

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL TÍTULO MINERO 6823



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

Rev. 0

Noviembre 2021



TABLA DE CONTENIDO

7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES	13
7.1. AGUAS SUPERFICIALES	14
7.1.1. Identificación del sitio de captación	14
7.2. AGUAS SUBTERRÁNEAS	16
7.3. VERTIMIENTOS	17
7.3.1. Para Vertimientos en Cuerpos de Agua.	17
7.3.1.2. Identificación de las actividades generadoras del vertimiento	17
Título 745	17
Título 6823	18
7.3.1.3. Caracterización del vertimiento	20
7.3.1.3.1. Caudal de descarga	20
7.3.1.3.2. Características fisicoquímicas y microbiológicas de la descarga	22
Análisis detallado para los sulfatos	37
7.3.1.4. Descripción de la operación y del sistema de tratamiento	39
7.3.1.4.1. Piscina de sedimentación	39
7.3.1.4.2. Líneas de conducción y estructura de entrega	40
7.3.1.6. Cuerpos receptores de vertimientos	41
7.3.1.6.1. Identificación y localización	41
7.3.1.6.2. Características del cuerpo receptor	42
Calidad del agua	42
Usos y usuarios	47
7.3.1.6.3. Caudales característicos del cuerpo receptor	49
7.3.1.6.3.1. Caudales medios	49
7.3.1.6.3.2. Caudales máximos	49
7.3.1.6.3.3. Caudales mínimos	50
7.3.1.7. Evaluación ambiental del vertimiento	50
7.3.1.7.1. Modelación hidráulica en el cuerpo receptor	50
7.3.1.7.2. Construcción de modelo de tiempos de viaje	59
Modelo de zona muerta agregada (ADZ)	59
7.3.1.7.3. Longitud de mezcla del vertimiento	63
7.3.1.7.4. Cálculo de la capacidad de asimilación del cuerpo receptor	64
7.3.1.8. Plan de gestión de riesgo para el manejo del vertimiento	67
7.3.2. Para vertimientos en suelos.	67
7.4. OCUPACIONES DE CAUCES	67
7.4.1. Localización puntos de ocupación de cauce	67
7.4.2. Análisis de frecuencia de caudales máximos y medios	68
7.4.2.1. Caudales medios	68

7.4.2.2. Caudales máximos	69
7.4.3. Modelación Hidráulica	70
7.4.4. Dinámica fluvial	70
7.4.4.1. Caracterización morfológica	70
7.4.4.2. Clasificación de Rosgen	72
7.4.4.3. Análisis multitemporal (forma en planta)	73
Fuente: Banco Nacional de Imágenes, 2021.	74
7.4.4.4. Conclusiones	75
7.4.5. Diseño de obras hidráulicas	75
7.4.5.1. Estructura hidráulica de descarga	75
7.4.6. Tránsito hidráulico	76
7.4.7. Temporalidad y procedimientos constructivos de las obras hidráulicas	76
7.5. APROVECHAMIENTO FORESTAL	77
7.5.1. Objetivo.	78
7.5.2. Proceso metodológico.	78
7.5.2.1. Fase de planeación.	79
7.5.2.2. Fase de ejecución.	80
7.5.2.2.1. Método de muestreo.	80
7.5.2.2.2. Recolección de información.	82
7.5.2.3. Fase de análisis de la información.	83
7.5.2.3.1. Identificación de especies.	83
7.5.2.3.2. Estimación de parámetros para el aprovechamiento forestal.	84
7.5.2.3.2.1. Diámetro a la Altura del Pecho.	84
7.5.2.3.2.2. Área basal.	84
7.5.2.3.2.3. Volumen total y comercial.	85
7.5.2.3.2.4. Estimación de biomasa-carbono.	86
7.5.2.3.3. Estimación de error de muestreo.	87
7.5.3. Resultados (Afectación del recurso forestal).	88
7.5.3.1. Ubicación de parcelas y censo.	91
7.5.3.2. Cálculo de error de muestreo.	93
7.5.3.2.1. Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande.	93
7.5.3.2.2. Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral.	96
7.5.3.3. Área total muestreada(ha) y censada (ha)	98
7.5.3.4. Volumen total, volumen comercial, biomasa y carbono para aprovechamiento forestal en PIT 6823.	98
7.5.3.5. Volumen total, volumen comercial, biomasa y carbono de especies con alguna categoría de amenaza	101
7.5.3.6. Uso y destino de los productos forestales.	101
7.5.3.7. Formato Único Nacional de solicitud de aprovechamiento forestal único (FUN aprovechamiento)	102
7.5.4. Afectación de especies de flora en veda vascular y no vascular.	102
7.5.4.1. Proceso metodológico.	102
Fase pre-campo	102

Fase de campo	103
Fase post campo	106
7.5.4.2. Resultados generales Especies Vasculares.	106
7.5.4.3. Resultados generales Especies No Vasculares	110
Resultados por tipo de cobertura	120
Vegetación Secundaria Alta.	121
Bosque de galería.	125
Pastos arbolados.	127
Red vial y ferroviaria	129
Tierras desnudas y degradadas	130
7.6. EMISIONES ATMOSFÉRICAS (AIRE Y RUIDO)	131
7.6.1. Fuentes de Generación de Ruido.	132
7.6.1.1. Inventario de fuentes potenciales y receptoras.	132
7.6.1.2. Aforo vehicular	134
7.6.1.3. Modelo de ruido.	139
7.6.1.4. Metodología.	139
7.6.1.4.1. Software para el modelo ruido	140
7.6.1.4.1.1. Método fuentes móviles de ruido	140
7.6.1.4.1.2. Configuraciones para el modelo	142
7.6.1.5. Meteorología.	146
7.6.1.5.1. Temperatura	146
7.6.1.5.2. Humedad relativa	147
7.6.1.5.3. Presión atmosférica	147
7.6.1.5.4. Viento	147
7.6.1.6. Topografía (Modelo digital de elevación de terreno).	148
7.6.1.7. Resultados.	148
7.6.1.7.1. Escenario Actual sin proyecto	149
7.6.1.7.2. Escenario Operación sin medidas de control	155
7.6.1.7.3. Escenario Operación con medidas de control	161
7.6.1.7.4. Escenario de Operación Voladura	161
7.7. PERMISO DE RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD	164
7.8. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	165

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Punto de captación
- Figura 2. Configuración del sumidero y conducciones a piscina de sedimentación
- Figura 3. Vista General del Nivel Piezométrico
- Figura 4. PIT Final – Contrato de concesión 0745-73
- Figura 5. Áreas de explotación
- Figura 6. Distribución en planta de las etapas de avance de explotación proyectada para el Título Minero 6823 (izquierda) y la configuración geométrica del diseño de los taludes de avance
- Figura 7. Características del vertimiento: Temperatura y conductividad
- Figura 8. Características del vertimiento: pH, alcalinidad y acidez
- Figura 9. Características del vertimiento: Oxígeno y demanda de oxígeno
- Figura 10. Características del vertimiento: Compuestos de nitrógeno
- Figura 11. Características del vertimiento: Compuestos de fósforo
- Figura 12. Características del vertimiento: Sólidos
- Figura 13. Características del vertimiento: Iones
- Figura 14. Características del vertimiento: Dureza
- Figura 15. Características del vertimiento: Tóxicos orgánicos
- Figura 16. Características del vertimiento: Metales
- Figura 17. Características del vertimiento: Otros
- Figura 18. Análisis multitemporal del comportamiento de sulfatos
- Figura 19. Localización sistemas de conducción y manejo de aguas lluvia
- Figura 20. Estructura de descarga el vertimiento
- Figura 21. Ubicación de puntos de muestreo en el sistema
- Figura 22. Usuarios Concesionados especializados SIRH en la Subzona Hidrografica del río Coello
- Figura 23. Distribución temporal de caudales medios mensuales en el río Coello. Periodo 1983-2017.
- Figura 24. Comparación entre el cauce del río Coello (Izq.) y uno de los cauces de referencia (Der.) (USGS, 1967) para la estimación del coeficiente de rugosidad.
- Figura 25. Ubicación de las secciones de cálculo, levantadas e interpoladas, en la GUI del modelo.
- Figura 26. Perfil del fondo del cauce del río Coello, de acuerdo con las secciones batimétricas.
- Figura 27. Perfiles hidráulicos del río Coello en el tramo analizado.
- Figura 28. Variación de la profundidad hidráulica a lo largo del tramo analizado.
-

- Figura 29. Variación de la velocidad media a lo largo del tramo analizado.
- Figura 30. Niveles de agua para los caudales modelados en tres de las secciones levantadas.
- Figura 31. Curvas potenciales velocidad - Caudal
- Figura 32. Curvas potenciales velocidad máxima - Caudal
- Figura 33. Curvas potenciales profundidad - Caudal
- Figura 34. Curvas potenciales ancho - Caudal
- Figura 35. Segmentación para la representación matemática del río Coello
- Figura 36. Localización obra de ocupación de cauce río Coello
- Figura 37. Distribución temporal de caudales medios mensuales en el río Coello. Periodo 1983-2017.
- Figura 38. Río Coello en el sitio de vertimiento.
- Figura 39. Clasificación de corrientes naturales de acuerdo con Rosgen (1994).
- Figura 40. Variación multitemporal del cauce en la zona del sitio de vertimiento.
- Figura 41. Generación de barras de sedimento por el cambio de sección del cauce del río Coello.
- Figura 42. Estructura de descarga del vertimiento
- Figura 43. Títulos mineros y polígonos de aprovechamiento 745 y 6823
- Figura 44. Proceso metodológico aprovechamiento forestal
- Figura 45. Título minero 6823 y huella.
- Figura 46. Forma de medir el CAP según las condiciones del terreno y las características del fuste
- Figura 47. Factor de forma según la forma del fuste
- Figura 48. Biomás y coberturas presentes en Huella del polígono 6823
- Figura 49. Área de aprovechamiento forestal en polígono 6823 (excluyendo área de polígono 745)
- Figura 50. Ubicación de puntos de muestreo y áreas de censo por cobertura y bioma
- Figura 51. Zonificación del Forofito para epífitas vasculares y no vasculares
- Figura 52. Riqueza de familias, géneros y especies de los grupos vegetales vasculares registrados.
- Figura 53. Curva de acumulación de especies vasculares obtenida para el total de los muestreos realizados en el área de intervención
- Figura 54. Abundancia de especies vasculares en veda por hábito de crecimiento.
- Figura 55. Riqueza de familias, géneros y especies de los grupos vegetales no vasculares registrados
- Figura 56. Curva de acumulación de especies no vasculares obtenida para el total de los muestreos realizados en el área de intervención.
-

Figura 57. Abundancia de no vasculares por grupo vegetal.

Figura 58. Abundancia de especies no vasculares en veda por hábito de crecimiento.

Figura 59. Abundancia de especies no vasculares en las zonas del forofito

Figura 60. Curva de acumulación de especies vasculares obtenida para el total de los muestreos realizados en Vegetación secundaria alta

Figura 61. Curva de acumulación de especies no vasculares obtenida para el total de los muestreos realizados en Vegetación secundaria alta.

Figura 62. Curva de acumulación de especies no vasculares obtenida para el total de los muestreos realizados en Bosque de galería

Figura 63. Curva de acumulación de especies no vasculares obtenida para el total de los muestreos realizados en Pastos arbolados

Figura 64. Ubicación de aforos vehiculares

Figura 65. Ubicación áreas de voladura

Figura 66. Modelo digital de terreno Mina La Esmeralda

Figura 67. Mapa de ruido vista 3D Actual sin proyecto periodo diurno

Figura 68. Mapa de ruido vista 3D Actual sin proyecto periodo nocturno

Figura 69. Mapa de ruido Actual sin proyecto periodo diurno

Figura 70. Mapa de ruido Actual sin proyecto periodo nocturno

Figura 71. ubicación de los receptores modelo de ruido

Figura 72. Mapa de ruido escenario de operación sin medidas de control periodo diurno

Figura 73. Mapa de ruido escenario de operación sin medidas de control periodo nocturno

Figura 74. Mapa de ruido vista Operación Voladura

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Permisos de Aprovechamiento de RRNN complejo minero La Esmeralda

Tabla 2. Punto de captación

Tabla 3. Modelación de escorrentía

Tabla 4. Número total de días de inundación (periodo de registro de 30 años / % de tiempo)

Tabla 5. Número máximo de días consecutivos de inundación

Tabla 6. Características de calidad del agua del vertimiento

Tabla 7. Concentración de sulfatos medidos durante el 2019 y 2020

Tabla 8. Dimensiones piscina de sedimentación

Tabla 9. Criterios de diseño piscina de sedimentación

Tabla 10. Ubicación de puntos de muestreo

Tabla 11. Resultados del muestreo en matriz agua

Tabla 12. Usos definidos de acuerdo a objetivos de calidad del agua

Tabla 13. Usuarios de interés POMCA subzona hidrográfica del río Coello

Tabla 14. Caudal medio mensual multianual en m³/s en el río Coello. Periodo 1983-2017.

Tabla 15. Caudales máximos del río Coello hasta el sitio de vertimiento, a partir de la estación Payandé.

Tabla 16. Caudales mínimos asociados a diferentes periodos de retorno en estación río Coello – Payandé, Ajuste Gumbel

Tabla 17. Caudales ingresados al modelo HEC-RAS.

Tabla 18. Resumen de las propiedades hidráulicas obtenidas en las secciones levantadas.

Tabla 19. Parámetros del modelo ADZ

Tabla 20. Longitud de mezcla del vertimiento

Tabla 21. Porcentaje de cambio en la concentración esperado aguas abajo del vertimiento

Tabla 22. Punto de ocupación de cauce

Tabla 23. Caudal medio mensual multianual en m³/s en el río Coello. Periodo 1983-2017.

Tabla 24. Caudales máximos del río Coello hasta el sitio de ocupación de cauce por estructura de vertimiento, a partir de la estación Payandé.

Tabla 25. Características hidráulicas del río Coello en el sitio de vertimiento.

Tabla 26. Caracterización morfológica del río Coello en el sitio de vertimiento.

Tabla 27. Estadígrafos estimados en cada estrato (coberturas)

Tabla 28. Estadígrafos estimados para la población total.

Tabla 29. Coberturas por bioma en Huella del polígono 6823

Tabla 30. Área de coberturas objeto aprovechamiento forestal en polígono 6823 (excluyendo polígono 745)

Tabla 31. Ubicación de parcelas por bioma y cobertura en polígono 6823

Tabla 32. Estadísticos para la totalidad de los estratos identificados dentro del universo muestral del Zonobioma Alternohígrico Tropical Tolima grande.

Tabla 33. Error de muestreo para el conjunto de los estratos del Zonobioma Alternohígrico Tropical Tolima grande.

Tabla 34. Error de muestreo para el estrato de bosque de galería del Zonobioma Alternohígrico Tropical Tolima

grande.

Tabla 35. Error de muestreo para el estrato de vegetación secundaria alta del Zonobioma Alternohígrico Tropical Tolima grande.

Tabla 36. Estadísticos para la totalidad de los estratos identificados dentro del universo muestral del Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral.

Tabla 37. Error de muestreo para el conjunto de los estratos del Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral.

Tabla 38. Error de muestreo para el estrato de bosque de galería del Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral.

Tabla 39. Error de muestreo para el estrato de vegetación secundaria alta del Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral.

Tabla 40. Área muestreada(ha) por cobertura en cada bioma.

Tabla 41. Volumen total, volumen comercial, biomasa y carbono del área total muestreado por cobertura por bioma.

Tabla 42. Volumen total, volumen comercial, biomasa y carbono por hectárea por cobertura por bioma.

Tabla 43. Volumen total, volumen comercial, biomasa y carbono para el área total de las coberturas por bioma.

Tabla 44. Volumen total, volumen comercial, biomasa y carbono de especies con alguna categoría de amenaza

Tabla 45. Criterios de selección de forófitos

Tabla 46. Unidades de muestreo realizados por tipo de coberturas para las especies para las especies vasculares y no vasculares en el polígono

Tabla 47. Composición de especies vasculares registradas en el área de intervención

Tabla 48. Riqueza esperada y estimada para los levantamientos de flora vascular en veda en el área de intervención

Tabla 49. Abundancia y frecuencia de especies vasculares registradas en el área de intervención.

Tabla 50. Estado de conservación de las especies vasculares registradas para el área de intervención del proyecto.

Tabla 51. Composición de especies no vasculares registradas en el área de intervención.

Tabla 52. Riqueza estimada para los levantamientos de flora no vascular en veda en el área de intervención.

Tabla 53. Abundancia y frecuencia de especies no vasculares registradas en el área de intervención.

Tabla 54. Estratificación vertical de las epífitas no vasculares en el área de intervención.

Tabla 55. Preferencia de forófitos de las epífitas No vasculares en el área de intervención.

Tabla 56. Estado de conservación de las especies no vasculares registradas para el área de intervención

Tabla 57. Abundancia y frecuencia de vasculares en vegetación secundaria alta

Tabla 58. Riqueza estimada para los levantamientos de flora vascular en veda en la cobertura de Vegetación secundaria alta.

Tabla 59. Abundancia y frecuencia de no vasculares en Vegetación secundaria alta.

Tabla 60. Riqueza estimada para los levantamientos de flora no vascular en veda en la cobertura de Vegetación

secundaria alta.

Tabla 61. Abundancia y frecuencia de vasculares en Bosque de galería.

Tabla 62. Abundancia y frecuencia de no vasculares en Bosque de galería.

Tabla 63. Riqueza estimada para los levantamientos de flora no vascular en veda en la cobertura de Bosque de galería

Tabla 64. Abundancia y frecuencia de vasculares en Pastos arbolados.

Tabla 65. Abundancia y frecuencia de no vasculares en Pastos arbolados.

Tabla 66. Riqueza estimada para los levantamientos de flora no vascular en veda en la cobertura de Pastos arbolados

Tabla 67. Abundancia y frecuencia de no vasculares en Red Vial.

Tabla 68. Abundancia y frecuencia de vasculares en Tierras desnudas y degradadas

Tabla 69. Abundancia y frecuencia de no vasculares en Tierras desnudas y degradadas

Tabla 70. Inventario de fuentes de emisión visita técnica

Tabla 71. Maquinaria Título 4205

Tabla 72. Maquinaria para el manejo estéril

Tabla 73. Coordenadas de los receptores

Tabla 74. Ubicación de puntos de aforo

Tabla 75. Resultados día hábil, vía 1

Tabla 76. Resultados día no hábil, vía 1

Tabla 77. Resultados día hábil, vía 2

Tabla 78. Resultados día no hábil, vía 2

Tabla 79. Cálculo de emisión Media debido al Componente Rodadura.

