados; esta obra o actividad aporta así 20,40 toneladas de biomasa, 10,20 toneladas de carbono y 38,53 m<sup>3</sup> de volumen total. El área de maniobra abarca una franja de terreno adicional a la implantación que es variable en los tramos de la vía proyectada; esta área no se encuentra destinada para construcción de obras permanentes, sino como zonas de actividades temporales durante la fase constructiva que permita la adecuada operación de equipos, circulación de vehículas y maquinaria y almacenamiento provisional de materiales adecuadamente protegidos, así como tareas logísticas esenciales para el desarrollo del proyecto, asegurando y garantizando las actividades constructivas y el adecuado flujo de trabajo en el sitio.

Para las obras del chaflán de requiere la intervención de 31 individuos, que contribuyen con 7,68 toneladas de biomasa, 3,84 toneladas de carbono almacenado y 11,94 m<sup>3</sup> de volumen total.

**Tabla 7.24 Cálculos de volumen, biomasa y carbono por obra de los árboles registrados en el área de intervención que son solicitados para tala**

Obra asociada	Coberturas	Área de aprovechamiento (ha)	N° Ind.	Volumen		Biom (ton)	Carb (ton)
				Total (m3)	Com (m3)		
Área de maniobras	Pastos enmalezados	0,05	15	8,96	3,72	5,44	2,72
	Pastos limpios	0,49	30	29,57	11,99	14,96	7,48
Berma	Pastos limpios	0,04	3	0,61	0,20	0,46	0,23
Calzada	Pastos limpios	0,55	19	5,98	2,53	3,64	1,82
Canal	Pastos limpios	0,01	2	2,41	0,51	1,73	0,87
Chaflán	Pastos limpios	0,76	31	11,94	3,90	7,68	3,84
Muro	Pastos limpios	0,08	4	1,07	0,35	0,59	0,29
Desvío	Pastos enmalezados	0,01	1	6,30	1,26	3,01	1,51
<b>Total</b>		<b>1,99</b>	<b>105</b>	<b>66,85</b>	<b>24,46</b>	<b>37,51</b>	<b>18,76</b>

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.



### 7.5.3 Árboles encontrados en condición de muerto o talado por causas ajenas al proyecto

Durante el recorrido realizado para la remediación de los árboles solicitados para aprovechamiento forestal se pudo observar un total de 25 árboles de los cuales 21 se encontraron talados y 4 muertos. Es de suma importancia recalcar que los 25 individuos arbóreos que se encontraron muertos y talados es por causas ajenas al proyecto. En la Fotografía 7.6 se detalla evidencia de las actividades realizadas que **no** hacen parte del presente proyecto



**Fotografía 7.6 Registro fotográfico de los individuos talados por situación ajena al proyecto**  
Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.

En la Tabla 7.25 se detallan las especies encontradas muertas y taladas por situación ajena al presente proyecto, e donde se puede evidenciar que, en la condición de Muerto, se encontraron tres (3) especies *Gliricidia sepium*, *Moringa oleífera* y *Psidium guajava* con cuatro (4) árboles en total. Para la condición de Talado se encontraron en total 21 árboles distribuidos en *Swinglea glutinosa* y *Gliricidia sepium* asociadas a un cerco vivo. En la Figura 7.14 de detalla la ubicación de los 25 árboles talados y muertos por condiciones ajenas al proyecto.

**Tabla 7.25 Especies y número de individuos muertos y talados**

Condición	Especie	N° Individuos
Muerto	<i>Gliricidia sepium</i>	1
	<i>Moringa oleífera</i>	1
	<i>Psidium guajava</i>	2
Talado	<i>Gliricidia sepium</i>	4
	<i>Swinglea glutinosa</i>	17
<b>Total</b>		<b>25</b>

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.