Tabla 80. Ecuaciones utilizadas en el cálculo de dispersión

Tabla 81. Condiciones de atenuación del sonido en el espacio libre ISO 9613-2

Tabla 82. Configuración de Cálculo

Tabla 83. Maquinaria Título 4205

Tabla 84. Maquinaria para el manejo estéril

Tabla 85. Aforo (TPD) vías externas

Tabla 86. Maquinaria Título 4205

Tabla 87. Maquinaria Título 6823

Tabla 88. Maquinaria para el manejo estéril

Tabla 89. Presión atmosférica estimada para las estaciones climatológicas.

Tabla 90. Niveles de ruido registrados en cada receptor Actual sin proyecto

Tabla 91. Niveles de ruido registrados en cada receptor escenario de Operación sin medidas de control

Tabla 92. Comparación de los resultados del escenario Actual sin proyecto respecto al escenario operación sin medidas de control.

Tabla 93. Niveles de ruido registrados en cada receptor escenario operación Voladura Título 6823

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Río Coello en las inmediaciones del punto proyectado del vertimiento

Fotografía 2. Marca de inventario forestal realizado en el título minero

Fotografía 3. Colecta de muestra en campo

Fotografía 4. Muestra botánica colectada para proceso de identificación

Fotografía 5. Forofito marcado

Fotografía 6. Medida de CAP de forófitos en campo

Fotografía 7. Inspección visual de no vasculares con lupa

Fotografía 8. Medición de no vasculares con plantilla

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Diámetro a la altura del pecho

Ecuación 2. Área basal

Ecuación 3. Volumen total

Ecuación 4. Volumen comercial

Ecuación 5. Biomasa aérea

Ecuación 6. Biomasa de raíces

Ecuación 7. Carbono

Ecuación 8.

Ecuación 9.

Ecuación 10.

LISTA DE ANEXOS

CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.001 FUN Concesión de agua superficial
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.002 Informe de Batimetrías
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.003 FUN Permiso de Vertimiento
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.004 EAV - Evaluación Ambiental del Vertimiento
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.005 PGRV - Plan de gestión del Riesgo del Vertimiento
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.006 Esquemas del sistema de conducción de vertimiento
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.007 Sistema de tratamiento de agua de escorrentía
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.008 FUN Permiso de Ocupación de cauce
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.009 Anexos del modelo de ruido
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.010 Base de datos aprovechamiento forestal (6823)
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.011 Calculo de Error por Muestreo Estratificado (Bioma Tolima grande_6823)
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.012 Calculo de Error por Muestreo Estratificado (Bioma Chaparral_6823)
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.013 Localización de parcelas y censo (6823)
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.014 Cálculo de volumen, biomasa y carbono para aprovechamiento (6823)
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.015 Especies amenazadas (6823)
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.016 FUN Aprovechamiento Forestal (6823)
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.017 Solicitud de permiso de recolección de especies
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.018 Base de datos veda vascular y no vascular
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.019 Cálculos información veda vascular y no vascular
CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.020 Permiso de emisiones atmosféricas

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

En este capítulo se presenta la demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales estimados para las etapas de construcción y operación del proyecto, atendiendo los alcances requeridos en los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA en Proyectos de Explotación Minera (2016), emitidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

El complejo minero La Esmeralda está compuesto por tres Títulos mineros 8-4205, 0745-73 y 8-06823. La cantera inició sus actividades mineras de extracción de caliza en el primer título, el 8-4205, posteriormente al proyectar su potencial en sentido norte se solicitó el segundo título minero, el 8-06823. El tercer título minero 0745-73 corresponde al yacimiento de arenas puzolánicas el cual se trata de un depósito que suprayace las calizas, por lo que posteriormente a su explotación, se procede a la explotación de caliza que infrayace a las puzolanas en un sector del título 8-06823. Aunque se tienen 2 títulos mineros para la explotación de caliza y 1 título de arenas puzolánicas, la cantera es una sola y no se pueden independizar desde el punto de vista del aprovechamiento. Sin embargo, en cumplimiento a la normatividad legal, por cada título se ha realizado la correspondiente diligencia minera y ambiental y en la actualidad se manejan expedientes diferentes por cada título. A continuación se indican que permisos de aprovechamiento de RRNN ya se tienen para todo el complejo, cuales se comparten y cuáles hacen falta y se están solicitando en este documento.

Tabla 1. Permisos de Aprovechamiento de RRNN complejo minero La Esmeralda

Permiso	Existentes para el complejo minero	Se comparten	Nuevos requeridos en este licenciamiento
Concesión de aguas superficiales para uso doméstico	X	X	
Concesión de aguas superficiales para uso industrial	X	X	
Concesión de aguas superficiales (aguas lluvia y de escorrentía almacenadas en el fondo del pit)	X		X
Vertimientos de ARD	X	X	
Vertimientos de ARnD	X		X
Ocupación de cauces	X		X
Aprovechamiento forestal	X		X
Emisiones atmosféricas	X	X	X

Fuente: Elaboración propia.

Las demandas principales descritas en este capítulo son:

- Concesión de aguas superficiales (producto de la escorrentía que se almacena en el pit de explotación y no de un cuerpo de agua propiamente)
- Ocupaciones de cauce para la construcción de la obra de descarga de aguas sobre el río Coello
- Aprovechamiento forestal

- Vertimiento de aguas de escorrentía en el río Coello
- Emisiones atmosféricas para la actividad de explotación de material de caliza del título minero 6823

Para este proyecto se resalta que:

- No se considera captación de aguas superficiales: el proyecto utilizará el recurso a través de la infraestructura existente y permisos ya incluidos en el complejo minero.
- No se consideran vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales: Las aguas residuales domésticas e industriales serán manejadas, recolectadas, tratadas y reusadas a través de la infraestructura existente y con los permisos ya incluidos en el complejo minero.
- No se consideran emisiones atmosféricas adicionales al proceso de beneficio actual en mina La Esmeralda, las cuales están amparadas bajo la resolución 1859 del 26 de junio de 2018 de Cortolima.

7.1. AGUAS SUPERFICIALES

Para la ampliación de las áreas de explotación del título mineros 6823 se requiere concesión de aguas superficiales del pit de la mina, el cual recibe los aportes de agua de escorrentía superficial del área del proyecto. El agua será tratada y vertida al río Coello. (El Formulario Único Nacional - FUN de concesión de aguas se presenta en el Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.001)

No se consideran captaciones de fuentes hídricas naturales superficiales continentales o marítimas para los usos definidos como consumo humano u otro uso industrial; debido a que el recurso necesario para abastecimiento del agua durante la explotación, será adquirido a través de la infraestructura existente en la explotación actual y licenciada en el PMA del título 4205.

7.1.1. Identificación del sitio de captación

El punto de captación se establece en el pit del título minero 6823 en las coordenadas que se presentan a continuación:

Tabla 2. Punto de captación

ID	Nombre del punto de captación	Fuente	Caudal (l/s)	Este	Norte
PAC1	Permiso de captación aguas del pit 6823	Aguas lluvia y de escorrentía almacenadas en el fondo del pit	94	4766562	2033667

Fuente: Elaboración propia.

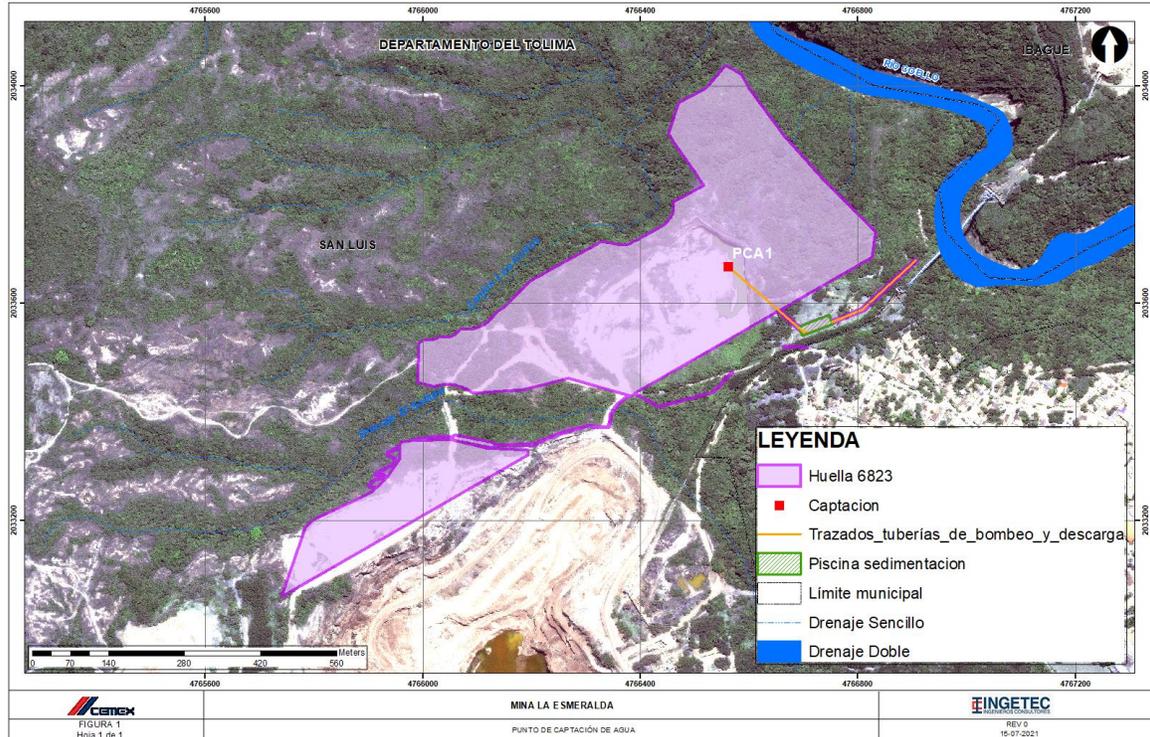


Figura 1. Punto de captación
Fuente: Elaboración propia.

Para la modelación de la escorrentía producida en el pit y el dimensionamiento del sumidero y la capacidad de bombeo requerida se realizó el siguiente procedimiento:

- Se tomó una serie de precipitación diaria con periodo de 30 años.
- La precipitación de cada día se convirtió en volumen de escorrentía afectándola por un coeficiente de escorrentía, y esta escorrentía es recibida por el sumidero o los sumideros que deben estar dentro del pit minero. A partir de este sumidero el agua se bombea hacia la piscina de sedimentación a diseñar localizada fuera del pit minero.
- Se consideraron diferentes capacidades de bombeo desde el sumidero hacia la piscina de sedimentación, entre 200 m³/h y 400 m³/h equivalentes a 47,2 l/s y 94,4 l/s considerando eficiencia de 0,85.
- Se consideraron diferentes capacidades de sumidero (volumen de almacenamiento) entre 2000 m³ y 7500 m³. Entonces, si algún día ese valor es superado, teniendo en cuenta la capacidad de bombeo con que se cuente, el sumidero se rebosará y por ende presentará inundación en el fondo del pit.

De acuerdo con lo anterior, se determinó que la capacidad de bombeo será de 94 l/s (400 m³/h nominal) y el volumen máximo de almacenamiento del sumidero dentro del pit será de 7500 m³, para tener un máximo de 9 días no consecutivos de inundación y 5 días consecutivos de inundación en un evento extremo. La tubería que permitirá conducir el flujo del sumidero a la piscina se proyecta en 20 pulgadas.

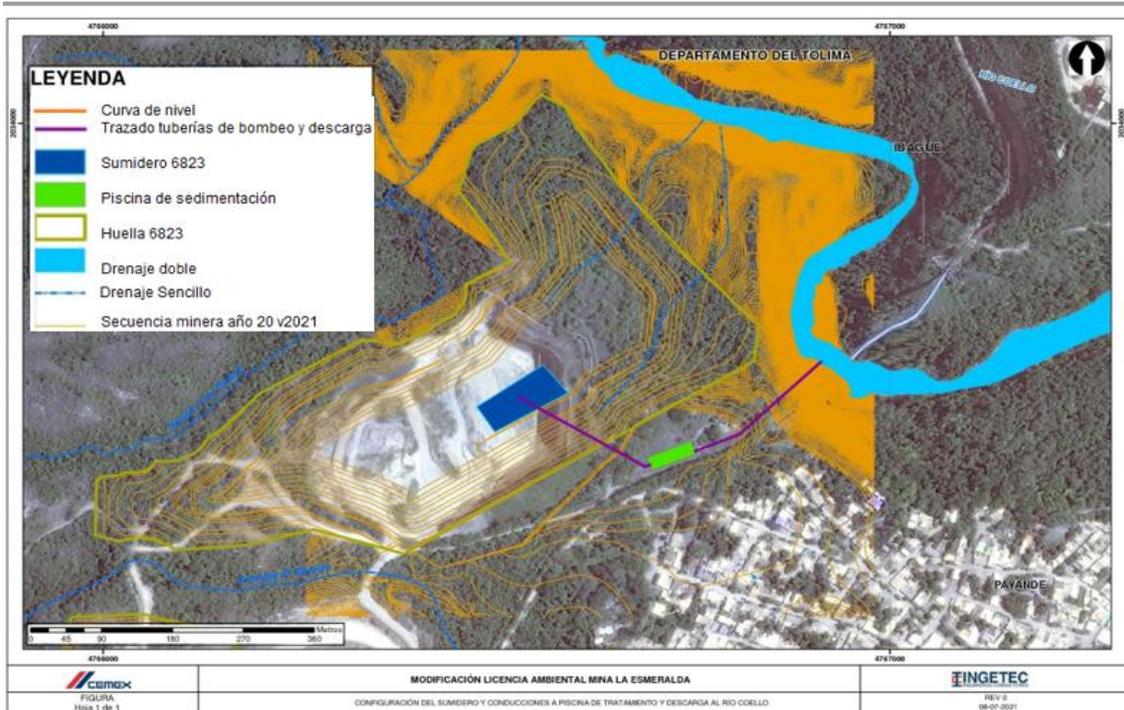


Figura 2. Configuración del sumidero y conducciones a piscina de sedimentación
Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que la concesión de aguas solicitada corresponde a las aguas almacenadas en el fondo del pit de explotación, las cuales posteriormente serán bombeadas a piscina de tratamiento y descargadas en el río Coello, no se considera que se presente conflicto actual o potencial sobre la disponibilidad del recurso hídrico.

7.2. AGUAS SUBTERRÁNEAS

A partir de los resultados obtenidos en el modelo hidrogeológico numérico presentado en el capítulo 5.1.7.7 del presente estudio, se construyó la sección presentada en la Figura 3, en donde se observa la profundidad máxima del tajo actualmente (620 m s.n.m), la quebrada Chicalá, drenaje El Salado y el nivel piezométrico en el área. En esta figura se observa que la profundidad del nivel de agua respecto a la topografía actual del tajo está entre 125 m y 16 m (cota mínima actual), por lo cual actualmente no existiría injerencia de las operaciones de excavación sobre el agua subterránea; además se evidencia claramente la desconexión de los drenajes superficiales con el agua en el acuífero, que fluye en dirección W-E.

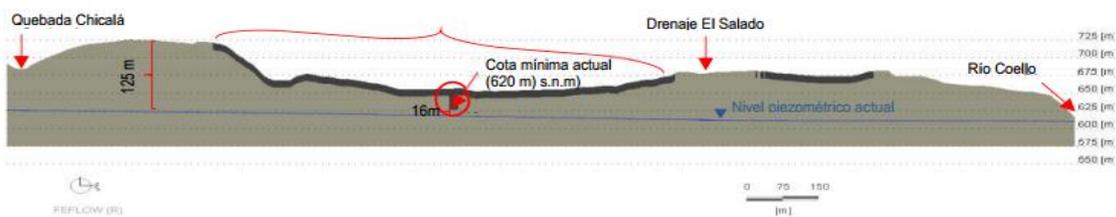


Figura 3. Vista General del Nivel Piezométrico
Fuente: WES Perú SAC, 2019.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Teniendo en cuenta lo anterior, no se requiere solicitud de agua subterránea, puesto que las aguas almacenadas en el PIT tendrán procedencia únicamente de agua lluvia.

7.3. VERTIMIENTOS

Por la ampliación de las áreas de explotación del título mineros 6823 no se generan aguas residuales domésticas e industriales adicionales. Las aguas residuales seguirán siendo manejadas, tratadas y reutilizadas dentro de la infraestructura existente en la explotación actual y autorizada.

Para efectos del presente trámite para el área de explotación del título 6823, se llevará a cabo solicitud de permiso de vertimiento de aguas de escorrentía que serán canalizadas y tratadas en una piscina de sedimentación para posteriormente ser descargadas en cuerpo de agua superficial - Río Coello.

7.3.1. Para Vertimientos en Cuerpos de Agua.

Dando cumplimiento con lo establecido en el Capítulo 3, Título 3, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015, y sus normas reglamentarias (Resolución 1514 de 2012, Resolución 1207 de 2014, Resolución 631 de 2015, etc.), a continuación, se presenta la información requerida para el trámite de solicitud del permiso de vertimiento ante la Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA, como Autoridad Ambiental en jurisdicción del proyecto.

La solicitud del permiso de vertimiento se realiza mediante el Formulario Único Nacional De Solicitud de Permiso de Vertimientos, el cual se presenta diligenciado en el Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.003

7.3.1.2. Identificación de las actividades generadoras del vertimiento

La actividad generadora del vertimiento corresponde a la explotación del material de interés, teniendo en cuenta la apertura de pit en donde se almacena el agua lluvia y de escorrentía de la cuenca aferente al sitio de explotación. Estas aguas requieren ser tratadas para ser evacuadas del pit y permitir el avance de la explotación minera.

El vertimiento corresponde a la disposición de las aguas lluvia, de escorrentía y de infiltración almacenadas en el pit de explotación de los títulos mineros 0745-73 y 8-06823 de la mina La Esmeralda. La explotación del pit 0745-73 es de menor área que el pit 8-06823, sin embargo, en su mayoría, se encuentra sobrepuesto al pit 8-06823, teniendo en cuenta que el 0745-73 corresponde a la extracción de arenas puzolánicas (capas superiores) y el 8-06823 corresponde a la extracción de caliza (estratos más profundos). Si bien las actividades generadoras del vertimiento están asociadas a ambos títulos mineros, el permiso de vertimiento se solicita en el marco de la licencia ambiental del título 8-06823, cuya vida operativa es mayor a la del título 0745-73.

A continuación, se exponen las características de los diseños del pit de explotación para los títulos mineros 0745-73 y 8-06823 de la mina La Esmeralda.

Título 745

El yacimiento de puzolana se explota a cielo abierto con el método de Tajo Abierto (Open Pit). A continuación, se presenta el diseño del Pit de explotación definitivo para el área de explotación definida en el contrato de concesión 745. Los parámetros de diseño están ajustados a los enunciados en el PTO aprobado 2003. Para destacar de dichos parámetros se tiene:

- Ángulo de talud de trabajo: 80-90°
- Cota de fondo de PIT: 680 msnm

- Ancho de vía :16 m.

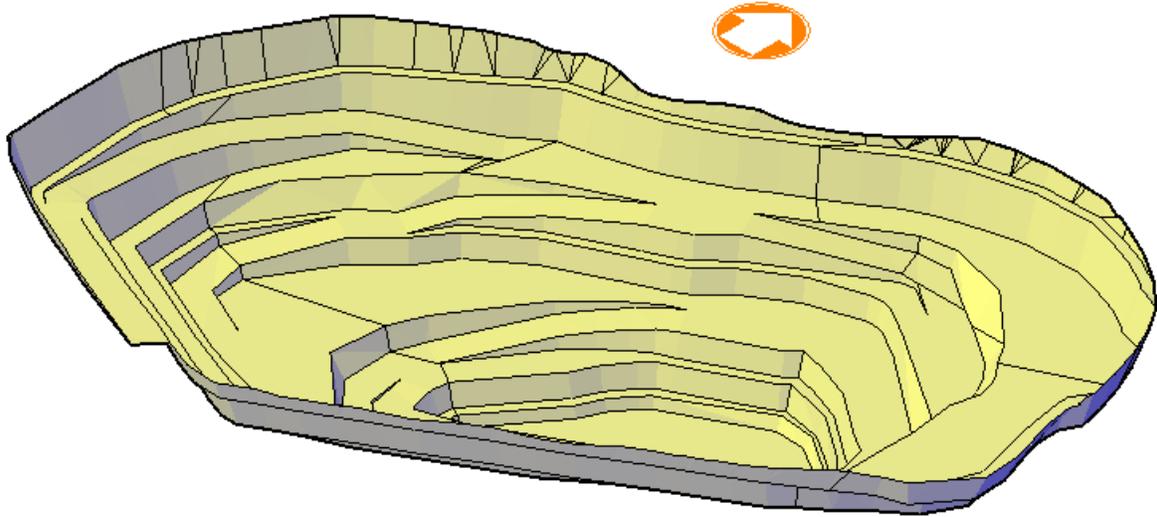


Figura 4. PIT Final – Contrato de concesión 0745-73
Fuente: Cemex, 2019

Título 6823

La secuencia de explotación está determinada por el plan de mezclas y los requerimientos de la Planta de Cemento Caracolito. En la Figura 5, se presentan las zonas de explotación que se encuentran dentro del título 6823.

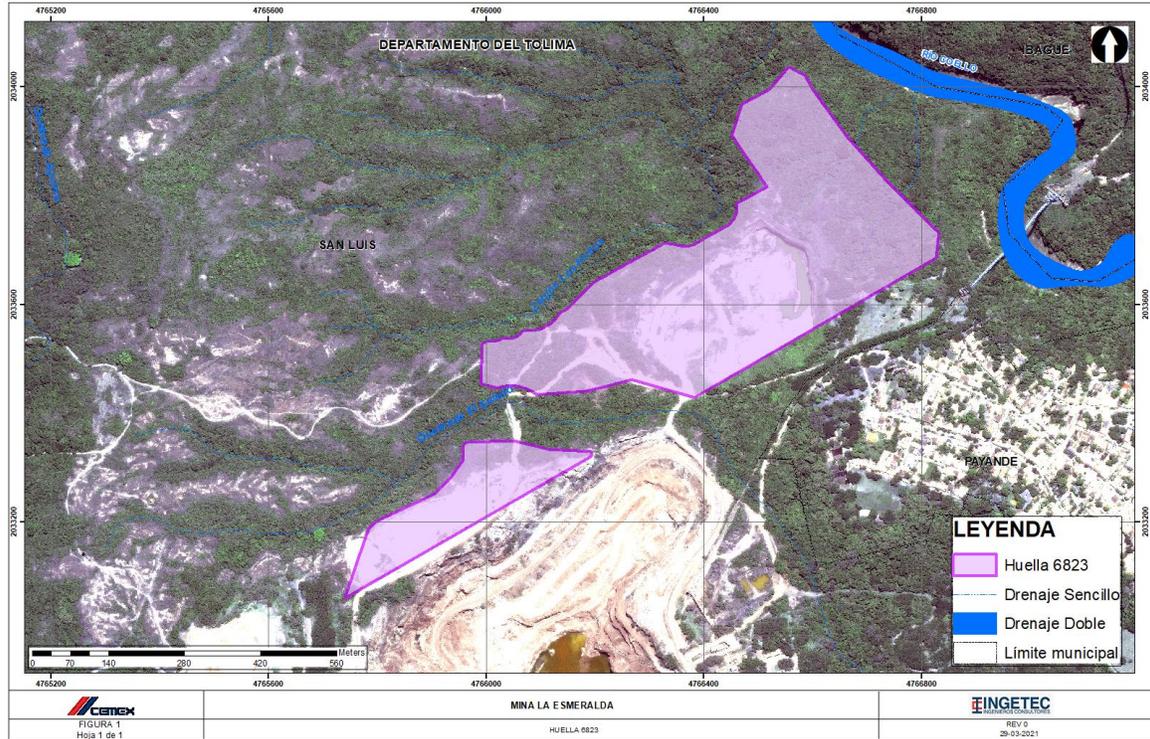


Figura 5. Áreas de explotación
Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, de acuerdo con la nueva secuencia de explotación proyectada para el Título Minero 6823, se contempla una explotación de las calizas de la Formación Payandé a Tajo Abierto (Open Pit), con bancos descendentes siguiendo un sistema minero pala/camión, ajustado a las especificaciones de diseño consignadas en la actualización del Plan de Trabajos y Obras al 2018.

La secuencia de operación minera está determinada por el programa de mezclas elaborado, para cumplir con los requerimientos de calidad de la planta y consiste en; descapote, preparación, arranque por medio de voladura, cargue y acarreo hasta la tolva de la trituradora primaria.

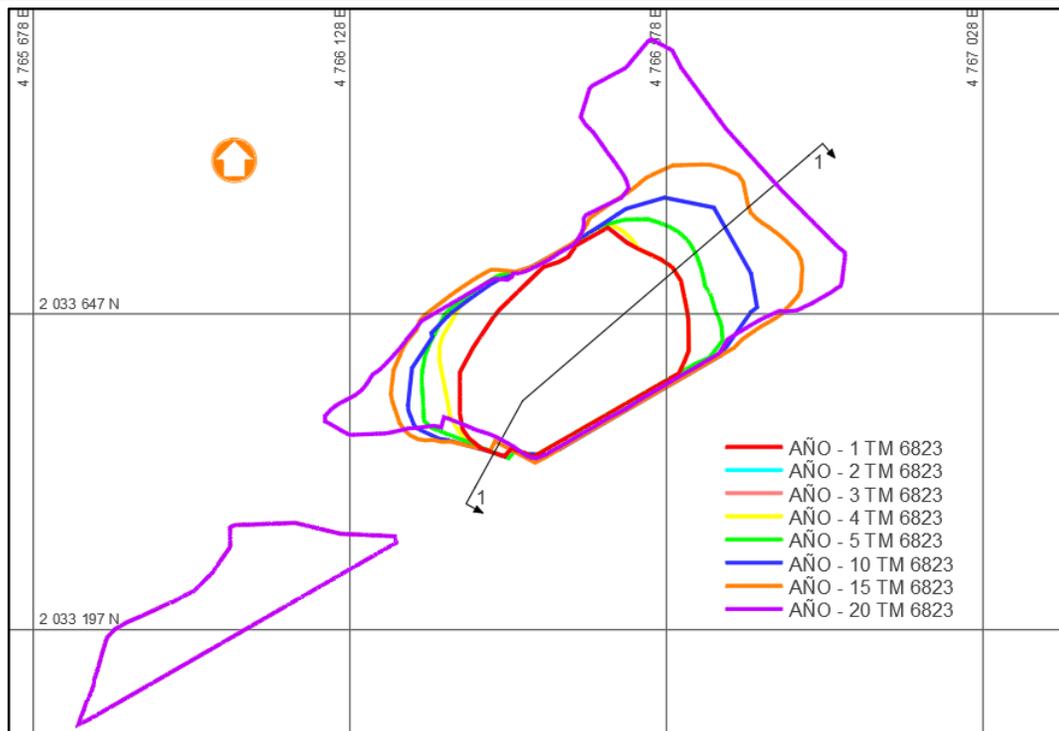


Figura 6. Distribución en planta de las etapas de avance de explotación proyectada para el Título Minero 6823 (izquierda) y la configuración geométrica del diseño de los taludes de avance
Fuente: Adaptado y modificado del PTO TM6823, 2018

7.3.1.3. Caracterización del vertimiento

7.3.1.3.1. Caudal de descarga

El vertimiento del pit de la mina La Esmeralda al río Coello, surge de los requerimientos de dar manejo al agua almacenada en el PIT. De este modo, el cálculo del caudal se realiza teniendo en cuenta las necesidades de bombeo de agua con el fin de evitar inundaciones.

Para el manejo de aguas lluvia y de escorrentía almacenadas el fondo del pit, se realizó la modelación de la escorrentía producida en el pit, para lo cual se tomó una serie de precipitación diaria con periodo de 30 años y se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- La precipitación de cada día se convirtió en volumen de escorrentía afectándola por un coeficiente de escorrentía, y esta escorrentía es recibida por el sumidero o los sumideros que deben estar dentro del pit minero. A partir de este sumidero el agua se bombea hacia la piscina de sedimentación a diseñar localizada fuera del pit minero.
- Se consideraron diferentes capacidades de bombeo desde el sumidero hacia la piscina de sedimentación, entre 200 m³/h y 400 m³/h equivalentes a 47,2 l/s y 94,4 l/s considerando eficiencia de 0,85.
- Se consideraron diferentes capacidades de sumidero (volumen de almacenamiento) entre 2000 m³ y 7500 m³. Entonces, si algún día ese valor es superado, teniendo en cuenta la capacidad de bombeo con que se cuente, el sumidero se rebosará y por ende presentará inundación en el fondo del pit.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta como ejemplo unos días de modelación para las condiciones del año 20 del proyecto:

Tabla 3. Modelación de escorrentía

Fecha	Vol inicial sumidero	P(mm)	Escorrentía diaria (m³)	TOTAL (m³)	Vol total día (m³)	Descarga (m³)	Evaporación (m³)	Vol final día (m³)
2014-09-19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	0,0
2014-09-20	0,0	11,6	2020,2	2020,2	2020,2	2020,2	30,0	0,0
2014-09-21	0,0	72,0	12591,7	12591,7	12591,7	8160,0	30,0	4401,7
2014-09-22	4401,7	29,0	5071,7	5071,7	9473,4	8160,0	30,0	1283,4
2014-09-23	1283,4	0,0	0,0	0,0	1283,4	1283,4	30,0	0,0

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 3, los días 20, 21 y 22 de septiembre de 2014 se registraron eventos de precipitación que produjeron volúmenes de escorrentía entre 2020 m³ y 12591 m³, entonces al tener en cuenta la capacidad máxima de almacenamiento del sumidero (entre 2000 y 75000 m³), esta capacidad se ve superada por la escorrentía y puede generarse la inundación en el pit. Hay que tener en cuenta que esa lluvia se puede presentar durante 24 horas o en unas cuantas horas, de manera que la capacidad máxima de las bombas no sería suficiente para evitar la inundación.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el escenario del año 20:

Tabla 4. Número total de días de inundación (periodo de registro de 30 años / % de tiempo

Caudal descarga (l/s)	Parámetro	Volumen de Sumidero					
		2000	3000	4000	5000	6000	7500
25	suma	3500	2959	2456	2118	1821	1434
	% tiempo	31.9%	27.0%	22.4%	19.3%	16.6%	13.1%
47	suma	2092	1593	1233	951	722	490
	% tiempo	19.1%	14.5%	11.3%	8.7%	6.6%	4.5%
71	suma	1720	1292	971	714	524	337
	% tiempo	15.7%	11.8%	8.9%	6.5%	4.8%	3.1%
94	suma	1601	1183	884	640	459	287
	% tiempo	14.6%	10.8%	8.1%	5.8%	4.2%	2.6%
142	suma	1522	1122	823	596	426	262

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Caudal descarga (l/s)	Parámetro	Volumen de Sumidero					
		2000	3000	4000	5000	6000	7500
	% tiempo	13.9%	10.2%	7.5%	5.4%	3.9%	2.4%
200	suma	1507	1109	812	582	416	254
	% tiempo	13.8%	10.1%	7.4%	5.3%	3.8%	2.3%
250	suma	1502	1106	810	581	414	252
	% tiempo	13.7%	10.1%	7.4%	5.3%	3.8%	2.3%

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4 se observa que para una capacidad de bombeo de 94 l/s (400 m³/h nominal) y un volumen máximo de almacenamiento del sumidero dentro del pit de 7500 m³, se presentaría inundación del pit durante el 2,6% del tiempo, que para un año equivaldría a 9 días no consecutivos. Adicionalmente, también se analiza los días consecutivos en los que se presentaría la inundación:

Tabla 5. Número máximo de días consecutivos de inundación

Caudal descarga (l/s)	Parámetro	Volumen de Sumidero					
		2000	3000	4000	5000	6000	7500
25	Total días	68	68	67	57	56	56
47	Total días	20	16	16	16	16	13
71	Total días	12	11	10	7	7	7
94	Total días	7	6	6	6	5	5
142	Total días	6	5	4	4	4	4
200	Total días	6	5	4	4	4	3
250	Total días	6	5	4	4	4	3

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, considerando los cálculos, se estima conveniente una capacidad de bombeo de 94 l/s (400 m³/h nominal) y un volumen máximo de almacenamiento del sumidero dentro del pit de 7500 m³, para tener un máximo de 9 días no consecutivos de inundación y 5 días consecutivos de inundación en un evento extremo.

7.3.1.3.2. Características fisicoquímicas y microbiológicas de la descarga

Dado que el vertimiento a concesionar corresponde a un punto proyectado, las características del agua a descargar, se toman de los muestreos de calidad del agua de las aguas del pit del título en explotación actualmente (4205), estos se presentan en el anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.004. Las aguas del pit de explotación del Título Minero 4205 son

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

descargadas al Drenaje El Salado, en el punto de descarga de agua hacia el drenaje se han venido realizado monitoreos de calidad del agua de acuerdo a los parámetros exigidos por la norma de vertimientos a cuerpo de agua superficial (Res. 631 de 2015). Los resultados se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Características de calidad del agua del vertimiento

Variable	Unidades	2018				2019				2020			
		Semestre I		Semestre II		Semestre I		Semestre II		Semestre I		Semestre II	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Acidez total	mg CaCO ₃ /L	6,41	<5,020	<5,020	<5,020	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<9,13	<9,13	23,3	13,4
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	108,09	101,45	108	105	87,6	82	116	95	118	107	173	174
Aluminio total	mg Al/L	<0,159	<0,159	<0,159	<0,159	<0,159	<0,159	0,18	0,17	<0,0460	<0,0460	<0,0460	<0,0460
Arsénico total	mg As/L	0,01	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0030	<0,0030	<0,00737	<0,00737	<0,00737	<0,00737
BTEX Total	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10	< 10	< 10	< 10
BTEX (Etilbenceno)	mg/L	<0,400	<0,400	<0,400	<0,400	<0,050	<0,050	<0,00028	<0,00028	-	-	-	-
BTEX (Orto xileno)	mg/L	<0,390	<0,390	<0,390	<0,390	<0,050	<0,050	<0,00025	<0,00025	-	-	-	-
BTEX (Para xileno + Meta xileno)	mg/L	<0,520	<0,520	<0,520	<0,520	<0,100	<0,100	<0,00025	<0,00025	-	-	-	-
BTEX (Tolueno)	mg/L	<0,410	<0,410	<0,410	<0,410	<0,050	<0,050	<0,00030	<0,00030	-	-	-	-
BTEX (Benceno)	mg/L	<0,460	<0,460	<0,460	<0,460	<0,050	<0,050	<0,00027	<0,00027	-	-	-	-
Cadmio total	mg Cd/L	<0,0048	<0,0048	<0,0048	<0,0048	<0,0048	<0,0048	<0,003	<0,003	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
Cianuro total	mg CN/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cloruros	mg Cl/L	2,17	2,52	3,5	2,46	97,57	2,5	4,17	2,71	<19,9	<19,9	<19,9	<19,9
Cobre total	mg Cu/L	0,15	0,1	<0,0088	<0,0088	<0,0088	<0,0088	<0,003	<0,003	<0,058	<0,058	<0,058	<0,058
Color real	(m-1)	0,64	0,56	0,32	0,2	<1,340	<1,340	0,08	0,16	0,6	0,3	<0,10	<0,10
Color real	525 nm (m-1)	0,44	0,4	0,3	0,18	<0,600	<0,600	0,07	0,11	0,4	0,2	<0,10	<0,10
Color real	620 nm (m-1)	0,36	0,32	0,24	0,14	<0,240	<0,240	0,06	0,08	0,4	0,2	<0,10	<0,10
Cromo total	mg Cr/L	<0,0046	<0,0046	<0,0046	<0,0046	<0,0046	<0,0046	<0,003	0,01	<0,045	<0,045	<0,045	<0,045
Demanda bioquímica de oxígeno	mg O ₂ /L	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,2	<2,2	<2,0	<2,0	<20,6	<20,6	<20,6	<20,6
Demanda química de oxígeno	mg O ₂ /L	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<16,6	<16,6	<16,6	<16,6
Detergentes	mg SAAM/L	-	-	-	-	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,242	<0,242	<0,242	<0,242