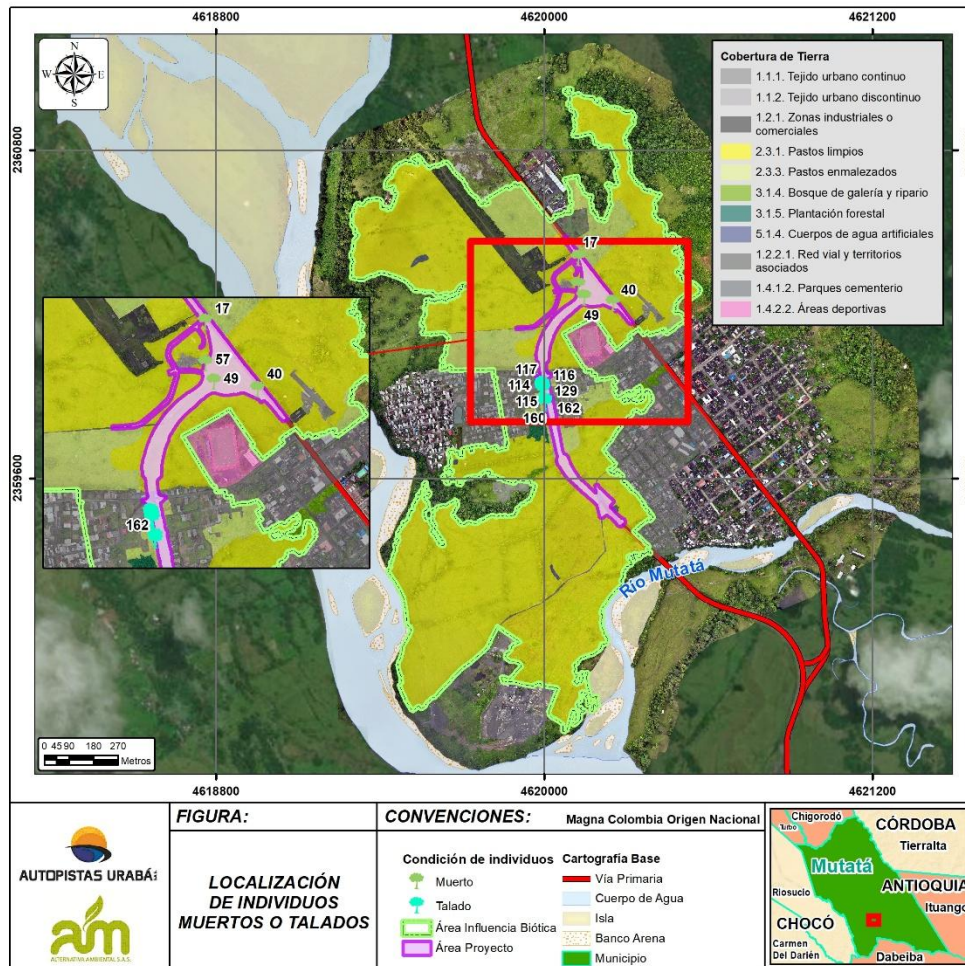


Figura 7.14 Localización de árboles talados y muertos encontrados por condiciones ajenas al proyecto

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.

## 7.5.4 Aprovechamiento de especies en veda Nacional, Regional o con algún tipo de amenaza

En este apartado, se detalla la información correspondiente al aprovechamiento de las especies mencionadas, incluyendo sus características, distribución y los parámetros considerados para su intervención.

### 7.5.4.1 Especies forestales

A partir del inventario realizado, se efectuó una verificación de vedas a nivel nacional y regional y no se encontró que alguna de las especies arbóreas muestreadas tuviera algún tipo de veda.

Así mismo, se identificaron las especies con se encontraban con algún grado de amenaza, de acuerdo con las categorías UICN, CITES y la Resolución No. 0126 de 2024 emitida por el

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Es importante resaltar que las categorías de amenaza surgen de la necesidad de mitigar los efectos negativos provocados por las actividades humanas en el medio ambiente y contrarrestar las significativas pérdidas de biodiversidad que se han producido a nivel global.

La CITES es un acuerdo internacional entre gobiernos que tiene como objetivo garantizar la conservación de las especies de fauna y flora silvestre mediante la regulación del comercio internacional<sup>15</sup>. Este acuerdo clasifica a las especies en tres apéndices, según el grado de amenaza que enfrentan debido a su comercialización: el Apéndice I incluye especies en peligro de extinción cuya comercialización está estrictamente prohibida, excepto en circunstancias excepcionales; el Apéndice II abarca especies que no están necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe ser regulado para evitar amenazas a su supervivencia; y el Apéndice III incluye especies protegidas en al menos un país miembro que ha solicitado cooperación internacional para controlar su comercio.

Por su parte, la UICN, anteriormente conocida como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y sus Recursos, es una asociación global que integra gobiernos, organizaciones no gubernamentales (ONG) y científicos. Su misión es promover la conservación de la integridad y diversidad de la naturaleza, al tiempo que fomenta un uso equitativo y sostenible de los recursos naturales. A través de la Lista Roja, la UICN clasifica a las especies en categorías que reflejan su estado de conservación, desde "Preocupación Menor" hasta "Extinción", proporcionando una herramienta clave para priorizar los esfuerzos de conservación a nivel global.

En el ámbito nacional, la Resolución No. 0126 de 2024 establece el listado oficial de especies silvestres amenazadas en la biodiversidad colombiana, tanto en ecosistemas continentales como marino-costeros. Este instrumento no solo define las categorías de amenaza, sino que también clasifica a las especies en riesgo, proporcionando directrices específicas para su conservación y manejo. De esta forma, se busca reducir la pérdida de biodiversidad y promover acciones orientadas a garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas en el territorio colombiano.

Es así como de acuerdo con el inventario realizado, se registraron dos especies con categoría de amenaza como se presenta en la Tabla 7.26. La especie *Cedrela odorata* registra en UICN como Vulnerable (VU), en CITES se registra en el apéndice II y en la Resolución 0126 como En Peligro (EN). Esta especie se caracteriza por ser de buena madera, usada en la construcción la carpintería y la ebanistería fina<sup>16</sup>. Debido a la calidad de la madera del cedro, los individuos de esta especie se han venido aprovechando selectivamente en bosques naturales desde hace 250 años para usos locales y para exportación<sup>17</sup>, los árboles de gran diámetro y fuste recto son difíciles de encontrar en estado natural<sup>18</sup>. Es importante tener en cuenta que este individuo se registró en la cobertura de Pastos limpios, por tanto, es posible que haya sido producto de una siembra.

Por otro lado, la especie *Tectona grandis*, presenta categoría de amenaza de acuerdo con la UICN, como una especie En Peligro (EN). Es importante resaltar que *T. grandis* ha sido catalogada como una especie en peligro debido a la degradación de su hábitat natural y a la

<sup>15</sup> (CITES, 2024)

<sup>16</sup> (Morales & Varon, 2013)

<sup>17</sup> (CITES, 2024)

<sup>18</sup> (Ruiz-Jiménez, De los Santos-Posadas, Parraguirre-Lezamac, & Saavedra-Millánd, 2018)

intensa explotación para la obtención de madera<sup>19</sup>; sin embargo, debido a que es una especie introducida, originaria de Asia, su categoría de amenaza se debe a que está en peligro de conservación en los bosques donde crece de manera natural. Es por lo anterior que su registro en el área de intervención puede estar relacionado con la intervención humana, dado que dentro del área de influencia se encuentra una plantación forestal constituida por esta especie.