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Variable	Unidades	2018				2019				2020			
		Semestre I		Semestre II		Semestre I		Semestre II		Semestre I		Semestre II	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	600,8	596,8	608	597	553	555	721	642	788	743	864	1032
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	646,7	608,8	724	707	633	628	834	763	888	830	1099	1162
Fenoles Totales	mg/L	0,13	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	-	-	<0,0860	0,09
Fósforo reactivo soluble (ortofosfatos)	mg P-PO ₄ /L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,060	<0,060	<0,0670	<0,0670
Fósforo total	mg P/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	0,07	0,2	19,8
Hierro total	mg Fe/L	<0,149	<0,149	<0,149	<0,149	<0,149	<0,149	0,2	0,18	-	-	0,25	0,24
Grasas y aceites	mg/L	-	-	<1,96	<1,96	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<9,97	<9,97	<9,97	12,6
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	mg/L	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Hidrocarburos totales	mg/L	3,9	2,5	<2,1	<2,1	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	11,1	<8,70	<8,70	<8,70
Manganeso total	mg/L	0,01	0,01	<0,0049	<0,0049	<0,0049	<0,0049	<0,0030	0,01	0,54	0,56	<0,0340	<0,0340
Mercurio total	mg Hg/L	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0004	<0,0004	<0,0300	<0,030	<0,001	<0,001
Molibdeno total	mg Mo/L	0,04	0,04	<0,0073	<0,0073	<0,0073	<0,0073	0,05	0,05	<0,001	<0,001	0,03	0,04
Niquel total	mg Ni/L	0,01	0,01	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	0	0	<0,051	<0,051	<0,051	<0,051
Nitratos	mg NO ₃ - N/L	2,1	2,2	2,8	2,8	1,2	1,1	5,5	6,3	0,02	0,02	0,01	0,01
Nitritos	mg NO ₂ /L	<0,05	<0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,08	0,09	0,9	0,94	1,8	1,7
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ - N/L	<1,022	<1,022	<1,022	<1,022	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<4,61	<4,61	<4,61	<4,61
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	<5,31	<5,31	<5,31	<5,31	<5,31	<5,31	<5,31	<5,31	10,5	7,57	7,73	9,6
Plata total	mg Ag/L	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,003	0,02	<0,0370	<0,0370	<0,0370	<0,0370
Plomo total	mg Pb/L	<0,0054	<0,0054	<0,0054	<0,0054	<0,0054	<0,0054	<0,0030	<0,0030	<0,068	<0,068	<0,0680	<0,0680
Sólidos suspendidos totales	mg/L	<20,2	<20,2	<20,2	<20,2	<20,2	<20,2	42,1	22,2	37	45,5	<11,6	<11,6
Sulfatos	mg SO ₄ /L	547	497	-	-	-	-	687	677	-	-	187	166

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Variable	Unidades	2018				2019				2020			
		Semestre I		Semestre II		Semestre I		Semestre II		Semestre I		Semestre II	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Sulfuros	mg S-2/L	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	-	-	< 1	< 1
Zinc	mg/L	<0,1588	<0,1588	<0,1588	<0,1588	<0,1588	<0,1588	<0,0900	<0,0900	<0,0500	<0,0500	0,06	<0,0500
Temperatura del agua	°C	27,2 a 30,6	26,6 a 30,6	28,4 – 30,3	28,0 – 30,3	27,0 a 28,5	26,8 a 28,9	27,0 a 28,5	26,8 a 28,9	-	-	-	-
pH	Unid, pH	8,11 a 8,31	8,00 a 8,20	8,24 – 8,36	8,00 – 8,11	8,04 a 8,10	7,89 a 7,99	8,04 a 8,10	7,89 a 7,99	7,3	7,3	7,2	7,3
Conductividad eléctrica	µS/cm	1081 a 1236	1069 a 1119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxígeno disuelto	mg O2/L	7,25 a 7,72	7,38 a 7,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos sedimentables	ml/L	<0,1	<0,1	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10

Fuente: Cemex, 2020

Para los datos de conductividad eléctrica (ver Figura 7) del agua únicamente se cuenta con datos para el primer semestre de 2018 la conductividad se encuentra en un rango entre 1081 y 1236 uS/cm. El rango es común para aguas subterráneas con alta disolución de iones, no se considera un agua salobre.

Por otro lado, se encuentra que el rango de temperatura se encuentra entre 28,5 y 30,6 °C.

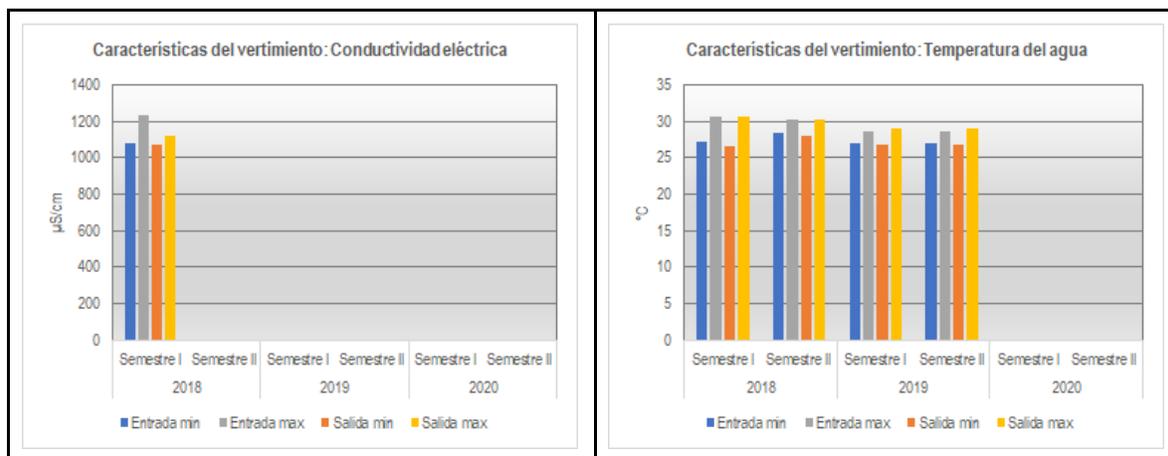


Figura 7. Características del vertimiento: Temperatura y conductividad

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la alcalinidad (ver Figura 8), se encuentra que en todos los casos el agua presenta condiciones de capacidad Buffer alta (mayor a 75 mg/l CaCO₃), teniendo en cuenta las condiciones de pH, la alcalinidad sería mayoritariamente atribuida a bicarbonatos dada la favorabilidad de este ión por el equilibrio químico.

El pH permanece en un rango entre 7,2 y 8,36 unidades de pH, lo que indican condiciones neutras a ligeramente alcalinas. Se evidencia que para los años 2018 y 2019, se presentan pH cercanos a 8, mientras que en el año 2020 se

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

dan menores valores, cercanos a 7. En todos los casos se cumple con el rango establecido por la resolución 0631 de 2015 para descargas de la actividad minera de canteras y otras minas.

Con respecto a la acidez total se evidencia una relación con el descenso del pH en el año 2020 y el aumento de esta variable, por lo cual la acidez puede estar asociada a concentraciones de ión hidrógeno y no a condiciones de acidez mineral.

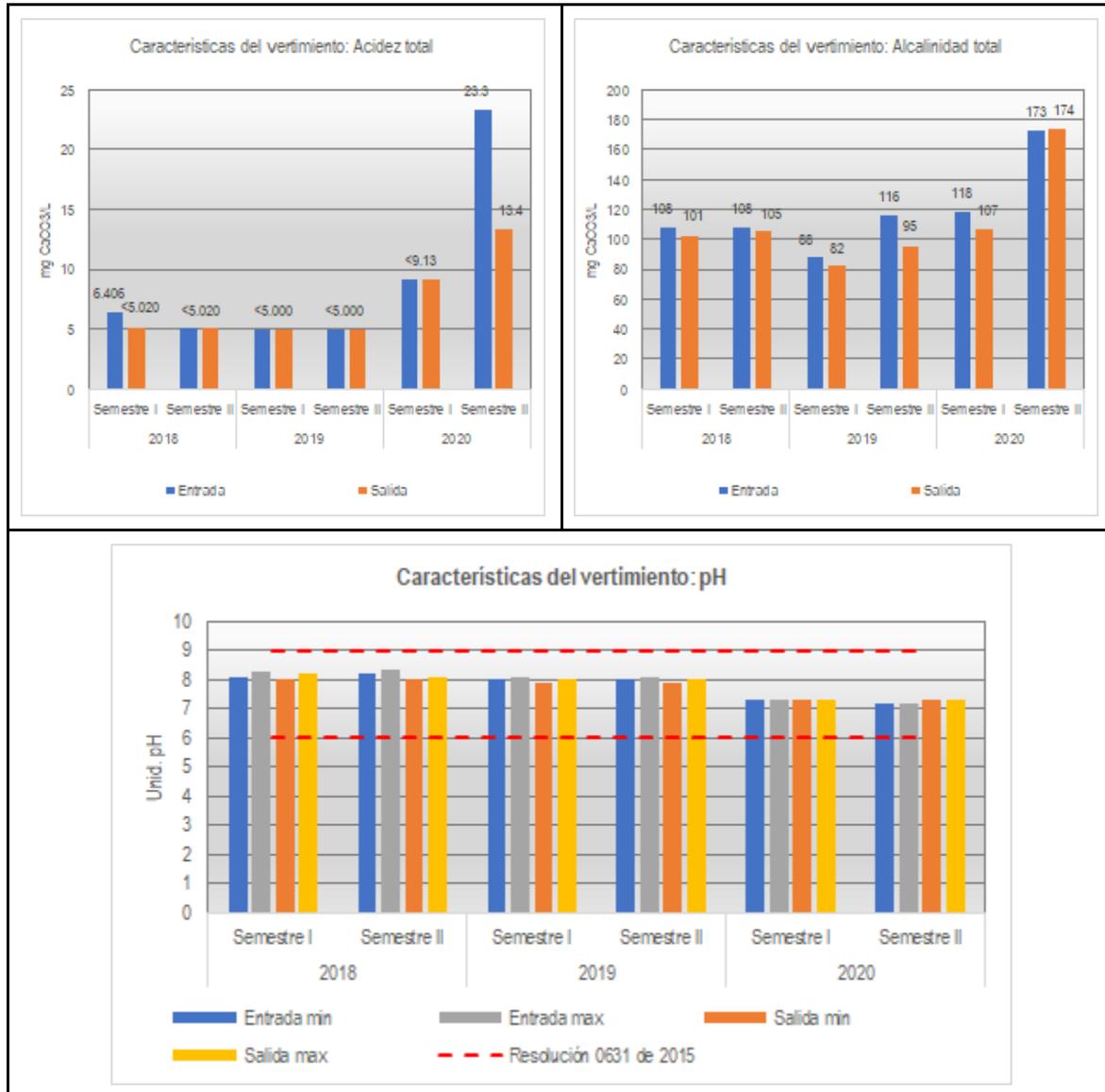


Figura 8. Características del vertimiento: pH, alcalinidad y acidez
Fuente: Elaboración propia.

Se encuentra que en las condiciones del vertimiento no se presenta una demanda biológica o bioquímica de oxígeno, dado que las condiciones de DBO₅ y DQO se presentan en todos los casos por debajo del límite de cuantificación (ver Figura 9). Por otro lado, se encuentra que las concentraciones de oxígeno disuelto se encuentran entre 7,25 y 7,84 mg/l, únicamente se cuenta con datos para el primer semestre de 2018. De este modo, se cuenta con buena saturación de

oxígeno disuelto en el agua, mayor al 80% teniendo en cuenta las condiciones de temperatura, elevación y salinidad (conductividad).

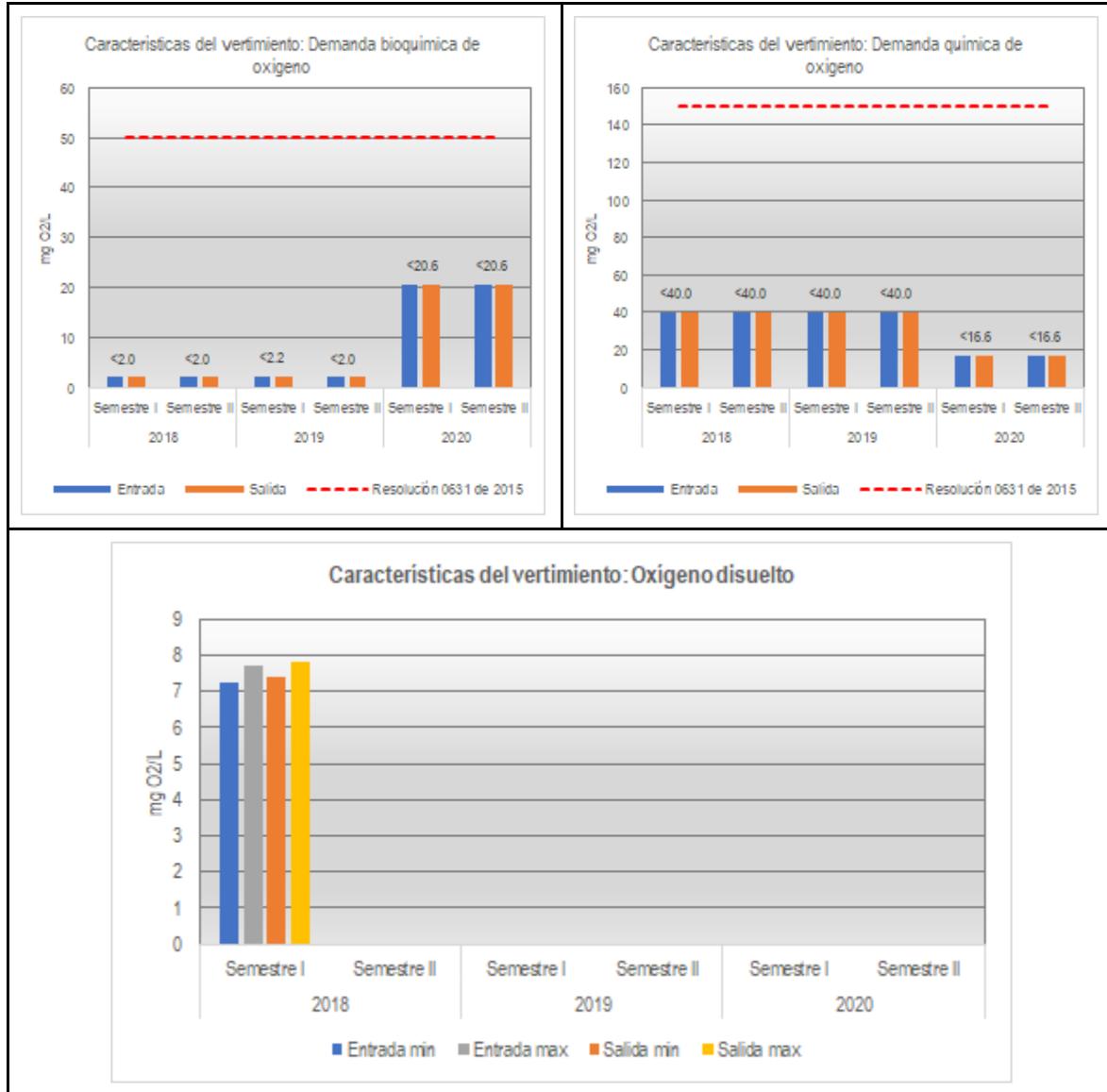


Figura 9. Características del vertimiento: Oxígeno y demanda de oxígeno
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a las especies de nitrógeno (ver Figura 10) se encuentra que el nitrógeno total Kjeldahl (nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal), se presenta por debajo de los límites de detección para los años 2018 y 2019. Para el año 2020 se reportaron valores entre 7,73 y 10,5 mg/l. Teniendo en cuenta que el nitrógeno amoniacal se reportó en todos los casos por debajo del límite de cuantificación, se considera que el aumento de nitrógeno total Kjeldahl está asociado a concentraciones de nitrógeno orgánico.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Para el caso de nitritos, se encuentra que únicamente se presentan concentraciones por encima del límite de detección en el año 2020, al igual que el caso del nitrógeno total Kjeldahl. La presencia de nitritos puede estar asociada a procesos de nitrificación, al ser una especie intermedia entre formas reducidas de nitrógeno y los nitratos.

Por último, para el caso de los nitratos, ocurre un comportamiento opuesto al de las otras especies de nitrógeno; se reportan valores por encima del límite de detección en los años 2018 y 2019 y por debajo de estos en el año 2020. Las concentraciones de nitratos pueden ser un indicativo de aguas maduras en las cuales se han completado procesos de nitrificación o de aportes directos de este ión en el agua.

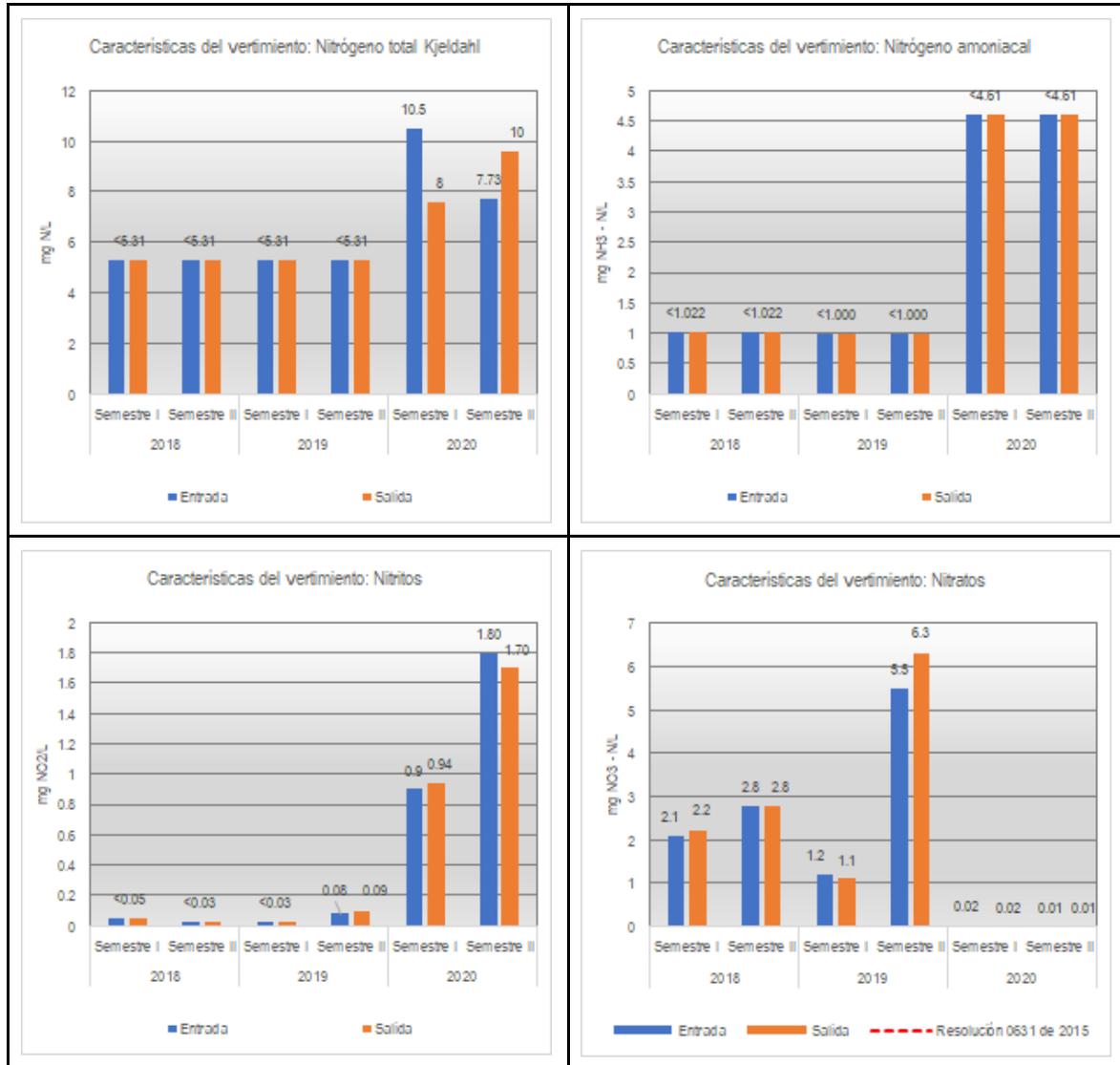


Figura 10. Características del vertimiento: Compuestos de nitrógeno
Fuente: Elaboración propia.

En el caso de las especies de fósforo (ver Figura 11), se encuentra que para el caso de especies de fósforo inorgánico (ortofosfatos), en todos los casos la concentración se encuentra por debajo del límite de cuantificación. En el caso del fósforo total se reportan concentraciones únicamente en el año 2020, en el cual se resalta la concentración a la salida en el segundo semestre en donde se reporta un valor anómalo de 19,8 mg/l. Al no presentarse concentraciones de fósforo

inorgánico se asume que las concentraciones corresponden a fósforo orgánico, este pico coincide con el aumento de nitrógeno orgánico.

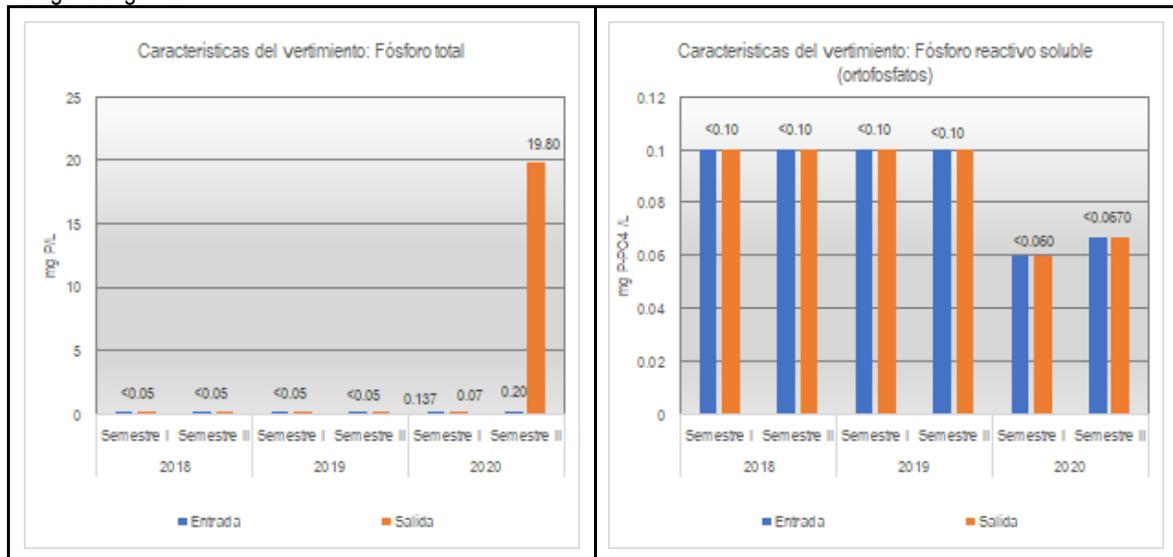


Figura 11. Características del vertimiento: Compuestos de fósforo
Fuente: Elaboración propia.

En general se presentan concentraciones bajas de sólidos suspendidos totales y sólidos sedimentables (ver Figura 12). En todos los casos la concentración de sólidos sedimentables se presenta por debajo del límite de cuantificación. En el caso de los sólidos suspendidos totales, únicamente se reportan concentraciones por encima del límite de cuantificación en el segundo semestre de 2019 y primer semestre de 2020. Para ambas variables, la concentración cumple con lo establecido en la resolución 0631 de 2015.

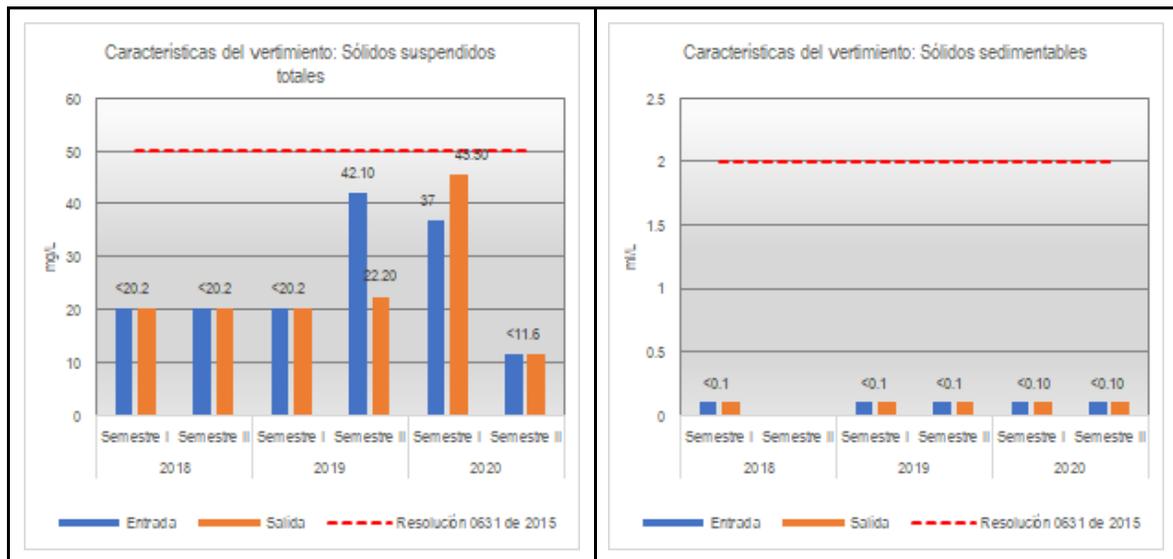


Figura 12. Características del vertimiento: Sólidos
Fuente: Elaboración propia.

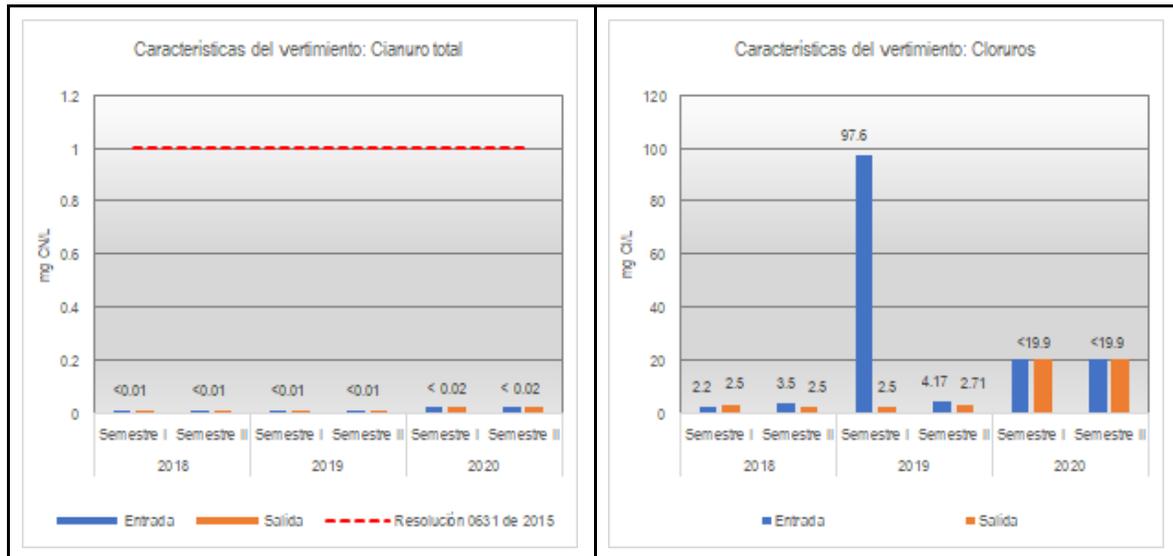
DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Con respecto a diferentes iones (ver Figura 13); en primera instancia se encuentra que no se reportan concentraciones de cianuro total por encima del límite de cuantificación y en todos los casos se encuentran por debajo del límite establecido por la resolución 0631 de 2015.

En el caso de los cloruros, en general se encuentra que la concentración está por debajo de los 20 mg/l, con excepción del primer semestre de 2019, en el cual se reporta a la entrada del sistema una concentración de 97,6 mg/l. Si bien no se relaciona un límite máximo permisible para *otras minas y canteras* en la resolución 0631 de 2015, en todos los casos se cumple el límite impuesto para otros tipos de minas como carbón, hierro y oro (250 mg/l).

Con respecto a los sulfatos, se identifica que para las mediciones realizadas en los años 2018 y 2019, se presentan valores por encima del límite máximo establecido en la resolución 0631 de 2015. En este caso se considera necesaria la implementación de un sistema de tratamiento adicional, para lograr el cumplimiento de la normatividad nacional. En la sección 3.2.1.1.1, se realiza un análisis detallado de las concentraciones de sulfatos.

No se identifican concentraciones de sulfuros por encima del límite de cuantificación, de este modo, se encuentra que el azufre está presente en su forma oxidada, lo que es coherente con el ambiente aerobio (oxidativo) identificado en el agua.



DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

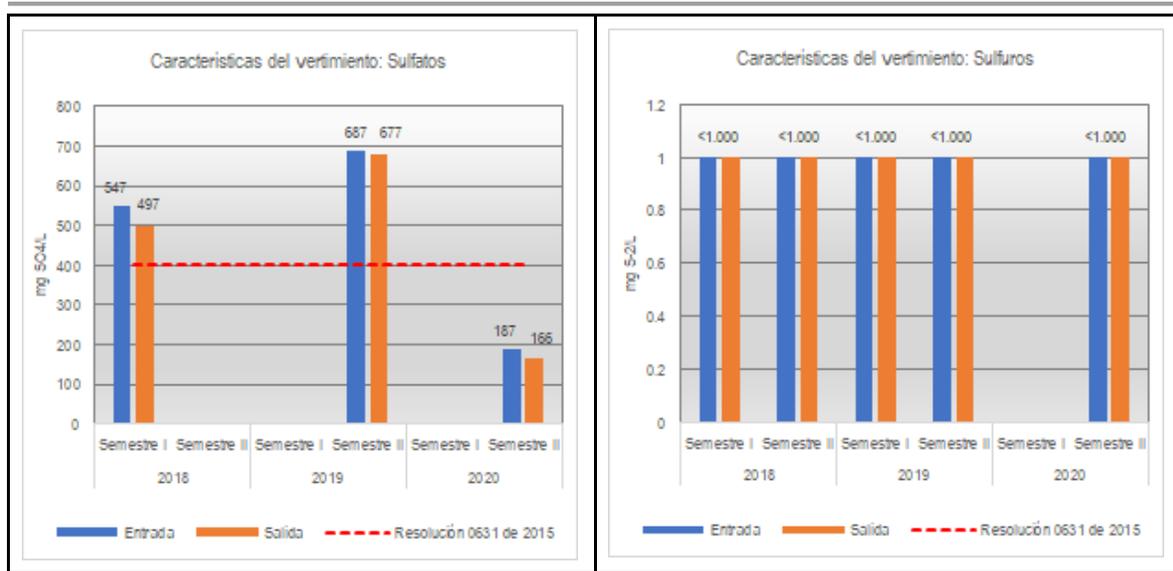


Figura 13. Características del vertimiento: Iones
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la dureza total (concentraciones de calcio y magnesio, expresadas como carbonato de calcio), se encuentra que en todos los casos el agua presenta una clasificación de agua muy dura (OMS, 2006). Adicionalmente, se identifica que la dureza total, está asociada principalmente a concentraciones de calcio, a las cuales se atribuye entre el 79 y 92 % de la dureza total (ver Figura 14).

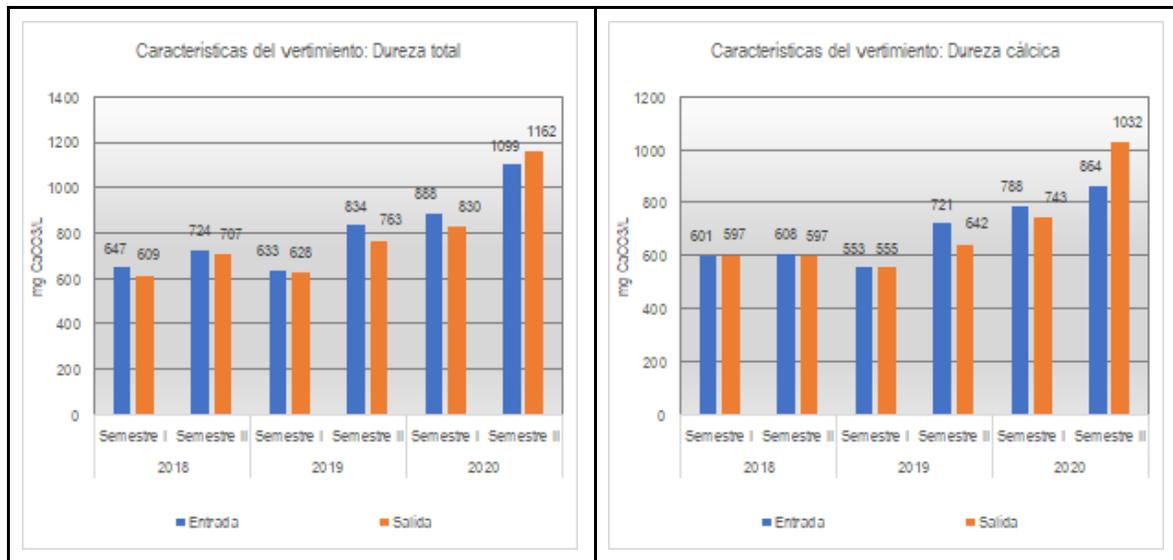


Figura 14. Características del vertimiento: Dureza
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los tóxicos orgánicos (ver Figura 15), se encuentra que en todos los casos los compuestos BTEX, se reportaron por debajo de los límites de cuantificación de los métodos de laboratorio.

Con respecto a los fenoles la mayoría de las mediciones se presentaron por debajo del límite de cuantificación, sin embargo se identifica una concentración de 0,13 mg/l en el primer semestre del 2018 a la entrada del sistema y una

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

concentración de 0,09 mg/l en el segundo semestre de 2020 a la salida del sistema. Se aclara que en todos los casos hay un cumplimiento de la normatividad nacional en los valores máximos de descarga.

Por último para el caso de los hidrocarburos totales, en todos los datos con excepción de uno, la concentración se presentó por debajo de los límites de cuantificación. En el primer semestre de 2020, se presenta a la entrada del sistema una concentración de hidrocarburos totales que supera el límite permisible de descarga (resolución 0631 de 2015), cabe aclarar que a la salida del sistema en ninguna medición se sobrepasa la normatividad mencionada.