**Tabla 7.26 Especies con categoría de amenaza registrados en el área de intervención**

Especie	Categoría UICN	Categoría CITES	Resolución 0126 de 2024	Número de individuos
<i>Cedrela odorata</i>	Vulnerable (VU)	Apéndice II	En Peligro (EN)	1
<i>Tectona grandis</i>	En Peligro (EN)	No aplica	No aplica	1
<b>Total</b>				<b>2</b>

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025

Dadas las categorías de amenaza de estas especies, se presenta en la Tabla 7.27, el volumen, la biomasa y el carbono que se aprovechara de los dos (2) individuos de *Tectona grandis* y *Cedrela odorata*. En total, estos dos (2) individuos, contribuyen con un **volumen total de 1,05 m<sup>3</sup>, 0,71 toneladas de biomasa y 0,35 toneladas de carbono almacenado.**

**Tabla 7.27 Volumen, Biomasa y Carbono de las especies con categoría de amenaza**

Especie	Biomasa (Ton)	Carbono (Ton)	Volumen (m3)	
			Volumen total	Volumen comercial
<i>Cedrela odorata</i>	0,32	0,16	0,57	0,10
<i>Tectona grandis</i>	0,39	0,19	0,48	0,19
<b>Total</b>	<b>0,71</b>	<b>0,35</b>	<b>1,05</b>	<b>0,30</b>

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025

#### 7.5.4.2 Forófitos muestreados

A continuación, se presenta en la Tabla 7.28, las coberturas presentes en el área de intervención, los forófitos teóricos a muestrear por cobertura y los forófitos que finalmente fueron muestreados.

Como resultado se obtuvo un total de 30 forófitos muestreados, distribuidos en las coberturas de Pastos enmalezados, Pastos limpios y Tejido urbano discontinuo.

**Tabla 7.28 Forófitos evaluados por cobertura**

Cobertura	Área de intervención		Forófitos/ha	Forófitos totales	Forófitos reales	Forófitos evaluados
	ha	%				
Pe	0,85	15,33	2,4	2,04	2	8
PI	3,78	68,32	2,4	9,07	9	14
Rv	0,84	15,19	0	0	0	0
Tuc	0,05	0,90	0	0	0	0
Tud	0,01	0,26	0	0	0	8
<b>Total</b>	<b>5,53</b>	<b>100,00</b>	<b>4,8</b>	<b>11,11</b>	<b>11</b>	<b>30</b>

\*Pe: Pastos enmalezados; PI: Pastos limpios; Rv: Red vial y territorios asociados; Tuc: Tejido urbano continuo; Tud: Tejido urbano discontinuo.

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025

<sup>19</sup> (IUCN, 2024)

### 7.5.4.3 Epifitas vasculares

Como resultado de la caracterización de los 30 forófitos, se registraron un total de 1038 individuos de epifitas vasculares, distribuidas en 15 familias y 44 especies. La cobertura con mayor número de individuos registrados fue Pastos limpios, con un total de 412, seguida por Tejido urbano discontinuo, que contabilizó 400 individuos. En contraste, la cobertura con menor cantidad de individuos fue Pastos enmalezados, con solo 226 registros (Ver Tabla 7.29).

En cuanto a las especies, la más abundante fue *Werauhia sanguinolenta*, con 153 individuos distribuidos en las tres (3) coberturas, seguida por *Tillandsia elongata*, que alcanzó 115 individuos. Por otro lado, cinco especies presentaron únicamente un individuo registrado cada una: *Aechmea sp.1*, *Guzmania lingulata*, *Ficus turrialbana*, *Maxillaria lutescens*, y *Maxillaria sp.1*.

En cuanto a los individuos de epifitas vasculares pertenecientes a la familia Bromeliaceae y Orchidaceae, se registraron 538 individuos, de los cuales 392 pertenecen a la familia Bromeliaceae y 146 pertenecen a la familia Orchidaceae. Dentro de estas dos (2) familias se registraron un total de 15 especies.

Tabla 7.29 Composición florística de epifitas vasculares

Cobertura	Familia	Especie	Nº Individuos
Pastos enmalezados	Araceae	<i>Anthurium friedrichsthali</i>	2
		<i>Anthurium obtusum</i>	2
		<i>Monstera adansonii</i>	3
		<i>Philodendron sp.1</i>	12
		<i>Philodendron sp.2</i>	7
		<i>Philodendron sp.3</i>	4
		<i>Stenospermaton weberbaueri</i>	2
	Bromeliaceae	<i>Tillandsia elongata</i>	37
		<i>Tillandsia polystachia</i>	4
		<i>Tillandsia sp.1</i>	21
		<i>Werauhia sanguinolenta</i>	10
	Gesneriaceae	<i>Columnea bilabiata</i>	5
	Lycopodiaceae	<i>Huperzia linifolia</i>	4
	Moraceae	<i>Ficus donnell-smithii</i>	1
	Nephrolepidaceae	<i>Nephrolepis rivularis</i>	1
	Orchidaceae	<i>Dimerandra emarginata</i>	15
		<i>Epidendrum microphyllum</i>	5
		<i>Epidendrum sp.1</i>	3
	Piperaceae	<i>Peperomia rotundifolia</i>	31
	Polypodiaceae	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	6
		<i>Campyloneurum nitidissimum</i>	10
		<i>Pecluma sp.1</i>	3
		<i>Pleopeltis desvauxii</i>	3
<i>Pleopeltis macrocarpa</i>		15	
	<i>Serpocaulon triseriale</i>	18	
Pteridaceae	<i>Vittaria lineata</i>	1	
Urticaceae	<i>Coussapoa villosa</i>	1	
Pastos limpios	Araceae	<i>Anthurium friedrichsthali</i>	2
		<i>Anthurium obtusum</i>	4
		<i>Anthurium salviniae</i>	10