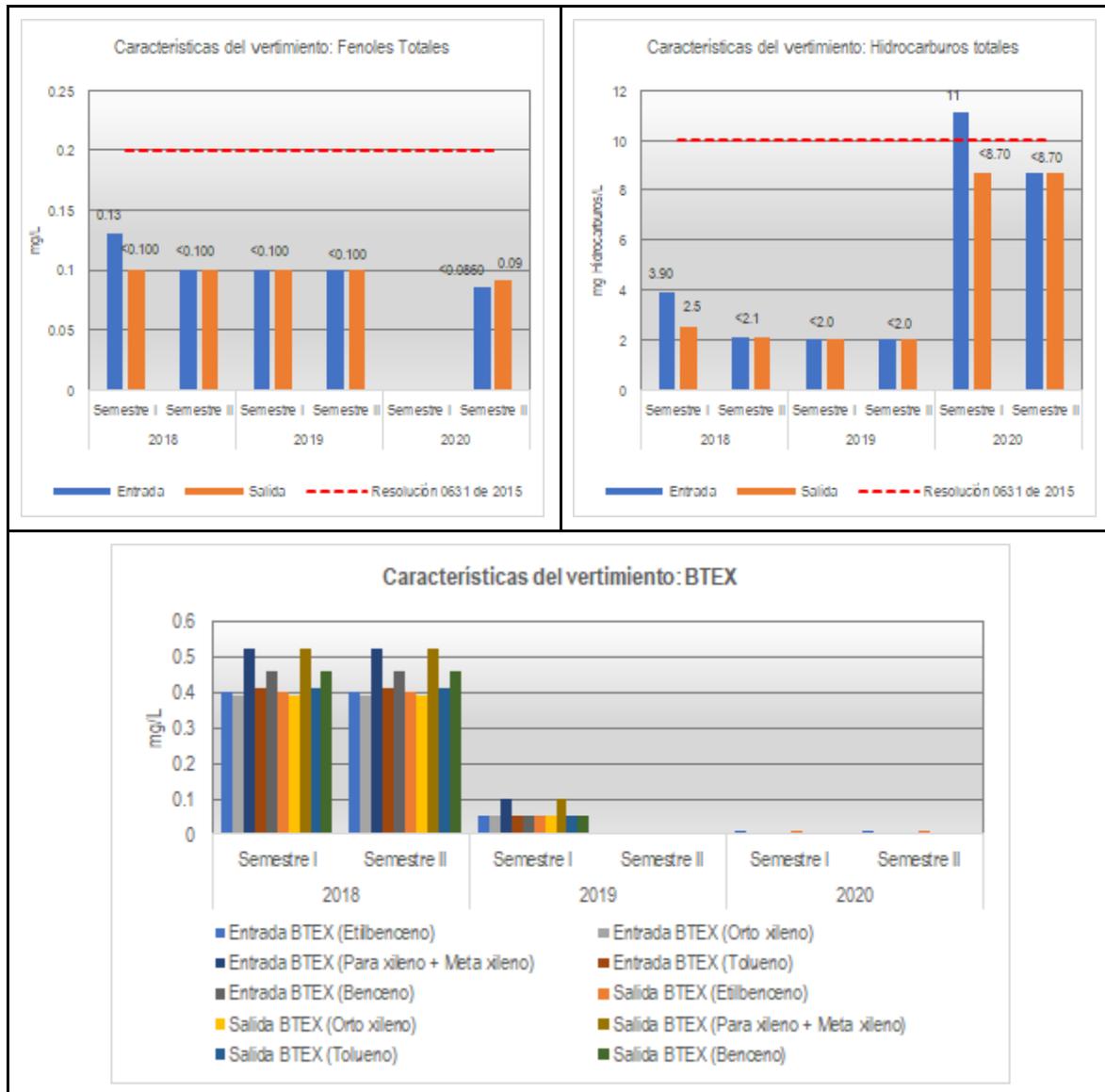


Figura 15. Características del vertimiento: Tóxicos orgánicos
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los metales pesados se encuentra que en todos los casos, las concentraciones están por debajo de los límites máximos permisibles para la descarga establecidos en la resolución 0631 de 2015. Para el caso de cadmio,

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

mercurio, plata y plomo en todos los casos la concentración se encontró por debajo del límite de cuantificación de los métodos empleados.

Con respecto al aluminio, únicamente se identificaron concentraciones a la entrada y salida del sistema para el segundo semestre de 2019.

Para la concentración de arsénico total únicamente se identificaron valores por encima del límite de cuantificación a la entrada del sistema para el primer semestre de 2018. La concentración medida se encuentra por debajo del límite máximo permisible de descarga.

Para la concentración de cobre total únicamente se identificaron valores por encima del límite de cuantificación a la entrada y salida del sistema para el primer semestre de 2018. La concentración medida se encuentra por debajo del límite máximo permisible de descarga.

Para la concentración de cromo total únicamente se identificaron valores por encima del límite de cuantificación a la salida del sistema para el segundo semestre de 2019. La concentración medida se encuentra por debajo del límite máximo permisible de descarga.

Para la concentración de hierro total únicamente se identificaron valores por encima del límite de cuantificación a la entrada y salida del sistema para el primer semestre de 2019 y segundo semestre de 2020. La concentración medida se encuentra por debajo del límite máximo permisible de descarga.

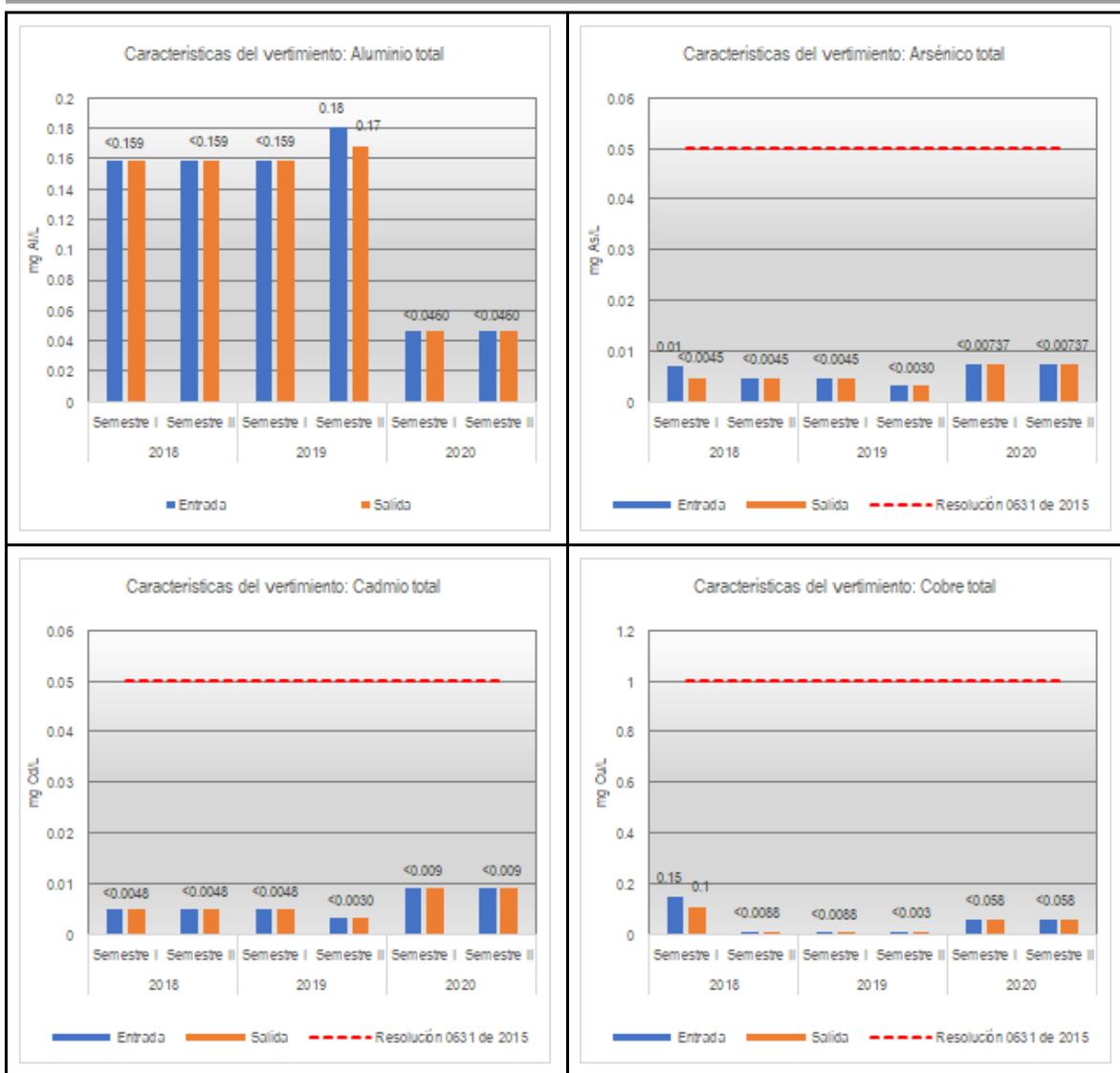
Para la concentración de manganeso total únicamente se identificaron valores por encima del límite de cuantificación a la entrada y salida del sistema para el primer semestre de 2018 y 2020. Se resalta el valor pico de 0,58 mg/l producido a la salida del sistema en el año 2020. Si bien no se relaciona un límite máximo permisible para *otras minas y canteras* en la resolución 0631 de 2015, la concentración de manganeso se encuentra en todos los casos por debajo de límites máximos permisibles impuestos para otras actividades industriales (2 mg/l).

Se identifican concentraciones de molibdeno en un rango <0.001 mg/l a 0,055 mg/l. En la resolución 0631 de 2015, no se establecen límites máximos permisibles para la concentración de molibdeno en la descarga para la actividad de *otras minas y canteras* u otras actividades contempladas en la resolución. De este modo, para evaluar el impacto de las concentraciones de molibdeno presentes en el vertimiento, se acude a las concentraciones esperadas en el cuerpo receptor bajo el efecto del vertimiento y los límites máximos permisibles para los diferentes usos presentados del recurso hídrico (Establecidos en el decreto 1076 de 2015, artículo 2.2.3.3.9.3 a 2.2.3.3.9.10).

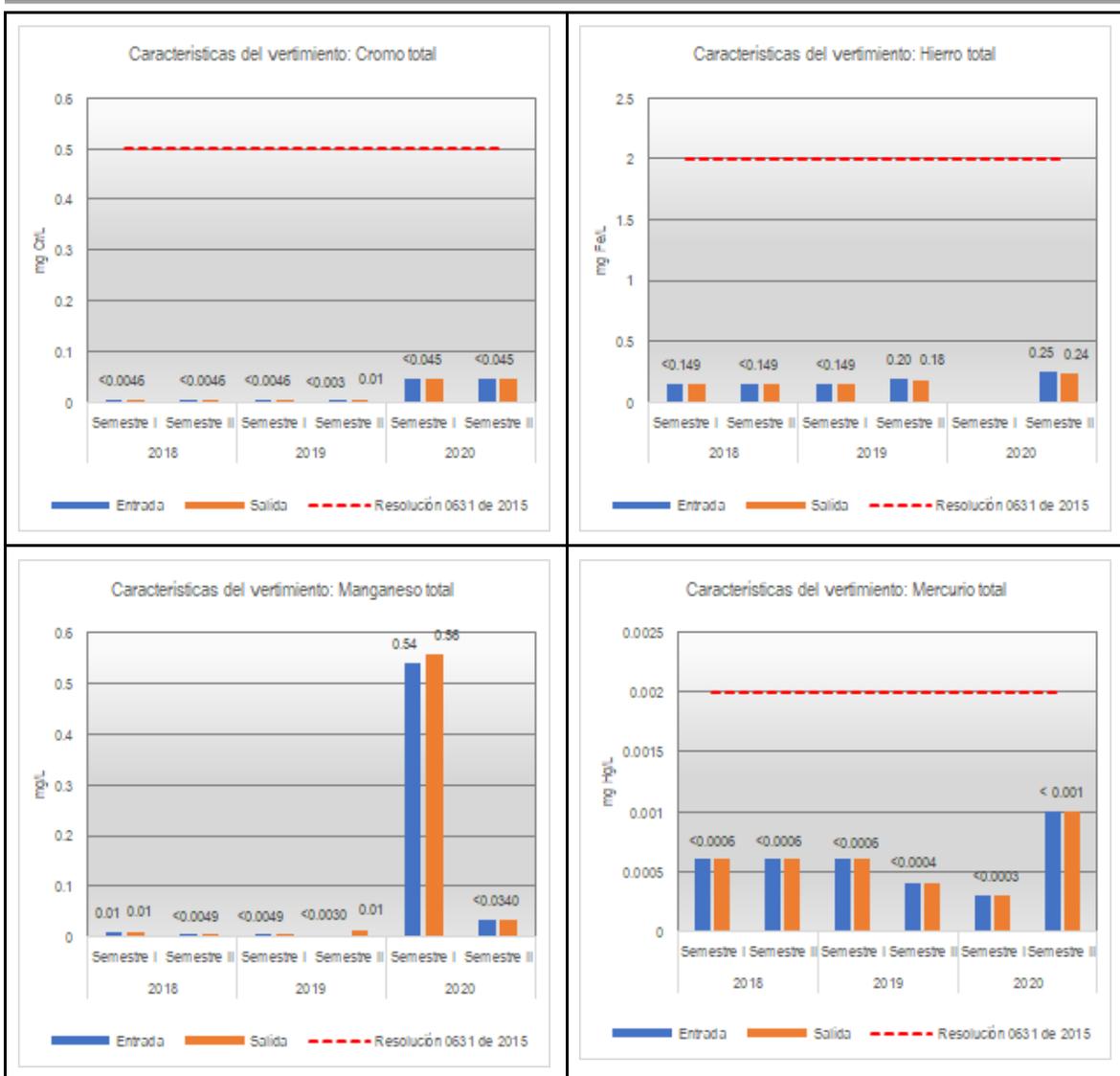
Para la concentración de níquel total únicamente se identificaron valores por encima del límite de cuantificación a la entrada y salida del sistema para el primer semestre de 2018 y segundo semestre de 2019. La concentración medida se encuentra por debajo del límite máximo permisible de descarga.

Para la concentración de zinc total únicamente se identificaron valores por encima del límite de cuantificación a la entrada del sistema para el primer semestre de 2020. La concentración medida se encuentra por debajo del límite máximo permisible de descarga.

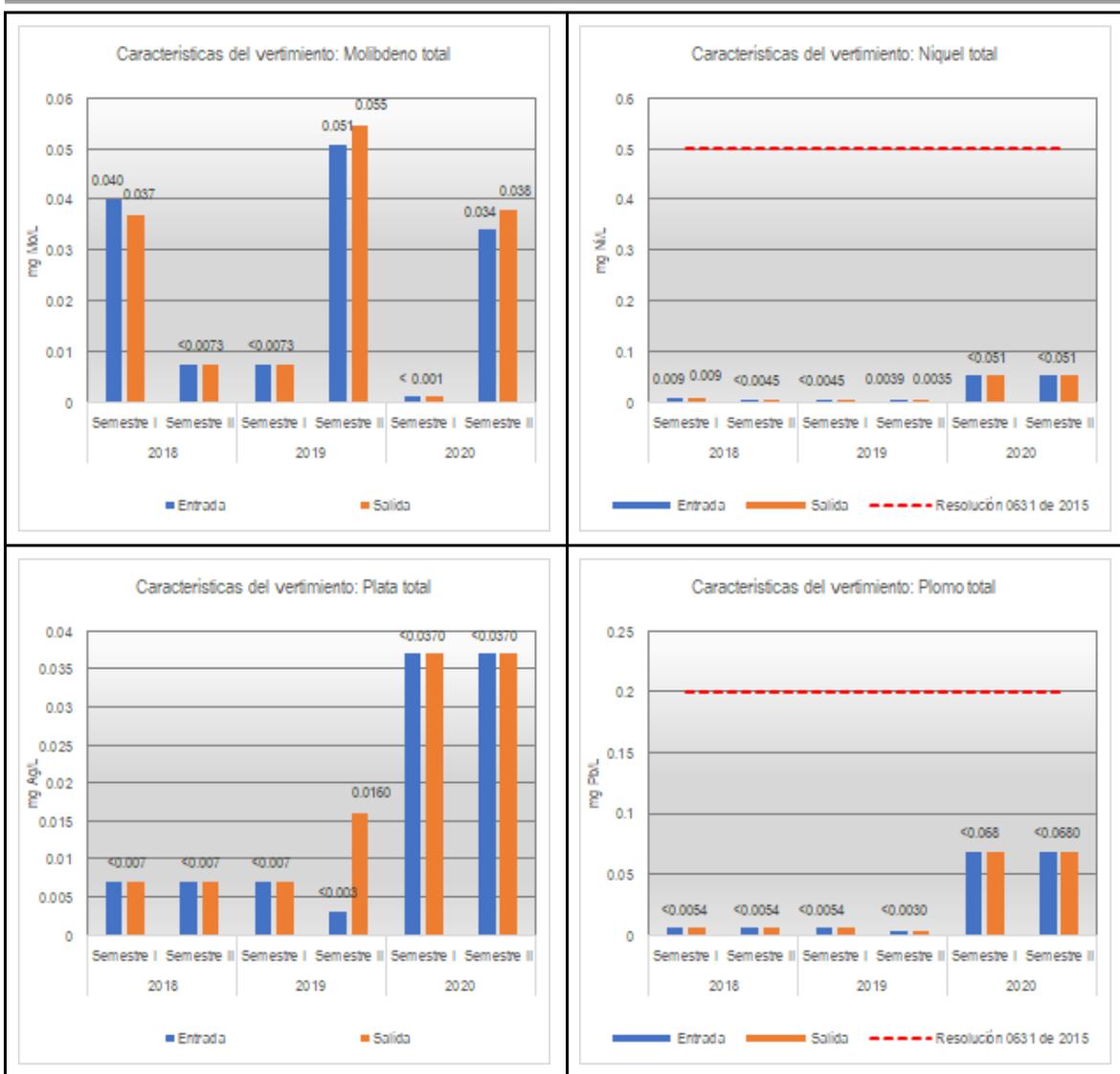
DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES



DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES



DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES



DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

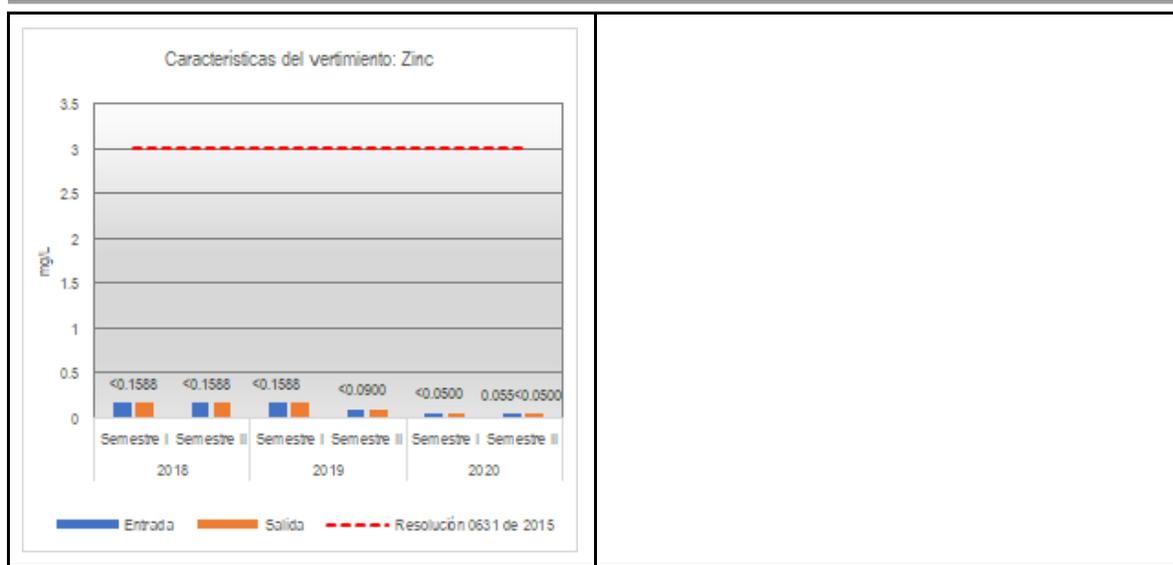


Figura 16. Características del vertimiento: Metales

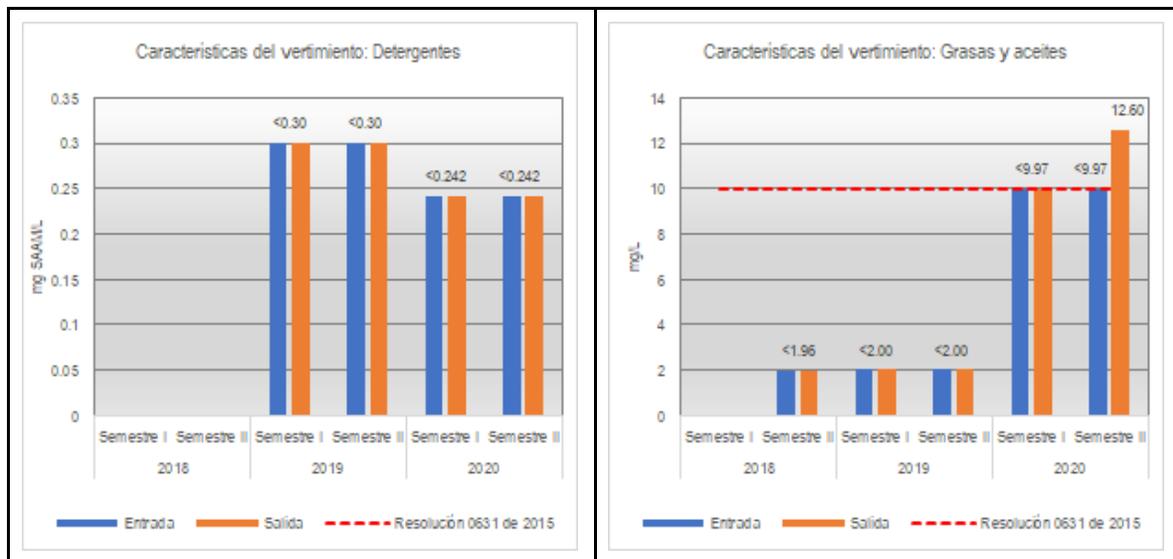


Figura 17. Características del vertimiento: Otros
Fuente: Elaboración propia.

Análisis detallado para los sulfatos

Dado que en los datos semestrales inicialmente contemplados se identifica que hay un sobrepaso de los límites máximos permisibles con respecto a la variable sulfatos se realiza un análisis de mediciones detallado para esta variable. En la Tabla 7 se presenta el registro de sulfatos medidos periódicamente durante los meses de enero a diciembre de 2019 y los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2020. De acuerdo con el Art. 10 de la Res. Res. 631 de 2015 para llevar a cabo vertimiento de aguas residuales de "actividades de extracción de minerales de otras minas y canteras" la concentración máxima de sulfatos permitida es de 400 mg/l.

Tabla 7. Concentración de sulfatos medidos durante el 2019 y 2020

Fecha	Valores de SO4 (mg/l)
2/11/2019	1200
2/20/2019	760
3/17/2019	1000
4/9/2019	1100
4/9/2019	1600
6/28/2019	520
8/8/2019	632
9/6/2019	640
10/3/2019	600
10/31/2019	530
12/6/2019	520
1/3/2019	360
2/6/2019	552
3/5/2019	600
7/24/2019	380
9/28/2020	520
10/8/2020	530
10/23/2020	250
11/26/2020	280

Fuente: Fuente: Cemex, 2020

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

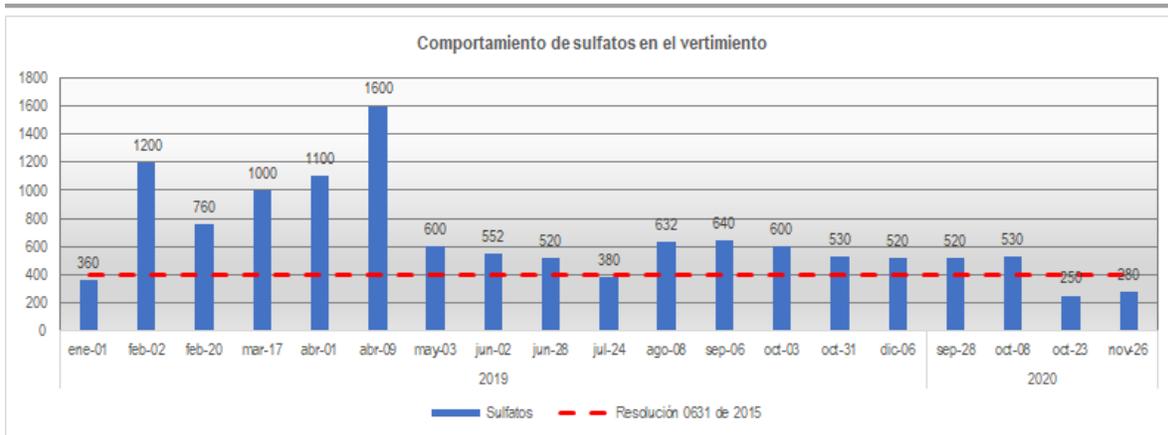


Figura 18. Análisis multitemporal del comportamiento de sulfatos
Fuente: Elaboración propia.

Se identifica que en un 79% de las mediciones realizadas se excede el límite de 400 mg/l en la concentración de sulfatos. De este modo, se presenta la necesidad de implementar un sistema de tratamiento específico para el tratamiento de esta variable.

7.3.1.4. Descripción de la operación y del sistema de tratamiento

7.3.1.4.1. Piscina de sedimentación

El sistema de tratamiento de aguas lluvias acumuladas en el fondo del PIT de la mina La Esmeralda , título 6823, estará compuesto por un sedimentador. El caudal para el dimensionamiento de la piscina de sedimentación se toma a partir de la capacidad de bombeo establecida de 400 m³/h, un diámetro de partícula crítica de 0,06 mm y una eficiencia de remoción de sedimentación mayor al 80%. En la Tabla 8 se presentan las dimensiones calculadas para la piscina y en la Tabla 9 se presentan los valores obtenidos según los criterios de diseño establecido por el RAS y Lopez Cualla (1995).

Tabla 8. Dimensiones piscina de sedimentación

Capacidad de la bomba	Caudal (m ³ /s)	Altura de sedimentación (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Área superficial (m ²)	Volumen (m ³)	Altura zona de lodos (m)	Altura total (m)
1 bomba (400 m ³ /h)	0,33	2,5	12	48	576	2304	1	4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Criterios de diseño piscina de sedimentación

Caudal (m ³ /s)	Velocidad de sedimentación (m/s)	Tiempo de sedimentación (s)	Carga hidráulica superficial (m/d)	THR (min)	Velocidad Horizontal Vh (m/s)	Velocidad de arrastre Vd (m/s)
0,33	0,004	617	50	86,4	0,011	0,130
RAS	20Vs>Vh	-	q<1000 m/d	THR>20	Vh>0,17	Vd>Vh
López Cualla	20Vs>Vh	-	15-180 m/d	0,5h - 4h	-	Vd>Vh

Caudal (m3/s)	Velocidad de sedimentación (m/s)	Tiempo de sedimentación (s)	Carga hidráulica superficial (m/d)	THR (min)	Velocidad Horizontal Vh (m/s)	Velocidad de arrastre Vd (m/s)

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta las dimensiones obtenidas se plantea la localización de la piscina de sedimentación en la zona sur del pit, en zona libre de vegetación. En la Figura 19 se muestra la localización.

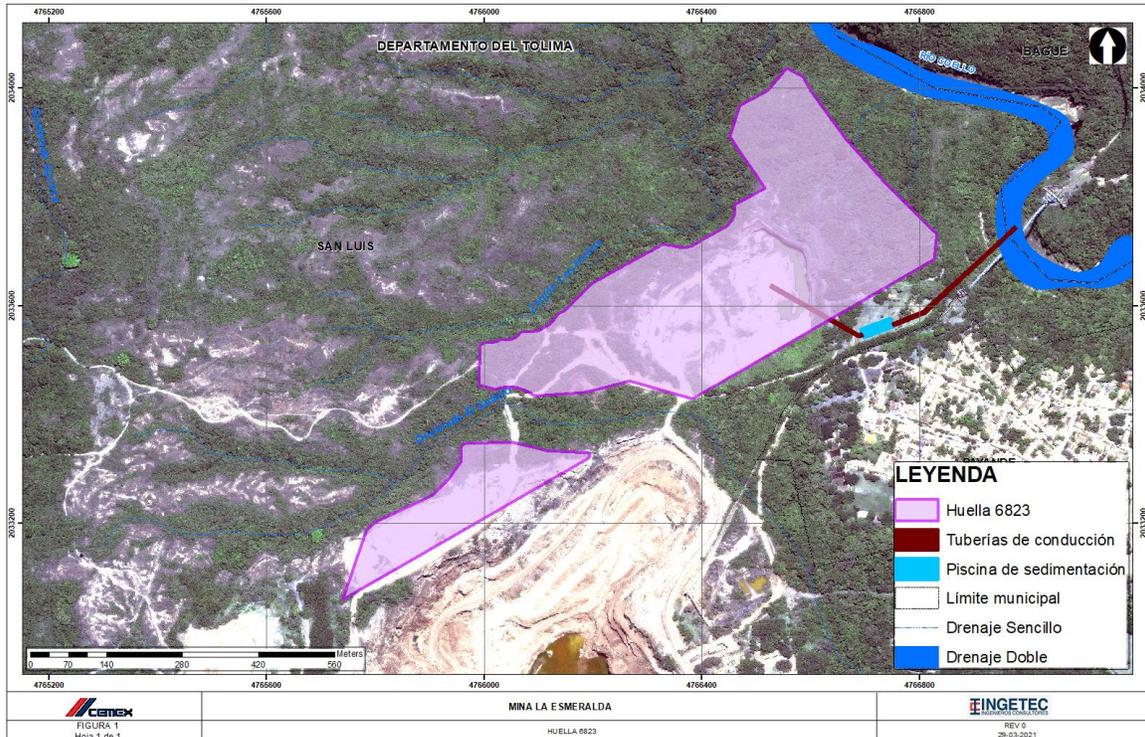


Figura 19. Localización sistemas de conducción y manejo de aguas lluvia
Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.4.2. Líneas de conducción y estructura de entrega

La tubería que permitirá conducir el flujo del sistema de tratamiento al cuerpo de agua receptor (río Coello), se proyecta con las mismas dimensiones de la estructura de conducción del pit a la piscina, es decir de 12 pulg, con el fin de garantizar su capacidad hidráulica.

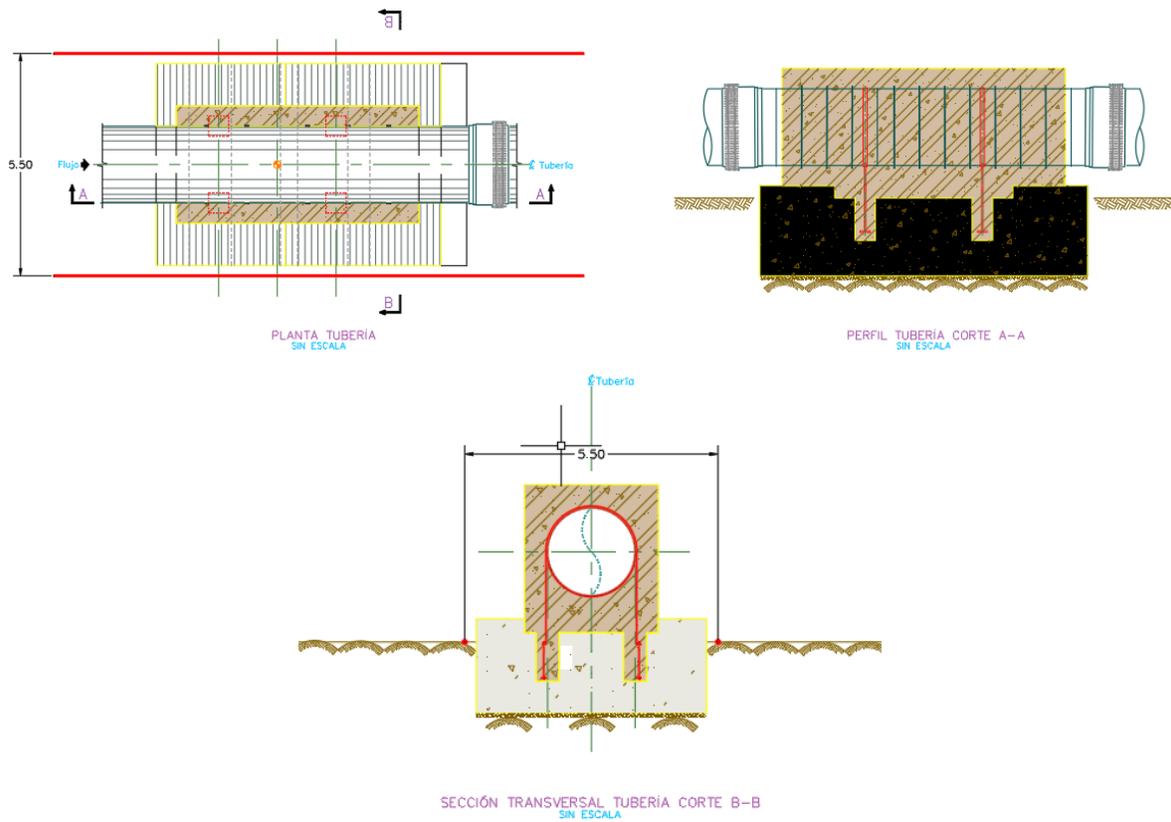


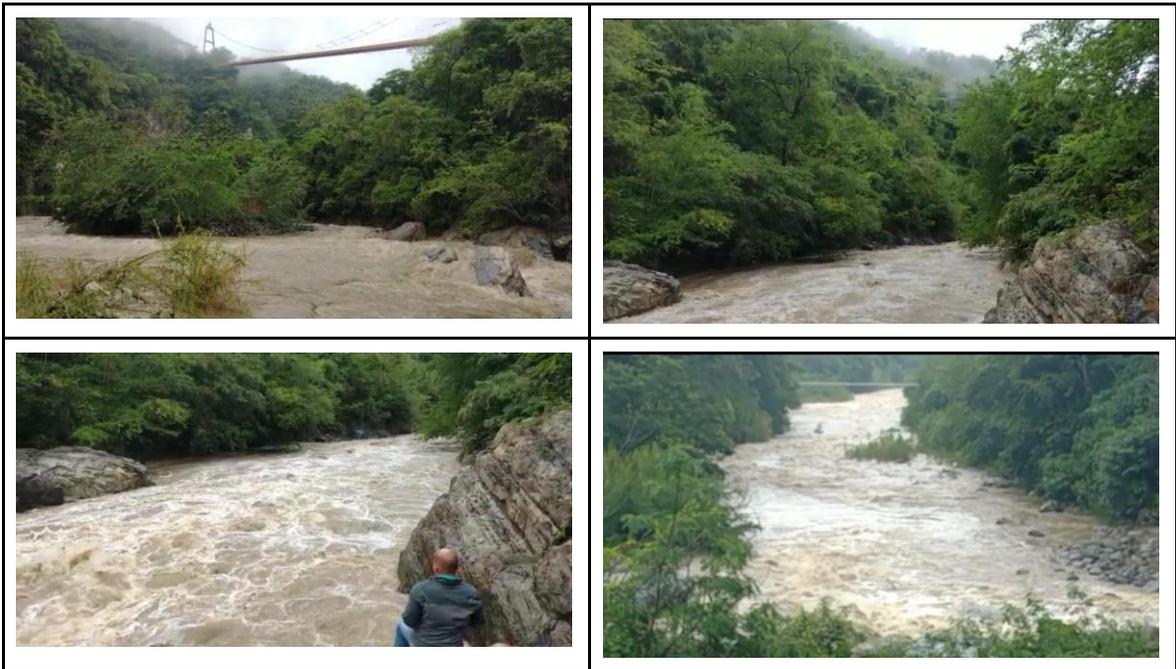
Figura 20. Estructura de descarga el vertimiento

Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.6. Cuerpos receptores de vertimientos

7.3.1.6.1. Identificación y localización

La fuente receptora corresponde al río Coello. El punto de descarga se encuentra localizado en la coordenada 4766907E, 2033679N. De acuerdo con la zonificación hidrográfica establecida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el informe de "Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia" (IDEAM, 2014), el vertimiento se localiza en el área hidrográfica Magdalena Cauca (Código IDEAM 2), Zona hidrográfica Alto Magdalena (Código IDEAM 21) y la subzona hidrográfica río Coello (Código IDEAM 2121).



Fotografía 1. Río Coello en las inmediaciones del punto proyectado del vertimiento
Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.6.2. Características del cuerpo receptor

Calidad del agua

Se desarrolló una campaña de monitoreo fisicoquímico con el fin de conocer las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Coello como condiciones base antes de la inclusión del vertimiento. Se incluye un punto aguas arriba del punto proyectado del vertimiento y dos puntos en el tramo aguas abajo.