Cobertura	Familia	Especie	N° Individuos
		<i>Monstera adansonii</i>	1
		<i>Philodendron sp.1</i>	5
		<i>Philodendron sp.2</i>	3
		<i>Philodendron sp.3</i>	9
		<i>Stenospermaton weberbaueri</i>	11
	Bromeliaceae	<i>Aechmea sp.1</i>	1
		<i>Catopsis nutans</i>	4
		<i>Tillandsia elongata</i>	57
		<i>Tillandsia polystachia</i>	32
		<i>Tillandsia sp.1</i>	11
		<i>Werauhia sanguinolenta</i>	46
	Cactaceae	<i>Epiphyllum phyllanthus</i>	9
	Clusiaceae	<i>Clusia sp.1</i>	2
	Gesneriaceae	<i>Codonanthopsis crassifolia</i>	4
		<i>Columnea angustata</i>	4
		<i>Columnea bilabiata</i>	6
	Loranthaceae	<i>Passovia pyrifolia</i>	2
	Lycopodiaceae	<i>Huperzia linifolia</i>	6
	Moraceae	<i>Ficus donnell-smithii</i>	5
		<i>Ficus turrialbana</i>	1
	Nephrolepidaceae	<i>Nephrolepis rivularis</i>	1
	Orchidaceae	<i>Dimerandra emarginata</i>	26
		<i>Epidendrum microphyllum</i>	7
		<i>Epidendrum pseudonocturnum</i>	1
		<i>Epidendrum sp.1</i>	9
		<i>Fernandezia lanceolata</i>	8
		<i>Maxillaria sp.1</i>	1
		<i>Notylia sagittifera</i>	9
	Piperaceae	<i>Peperomia rotundifolia</i>	46
	Polypodiaceae	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	10
		<i>Campyloneurum nitidissimum</i>	2
<i>Microgramma lycopodioides</i>		23	
<i>Pecluma sp.1</i>		1	
<i>Pleopeltis macrocarpa</i>		8	
<i>Serpocaulon triseriale</i>		5	
Pteridaceae	<i>Vittaria lineata</i>	14	
Santalaceae	<i>Phoradendron tardispicum</i>	5	
Urticaceae	<i>Coussapoa villosa</i>	1	
Tejido urbano discontinuo	Araceae	<i>Anthurium friedrichsthali</i>	2
		<i>Anthurium obtusum</i>	5
		<i>Philodendron sp.3</i>	14
		<i>Stenospermaton weberbaueri</i>	2
	Bromeliaceae	<i>Catopsis nutans</i>	15
		<i>Guzmanialingulata</i>	1
		<i>Tillandsia elongata</i>	21
		<i>Tillandsia polystachia</i>	10
		<i>Tillandsia sp.1</i>	25

Cobertura	Familia	Especie	N° Individuos
		<i>Werauhia sanguinolenta</i>	97
	Cactaceae	<i>Epiphyllum phyllanthus</i>	1
	Clusiaceae	<i>Clusia sp.1</i>	1
	Gesneriaceae	<i>Codonanthopsis crassifolia</i>	11
		<i>Columnea angustata</i>	2
		<i>Columnea bilabiata</i>	15
	Lycopodiaceae	<i>Huperzia linifolia</i>	10
	Moraceae	<i>Ficus donnell-smithii</i>	3
	Nephrolepidaceae	<i>Nephrolepis rivularis</i>	5
	Orchidaceae	<i>Dimerandra emarginata</i>	19
		<i>Epidendrum microphyllum</i>	3
		<i>Epidendrum pseudonocturnum</i>	9
		<i>Epidendrum sp.1</i>	16
		<i>Fernandezia lanceolata</i>	13
		<i>Maxillaria lutescens</i>	1
		<i>Notylia sagittifera</i>	1
	Piperaceae	<i>Peperomia rotundifolia</i>	33
	Polypodiaceae	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	13
		<i>Campyloneurum nitidissimum</i>	4
		<i>Microgramma lycopodioides</i>	7
		<i>Pleopeltis macrocarpa</i>	26
		<i>Serpocaulon triseriale</i>	7
	Pteridaceae	<i>Vittaria lineata</i>	4
	Santalaceae	<i>Phoradendron tardispicum</i>	4
<b>Total</b>			<b>1038</b>

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.

#### 7.5.4.4 Epifitas no vasculares

En el análisis de la composición florística de epifitas no vasculares dentro del área de influencia biótica, se realizó una distinción taxonómica entre los grupos de briófitos y líquenes. Los resultados mostraron que el 43,17% de la ocupación registrada correspondió al grupo de los briófitos, mientras que el 56,83% se asoció a los líquenes (Ver Tabla 7.30).

Los briófitos abarcan incluyen tres grupos principales: musgos, hepáticas y antoceros, mientras que los líquenes son asociaciones simbióticas entre un hongo (micobionte) y un organismo fotosintético, como un alga o una cianobacteria (fotobionte). En esta caracterización, la mayor representación de líquenes en comparación con los briófitos podría estar relacionada con los niveles de humedad y exposición solar derivados de la alta intervención observada en las coberturas. Esto se debe a que los líquenes presentan una mayor capacidad de adaptación a condiciones de baja humedad y alta exposición lumínica, en contraste con los briófitos, que requieren microhábitats más húmedos y protegidos<sup>20</sup>.

La especie con mayor área de ocupación fue *Cryptothecia striata* con 17,32%, seguida de *Zelometeorium patulum* con una ocupación del 10,96%. La primera especie pertenece al grupo de líquenes mientras la segunda pertenece al grupo de briofitos.

<sup>20</sup> (Linares, 1988)

**Tabla 7.30 Composición florística de las especies de epifitas no vasculares**

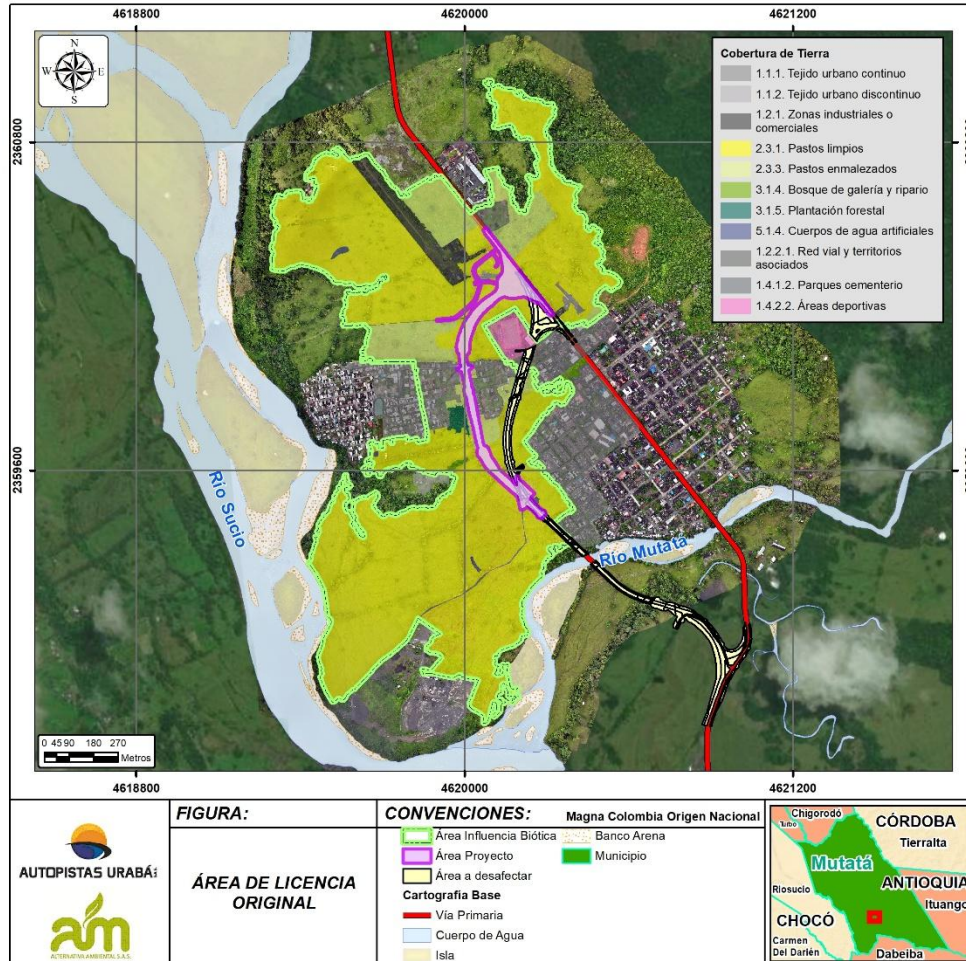
Grupo	Familia	Género	Especie	Área de ocupación	
				(cm <sup>2</sup> )	(%)
Briofito	Brachytheciaceae	Zelometeorium	<i>Zelometeorium patulum</i>	1248	10,96
	Calymperaceae	Calymperes	<i>Calymperes palisotii</i>	128	1,12
	Frullaniaceae	Frullania	<i>Frullania bogotensis</i>	52	0,46
			<i>Frullania gibbosa</i>	84	0,74
			<i>Frullania riojaneirensis</i>	816	7,17
	Lejeuneaceae	Lejeunea	<i>Lejeunea flava</i>	508	4,46
			<i>Lejeunea laetevirens</i>	1204	10,57
		Schiffneriolejeunea	<i>Schiffneriolejeunea polycarpa</i>	624	5,48
	Octoblepharaceae	Octoblepharum	<i>Octoblepharum albidum</i>	56	0,49
Pilotrichaceae	Lepidopilum	<i>Lepidopilum sp.1</i>	12	0,11	
Plagiochilaceae	Plagiochila	<i>Plagiochila sp.1</i>	112	0,98	
Sematophyllaceae	Meiothecium	<i>Meiothecium revolubile</i>	72	0,63	
Liquen	Arthoniaceae	Arthonia	<i>Arthonia antillarum</i>	480	4,21
			<i>Arthonia complanata</i>	492	4,32
			<i>Arthonia sp.1</i>	48	0,42
		Cryptothecia	<i>Cryptothecia striata</i>	1972	17,32
	Caliciaceae	Dirinaria	<i>Dirinaria picta</i>	272	2,39
	Coenogoniaceae	Coenogonium	<i>Coenogonium leprieurii</i>	100	0,88
	Collemataceae	Leptogium	<i>Leptogium azureum</i>	12	0,11
	Graphidaceae	Allographa	<i>Allographa ochracea</i>	128	1,12
			<i>Graphis cf. Acharii</i>	552	4,85
		Graphis	<i>Graphis glaucescens</i>	180	1,58
			<i>Graphis sp.1</i>	100	0,88
			<i>Phaeographis dendritica</i>	212	1,86
		Phaeographis	<i>Phaeographis haematites</i>	16	0,14
	<i>Phaeographis intricans</i>		432	3,79	
	Platygramme		<i>Platygramme caesiopruinosa</i>	64	0,56
	Monoblastiaceae	Anisomeridium	<i>Anisomeridium sp.1</i>	120	1,05
	Parmeliaceae	Bulbothrix	<i>Bulbothrix isidiza</i>	160	1,40
		Parmotrema	<i>Parmotrema tinctorum</i>	240	2,11
	Pertusariaceae	Pertusaria	<i>Pertusaria cf. Leioplaca</i>	64	0,56
			<i>Pertusaria sp.1</i>	248	2,18
Pyrenulaceae	Pyrenula	<i>Pyrenula cf. Anomala</i>	8	0,07	
		<i>Pyrenula pyrenuloides</i>	72	0,63	
Ramalinaceae	Phyllopsora	<i>Phyllopsora confusa</i>	248	2,18	
		<i>Phyllopsora parvifolia</i>	36	0,32	
Trypetheliaceae	Astrothelium	<i>Astrothelium nitidiusculum</i>	216	1,90	
<b>Total</b>				<b>11388</b>	<b>100</b>

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025

### 7.5.5 Exclusión de individuos arbóreos bajo la Resolución 01752 del 04 de septiembre del 2019 para la presente MLA

Conforme con la información suministrada por Autopistas Urabá S.A.S, se analizaron los nuevos diseños que son objeto de la modificación de licencia ambiental y con estos el área a desafectar con el fin de identificar los ecosistemas presentes en el diseño inicial que finalmente no

presentarán intervención. En la Figura 7.15 se ilustra el área mencionada asociada a la zona a desafectar.



**Figura 7.15 Área a desafectar**  
Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.

Así mismo, se llevó a cabo el cálculo del área sujeta a desafectación, obteniendo un total de 2,99 hectáreas, como se detalla en la Tabla 7.31. Adicionalmente, se realizó el cálculo del área a compensar conforme al factor del bioma correspondiente, resultando en un área de 1,98 ha. Cabe destacar que esta área se calcula con el fin de especificar que es esta extensión de área la que no requerirá compensación en virtud del área a desafectar aprobada en la Resolución 1752 de 2019.

**Tabla 7.31 Ecosistemas presentes en el área a desafectar**

Ecosistemas	Área del proyecto a desafectar (ha)
Canales en Zonobioma Húmedo Tropical Nechí - San Lucas	0
Instalaciones recreativas en Zonobioma Húmedo Tropical Nechí - San Lucas	0,13

Ecosistemas	Área del proyecto a desafectar (ha)
Pastos enmalezados en Zonobioma Húmedo Tropical Nechí - San Lucas	0,16
Pastos limpios en Zonobioma Húmedo Tropical Nechí - San Lucas	1,83
Red vial y territorios asociados en Zonobioma Húmedo Tropical Nechí - San Lucas	0,25
Tejido urbano continuo en Zonobioma Húmedo Tropical Nechí - San Lucas	0,62
Zonas industriales o comerciales en Zonobioma Húmedo Tropical Nechí - San Lucas	0,01
<b>Total</b>	<b>2,99</b>

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.

Adicionalmente en la zona de exclusión se evidencia la presencia de 26 individuos arbóreos que no requerirán la actividad de aprovechamiento forestal. En la Tabla 7.32 se detallan las especies que serán excluidas para el aprovechamiento forestal y en la Figura 7.16 y Tabla 7.33 se detalla la ubicación de cada uno de los árboles.

**Tabla 7.32 Especies excluidas para aprovechamiento forestal bajo la Resolución 01752 del 04 de septiembre del 2019**

Familia	Género	Especie	N° Individuos
Arecaceae	Cocos	<i>Cocos nucifera L.</i>	2
Lamiaceae	Tectona	<i>Tectona grandis L.f.</i>	2
Lauraceae	Aniba	<i>Aniba puchury-minor (Mart.) Mez</i>	3
Leguminosae	Dipteryx	<i>Dipteryx oleifera Benth.</i>	1
	Gliricidia	<i>Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.</i>	5
	Zygia	<i>Zygia longifolia (Willd.) Britton &amp; Rose</i>	2
Melastomataceae	Bellucia	<i>Bellucia pentamera Naudin</i>	1
Moraceae	Ficus	<i>Ficus obtusifolia Kunth</i>	1
Moringaceae	Moringa	<i>Moringa oleifera Lam.</i>	2
Myrtaceae	Psidium	<i>Psidium guajava L.</i>	5
Rubiaceae	Morinda	<i>Morinda citrifolia L.</i>	1
Rutaceae	Zanthoxylum	<i>Zanthoxylum rhoifolium Lam.</i>	1
<b>Total</b>			<b>26</b>

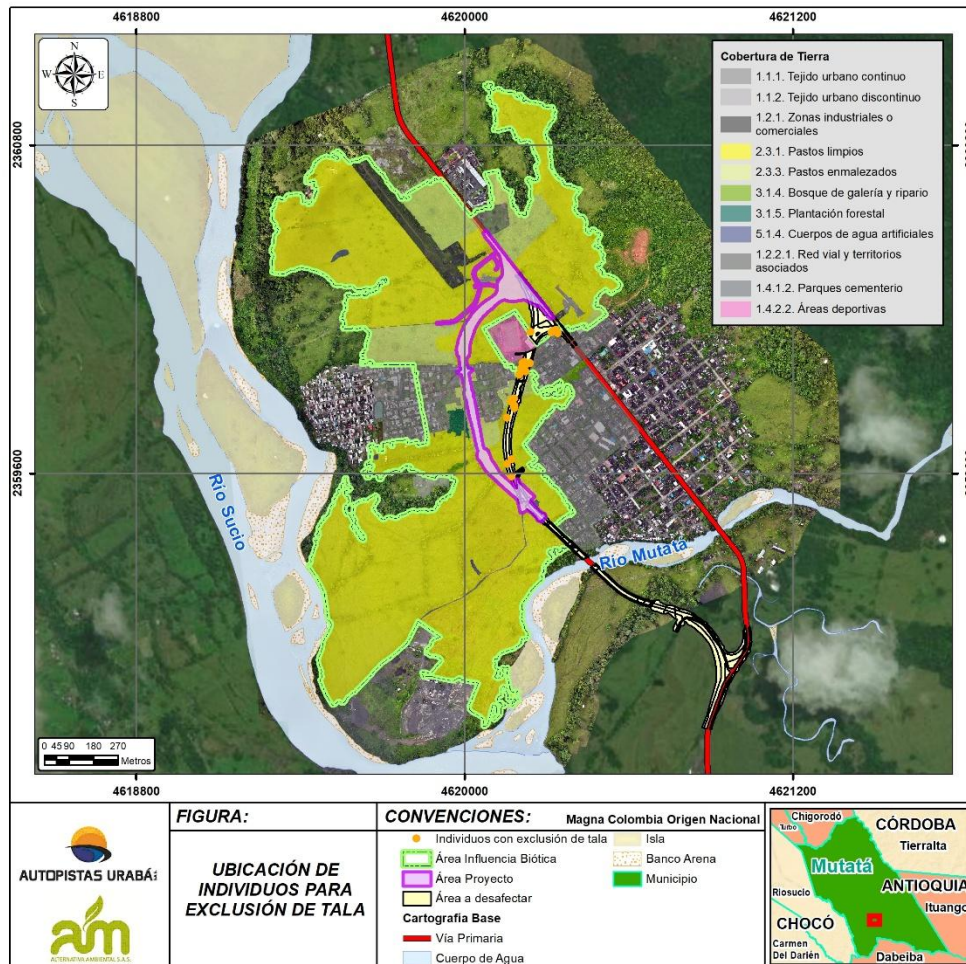
Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.

**Tabla 7.33 Ubicación de los individuos sujetos a la exclusión de aprovechamiento forestal**

ID_INDIVI	ESPECIE	MAGNA_Colombia_Oeste	
		COOR_ESTE	COOR_NORTE
334W	<i>Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.</i>	1070402,33	1292557,32
335W	<i>Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.</i>	1070385,81	1292602,31
336W	<i>Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.</i>	1070402,24	1292619,59
337W	<i>Zygia longifolia (Willd.) Britton &amp; Rose</i>	1070384,25	1292771,53
338W	<i>Zygia longifolia (Willd.) Britton &amp; Rose</i>	1070410,16	1292805,74
339W	<i>Tectona grandis L.f.</i>	1070410,03	1292815,47
340W	<i>Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.</i>	1070400,85	1292827,07
341W	<i>Ficus obtusifolia Kunth</i>	1070396,76	1292831,38
342W	<i>Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.</i>	1070398,08	1292832,15
343W	<i>Zanthoxylum rhoifolium Lam.</i>	1070409,55	1292841,35
344W	<i>Psidium guajava L.</i>	1070427,66	1292927,97
345W	<i>Psidium guajava L.</i>	1070450,39	1292940,95

ID_INDIVI	ESPECIE	MAGNA_Colombia_Oeste	
		COOR_ESTE	COOR_NORTE
346W	<i>Psidium guajava L.</i>	1070433,14	1292951,54
347W	<i>Psidium guajava L.</i>	1070439,88	1292954,76
348W	<i>Aniba puchury-minor (Mart.) Mez</i>	1070437,87	1292971,01
349W	<i>Aniba puchury-minor (Mart.) Mez</i>	1070443,94	1292972,13
350W	<i>Bellucia pentamera Naudin</i>	1070445,48	1292975,11
351W	<i>Psidium guajava L.</i>	1070451,46	1292966,28
352W	<i>Aniba puchury-minor (Mart.) Mez</i>	1070452,67	1292970,59
353W	<i>Dipteryx oleifera Benth.</i>	1070465,48	1292971,05
354W	<i>Tectona grandis L.f.</i>	1070468,3	1293085,86
355W	<i>Moringa oleifera Lam.</i>	1070544,28	1293084,3
356W	<i>Morinda citrifolia L.</i>	1070550,24	1293090,73
357W	<i>Moringa oleifera Lam.</i>	1070559,81	1293093,8
358W	<i>Cocos nucifera L.</i>	1070566,93	1293081,79
359W	<i>Cocos nucifera L.</i>	1070566,27	1293082,68

Fuente: Alternativa Ambiental S.A.S., 2025.



## 7.6 RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD

Considerando lo establecido por la Oficina Jurídica de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), mediante memorando con radicado No. 2021102426-3-000 del 24 de mayo de 2021, presentado en respuesta a una consulta sobre las competencias del Grupo de Permisos y Trámites Ambientales SIPTA y la Subdirección de Seguimiento de Licencias, específicamente en relación con los permisos de recolección de especímenes previstos en el Decreto 1076 de 2015, que compila los Decretos 1376 de 2013 y 3016 de 2013. El documento clarifica la situación sobre los permisos de recolección de especies silvestres.

Para este proceso se anexa en la siguiente ruta: Anexos\_C7/7\_5\_Aprov\_Forest el permiso de colecta asociado al proyecto (PIC).

Asimismo, en la circular externa 00001 del 18 de marzo de 2022, anexada en la siguiente ruta: Anexos\_C7/7\_5\_Aprov\_Forest, con el tema "*Aplicabilidad de las versiones 2010 y 2018 de la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (MGEPEA) en el marco del licenciamiento ambiental de actividades de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial*", la ANLA establece que los proyectos en elaboración de EIA y sus complementos no deben incluir la solicitud de un permiso específico. En su lugar, deben incorporar las medidas de manejo necesarias para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los impactos derivados de la captura, remoción o extracción temporal o definitiva de especímenes de la biodiversidad durante la ejecución del proyecto.

De acuerdo con el artículo 28 de la Ley 1755 de 2015, la ANLA aclara que las actividades enumeradas en el numeral 6 de la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (MGEPEA), relacionadas con la demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales, no constituyen un permiso específico para la recolección de especímenes silvestres en el contexto de las medidas de manejo de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Por lo tanto, en el contexto de la presente modificación de Licencia Ambiental del proyecto **MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL "CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE MUTATÁ (UF4) DE LA CONCESIÓN AUTOPISTA AL MAR 2"**, no se requiere un permiso específico para la recolección de especímenes de especies silvestres de la biodiversidad, únicamente la aprobación de las medidas de manejo para fauna y flora presentadas en el capítulo 11 PMA y Programas del presente estudio.

## **7.7 EMISIONES ATMOSFÉRICAS (AIRE Y RUIDO)**

En el marco de la presente modificación de Licencia Ambiental, no se contempla la solicitud del permiso de emisiones atmosféricas, teniendo en cuenta que el proyecto no contará con ninguna fuente fija de emisión, ni puntual ni dispersa que sea objeto de la solicitud del permiso de emisiones, según lo dispuesto en el Artículo 2.2.5.1.7.2 del Decreto 1076 de 2015, en el cual se establece "*Requerirá permiso previo de emisiones atmosféricas la realización de algunas de las siguientes actividades, obras o servicios, públicos o privados: a) Quemadas abiertas controladas en zonas rurales, b) Descarga de humos, gases, vapores, polvos o partículas por ductos o chimeneas de establecimientos industriales, comerciales o de servicio, c) emisiones fugitivas o dispersas de contaminantes por actividades de explotación minera a cielo abierto, d) incineración de residuos sólidos, líquidos y gaseosos, e) operaciones de almacenamiento, transporte, carga y descarga en puertos susceptible de generar emisiones al aire, f) operación de calderas o incineradores por un establecimiento industrial o comercial, g) quema de combustibles, en operación ordinaria, de campos de explotación de petróleo y gas, h) procesos o actividades susceptibles de producir emisiones de sustancias tóxicas, i) producción de lubricantes y combustibles, j) refinación y almacenamiento de petróleo y sus derivados, y procesos fabriles petroquímicos, k) operación de plantas termoeléctricas, l) operación de reactores nucleares y m) actividades generadoras de olores ofensivos; n) Las demás que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establezca, con base en estudios técnicos que indiquen la necesidad de controlar otras emisiones*".

Considerando lo anterior y teniendo en cuenta que las obras y actividades objeto de la presente solicitud no se encuentran enmarcadas en ninguna de las actividades indicadas en el artículo referido, por lo cual se justifica que el Proyecto *MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL "CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE MUTATÁ (UF4) DE LA CONCESIÓN AUTOPISTA AL MAR 2"*, no requiere permiso de emisiones atmosféricas. Sin embargo, se realizaron los monitoreos de aire y ruido correspondientes, cuyos análisis se presentan en el Ítem 5.1.10 Atmósfera del presente estudio.

## 7.8 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

En el marco de la presente modificación de Licencia Ambiental, no se realiza la solicitud de permiso para aprovechamiento de fuentes de materiales. Esto se debe a que los materiales requeridos para las actividades constructivas se obtendrán por medio de terceros autorizados que cuenten con Título Minero y Licencia Ambiental, otorgado por las autoridades competentes.

En la Tabla 7.34 se presenta el listado de fuentes de materiales remitido por CORPOURABÁ donde relaciona los proyectos mineros con licencias ambientales y planes de manejo ambiental vigentes a enero de 2024 (ver ANEXOS\_C3\3\_17\_FMat\_Y\_RCD).

**Tabla 7.34 Listado de fuentes de materiales**

Fuente de material	Concesión minera	Predio	Municipio
Canteras y Triturados Mutatá S.A.S	HGSI-02	Chontadural	Mutatá
Metrotrak S.A.S.	TCC-08002	La Fortuna	Mutatá
Agregados Mutatá S.A.S	TA9-08001	Mutatacito	Mutatá

Fuente: Estudio de impacto ambiental del proyecto Variante Mutatá aprobado por la Resolución 01752 de 2019.

## BIBLIOGRAFÍA

Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw-Hill.

CITES. (2024). *Especies citadas en algún apéndice de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre*. Obtenido de Lista de especies CITES: <http://checklist.cites.org/>

Fattorelli, S. & Fernandez, P. (2011). *Diseño Hidrológico Edición Digital*. Zaragoza, España.

- INVIAS. (2009). *Manual de drenaje para carreteras*. Ministerio de transporte.
- IUCN. (2024). *Red List of Threatened Species*. Obtenido de Red List of Threatened Species IUCN: <https://www.iucnredlist.org/>
- Linares, E. (1988). Briófitos y líquenes epifíticos de la cuenca del río Subia, Cundinamarca. *Péres-Arbelaezia*, 95-107.
- Llano Gutierrez, S. (2003). *Hydraulics of stepped structure: Importance of flow regimes on stepped chutes and practical application in developing countries*. Obtenido de Thesis Master of Science, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, UNESCO-IHE Institute for Water Education: <https://cdm21063.contentdm.oclc.org/digital/collection/masters2/id/43097/rec/5>
- MADS;ANLA. (2015). *Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en Proyectos de Construcción de Carreteras y/o Túneles*. Bogotá D.C.
- Morales, L., & Varon, T. (2013). *Arboretum y palmetum: guía de identificación*. . Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- Ruiz-Jiménez, C. A., De los Santos-Posadas, H. M., Parraguirre-Lezamac, J. F., & Saavedra-Millánd, F. D. (2018). Evaluación de la categoría de riesgo de extinción del cedro rojo (*Cedrela odorata*) en México. *Revista mexicana de biodiversidad* 89.3, 938-949.
- Sarmiento Ortiz, L. H. & Vélez Torres, G. S. (2001). *Hidrología aplicada*. Bachelor's thesis.
- Vargas, R., & Diaz-Granados, M. (1997). *Curvas sintéticas regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia*. Santa Fe de Bogotá, Colombia: Universidad de Los Andes.