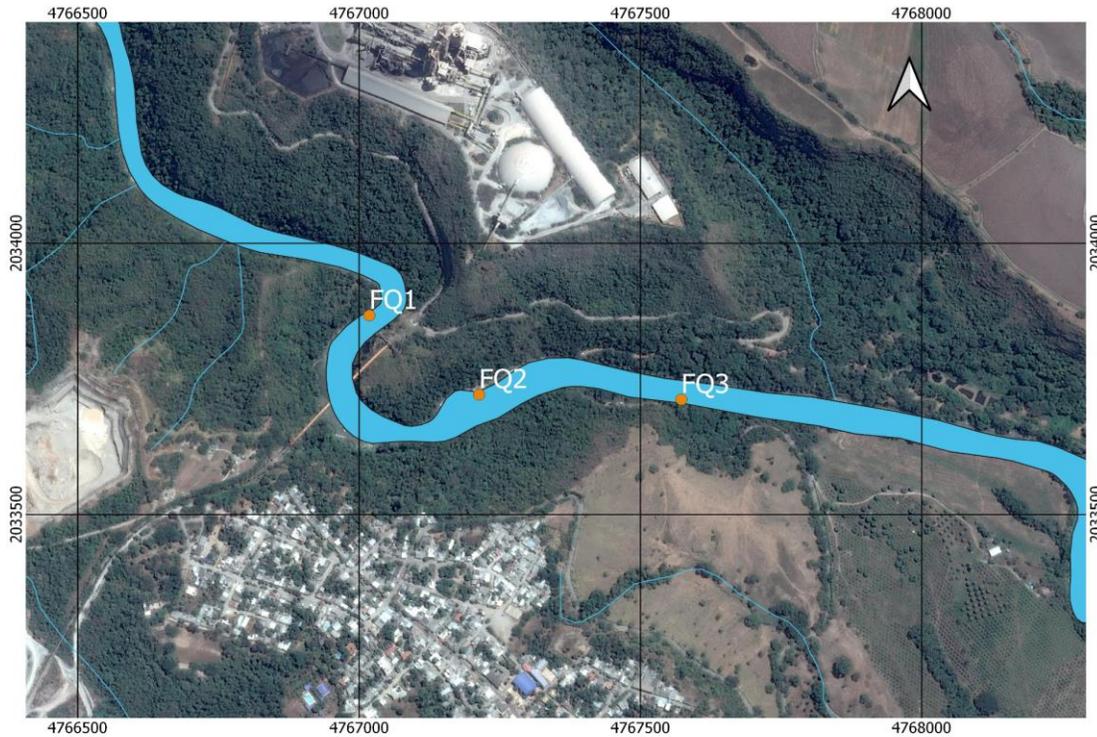


Figura 21. Ubicación de puntos de muestreo en el sistema
Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Ubicación de puntos de muestreo

Punto de muestreo	Coordenadas	
	Norte	Este
FQ1	4767011,694	2033858,045
FQ2	4767215,629	2033751,340
FQ3	4767570,701	2033711,666

Fuente: AGQ labs, 2021

En la Tabla 11 se presentan los resultados del monitoreo de calidad del agua en el río Coello, en el Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.021 Agua superficial, se presentan los reportes de laboratorio, certificados de acreditación, formatos de campo y certificados de calibración de los equipos empleados.

Tabla 11. Resultados del muestreo en matriz agua

VARIABLES	UNIDADES	FQ1	FQ2	FQ3
Oxígeno Disuelto	mg/l	8,33	6,43	6,43
pH	Unidades de pH	8,1	7,5	7,4

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Variables	Unidades	FQ1	FQ2	FQ3
Temperatura	°C	22,5	22,9	23,6
Aceites y Grasas	mg/l	< 4	< 4	< 4
Acidez Total	mg/l CaCO ₃	12,8	7,32	8,99
Alcalinidad Total	mg/l CaCO ₃	79,3	72,5	75,1
Aluminio Total	mg/l	25,5	10,4	17,1
AOX (Comp. Orgánicos Adsorbibles)	µg/L	< 50	< 50	80
Arsénico Total	mg/l	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Benceno	µg/L	< 10	< 10	< 10
Cadmio Total	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Calcio Total	mg/l	23,8	20,4	20,1
Cianuro Disponible	mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cianuro Libre	mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cianuro Total	mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cloruros	mg/l	5,1	4,7	4,5
Cobre Total	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Coliformes Fecales	NMP/100mL	33	2000	2000
Coliformes Totales	NMP/100mL	170000	58000	94000
Conductividad Eléctrica	µS/cm	365	186	181
Cromo Hexavalente	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cromo Total	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
DBO 5 Filtrada	mg/l	9	4	3
DBO 5 Suspendida	mg/l	11,2	4,5	< 2,1
DBO5	mg/l	20,2	8,51	4,7
DQO	mg/l	43,11	52,72	33,9
DQO Filtrada	mg/l	15,9	< 10	< 10
DQO Suspendida	mg/l	27,2	46,2	29,5
Dureza Cálctica	mg/l	56,7	48,6	47,7
Dureza Total	mg/l	134	97,5	101
Fenoles	mg/l	0,004	< 0,002	0,005

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Variables	Unidades	FQ1	FQ2	FQ3
Fosfatos	mg/l	0,104	< 0,1	< 0,1
Fósforo Reactivo Soluble	mg/l	0,16	0,12	0,16
Fósforo Total	mg/l	0,82	0,46	0,53
Hidrocarburos	mg/l	< 4	< 4	< 4
Hierro Total	mg/l	29,8	13,4	19,8
Magnesio Total	mg/l	18	11,3	12,5
Manganeso Total	mg/l	0,91	0,40	0,56
Mercurio Total	µg/L	< 1,753	< 1,753	< 1,753
Molibdeno Total	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Níquel Total	mg/l	0,02	< 0,02	< 0,02
Nitratos	mg/l	0,52	0,73	0,71
Nitritos	mg/l	< 0,03	< 0,03	0
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Nitrógeno Kjeldahl	mg/l	< 5	5,22	< 5
Plata Total	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Plomo Total	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
SAAM	mg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Sólidos Sedimentables	mL/L	10	2	7
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	108	80	78
Sólidos Totales en Suspensión	mg/l	1536	254	718
Sólidos Volátiles	mg/l	86	21	34
Sulfatos	mg/l	16,4	19	18,8
Sulfitos	mg/l	145	515	402
Sulfuros	mg/l	< 1	< 1	< 1
Suma BTEX	µg/L	< 10	< 10	< 10
Suma HAP's	µg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Turbidez	NTU	346	332	353
Zinc Total	mg/l	0,113	< 0,1	< 0,1

Fuente Elaboración propia

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

A continuación, se presentan las principales conclusiones con respecto a los resultados de muestreos de calidad del agua en el río Coello, un análisis más detallado se presenta en el capítulo 5.1.6.7. Calidad del agua.

En general, los resultados de Aceites y grasas, hidrocarburos totales, arsénico, cadmio, cobre, cromo total y hexavalente, molibdeno y níquel se encontraron por debajo del límite de cuantificación de las técnicas de medición empleadas para el análisis en todos los puntos. De este modo, actualmente no se evidencia una contaminación asociada a metales pesados, hidrocarburos totales o grasas y aceites.

Se encontraron concentraciones de oxígeno disuelto elevadas en un rango entre 6,43 y 8,33 mg/l, lo que corresponde a una saturación entre el 79 y 100%, teniendo en cuenta la temperatura del agua, la elevación sobre el nivel del mar y la salinidad (conductividad eléctrica). Se evidencia una disminución de la concentración de oxígeno disuelto hacia aguas abajo, esta tendencia puede estar asociada a demanda bioquímica (DBO₅), química (DQO) o nitrogenácea de oxígeno. Las concentraciones de DBO₅ se presentaron en el rango de 20,2 a 4,7 mg/l y presentan una tendencia de decaimiento hacia aguas abajo, lo que es coherente con el comportamiento del oxígeno disuelto. Por otro lado, se midieron concentraciones de DQO en un rango entre 33,9 y 52,7 mg/l, por lo cual, existe una carga contaminante asociada a material orgánico e inorgánico susceptible a oxidación química. Por último, no se evidencian niveles elevados de nitrógeno total de Kjeldahl (asociado a la demanda de oxígeno nitrogenácea), en este caso se puede concluir que las cargas de NTK en el río ya han sido oxidadas al inicio del tramo de estudio. Lo anterior se corrobora con las concentraciones medidas de nitratos (última especie en el ciclo de oxidación de nitrógeno o nitrificación) que se presentan en un rango entre 0,52 y 0,73 mg/l, en todos los casos los valores de nitratos se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles para uso doméstico y pecuario.

Las concentraciones de fósforo total se encuentran en el rango entre 0,46 y 0,82 mg/l, esto corresponde a una condición de eutrofia de acuerdo con la clasificación definida para el índice de contaminación ICOTRO.

El pH se encuentra en un rango entre 7,4 y 8,1 unidades de pH siendo el agua del tipo neutral a ligeramente alcalino. Estos valores se encuentran en el rango apto para usos doméstico con tratamiento convencional, doméstico para desinfección, agrícola, pecuario y preservación de la flora y la fauna definido en el decreto 1076 de 2015.

Con respecto a las características microbiológicas del río Coello se encuentra que los coliformes totales sobrepasan la normatividad para uso agrícola y doméstico en todos los puntos analizados. Por otro lado, los coliformes fecales sobrepasan la normatividad para uso agrícola en los dos últimos puntos, pero presentan cumplimiento para la normatividad de uso doméstico. De este modo, se encuentra que los coliformes totales no están asociados en su mayoría a origen fecal y pueden corresponder a la presencia de microorganismos propios del suelo de la cuenca de estudio.

Se encontraron concentraciones elevadas de sulfitos (145 y 515 mg/l), especie intermedia en procesos de oxidorreducción del azufre, dadas las condiciones aerobias puede ser atribuido a oxidación de sulfuros o al aporte directo de carga contaminante de sulfitos. No se evidencian concentraciones elevadas de sulfatos (16,4 - 19 mg/l), lo que indica que no hay una oxidación completa del sulfuro al estado más oxidado del azufre.

La dureza total se presenta entre 97,5 y 134 mg/l CaCO₃, esto corresponde a aguas con dureza media a duras.

En el caso de los fenoles, en los tres puntos de medición se encontraron concentraciones por encima del límite máximo permisible para consumo humano, por lo cual, se concluye que para las condiciones actuales del río Coello existen aportes de carga contaminante de este elemento.

Se encuentran concentraciones por encima del límite máximo permisible para uso agrícola de aluminio (rango 10,4 a 25,5 mg/l), hierro total (rango 13,4 a 29,8 mg/l) y manganeso (rango 0,4 a 0,91 mg/l). Estos metales son típicos de condiciones asociadas a la generación de drenaje ácido y su presencia en el río no puede ser atribuida a la mina La Esmeralda, dado que los valores pico se presentaron en el punto de medición antes del paso del río por la Mina La Esmeralda.

Usos y usuarios

Los usuarios de un cuerpo de agua determinan la destinación que se está dando al recurso hídrico y de este modo, la calidad del agua deseada para la fuente hídrica. La inclusión de la descarga de un vertimiento de aguas residuales a un cuerpo receptor debe tener en cuenta a los usuarios registrados y no registrados de este, con el fin de identificar las posibles afectaciones que podría tener sobre estos y de este modo tomar medidas de manejo para estas afecciones.

Objetivos de calidad del agua

Los objetivos de calidad del agua de cuerpos de agua permiten establecer los usos actuales y proyectados, al ser una meta para la calidad del agua. Para las cuencas hidrográficas de Coello y Luisa los objetivos se establecen en la resolución 601 de 2006 de CORTOLIMA.

En el caso de la cuenca hidrográfica del río Coello, se identifican dos tramos de interés:

- El denominado tramo 4 comprendido entre el Puente vía Coello Cocora y el Puente Payandé y ubicado en el municipio de Ibagué. Este tramo finaliza aguas abajo de la banda de la Mina La Esmeralda.
- El denominado tramo 5 comprendido entre Puente Payandé y la Bocatoma del distrito de riego USOCOELLO. Este tramo estaría ubicado aguas abajo de la intervención del proyecto.

A continuación, se definen los usos definidos en los tramos de interés.

Tabla 12. Usos definidos de acuerdo a objetivos de calidad del agua

Cuenca	Tramo	Usos definidos	Artículo 1076 de 2015	Resolución 601 de 2006
Coello	Tramo 4	Agrícola Preservación flora y fauna	2.2.3.3.9.5 2.2.3.3.9.10	OD >5 mg/l DBO5 < 5 mg/l SST < 20 mg/l CT < 20000 NMP/100 ml CF < 2000 NMP/100 ml
	Tramo 5	Consumo humano y doméstico Agrícola	2.2.3.3.9.3 2.2.3.3.9.5	OD >5 mg/l DBO5 < 5 mg/l SST < 20 mg/l CT < 20000 NMP/100 ml CF < 2000 NMP/100 ml CE < 1000 uS/cm

Fuente: Resolución 601 de 2006 de CORTOLIMA

Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca - POMCA

Se tienen en cuenta las condiciones establecidas en los planes de ordenamiento de cuenca, con el fin de definir los usos del recurso hídrico en el área de estudio.

En el caso de la cuenca del río Coello, se encuentra el uso agrícola comunitario (riego), el cual está representado por la concesión asignada para el distrito de riego de USOCOELLO, cuya fuente es el río Coello a la altura del caserío Gualanday del municipio de Coello (esto se encuentra aguas abajo de la zona de intervención de la mina La Esmeralda).

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

El uso principal del agua es irrigar las áreas de cultivo de arroz ubicadas en el municipio de Espinal y parte de los municipios de Guamo y Flandes.

La segunda demanda con mayor representación es la generación de energía hidroeléctrica, desde el distrito de riego USOCOELLO se desvían aguas para generación energética por parte de la empresa Hidrotolima sector “La Ventana”.

El siguiente uso de mayor importancia es el uso agrícola individual, para el cual las captaciones de mayor caudal se ubican en la zona de la cuenca aguas arriba de la Mina La Esmeralda.

Posteriormente, se encuentra el uso doméstico comunitario (Acueductos), desde el sistema USOCOELLO se captan las aguas para uso humano del municipio de Espinal, el corregimiento de Chicoral del mismo municipio, y el municipio de Coello.

Tabla 13. Usuarios de interés POMCA subzona hidrográfica del río Coello

Nombre	x	y	Caudal	Uso	Fuente	Coord. Sistema Origen Único	
						este	norte
USOCOELLO	894393	965045	9,64	Agrícola	Río Coello	4774915,7	2031180,46

Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA, 2019.

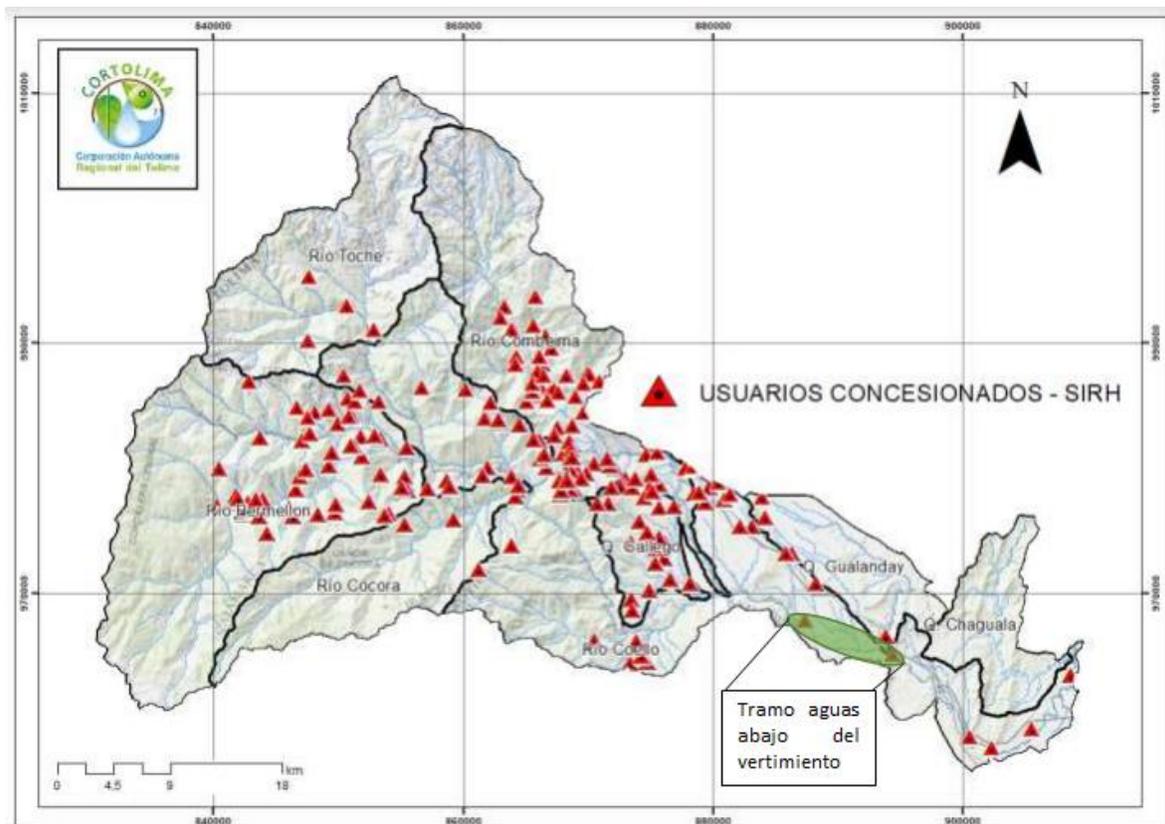


Figura 22. Usuarios Concesionados especializados SIRH en la Subzona Hidrográfica del río Coello
Fuente: Gestión Integral de Recurso Hídrico, GIRH - CORTOLIMA, 2019, Adaptado por INGETEC, 2021

7.3.1.6.3. Caudales característicos del cuerpo receptor

Para caracterizar los caudales medios, máximos y mínimos del río Coello en el punto de vertimiento, se emplearon los registros de caudales medios diarios de la estación Payandé, que cuenta con registros para el periodo 1983-2017.

7.3.1.6.3.1. Caudales medios

Los caudales medios de la estación río Coello - Payandé se trasladaron hasta el sitio de vertimiento, teniendo en cuenta que la diferencia en áreas de drenaje es de 1,2% (área hasta Payandé 1529 km² y área hasta sitio de vertimiento 1510,7 km²).

De acuerdo con la Figura 23 el régimen de caudales del río Coello es de tipo bimodal. Los periodos de caudales por encima del promedio ocurren de abril a julio y de octubre a noviembre, siendo el mes de mayo el que presenta mayor caudal. El periodo de caudales bajos se presenta en los meses restantes (agosto-septiembre y diciembre-marzo), donde el mes de febrero presenta el caudal mensual multianual más bajo. El caudal presentado en cada mes y el caudal promedio estimado en cada subcuenca se relaciona en la Tabla 14.

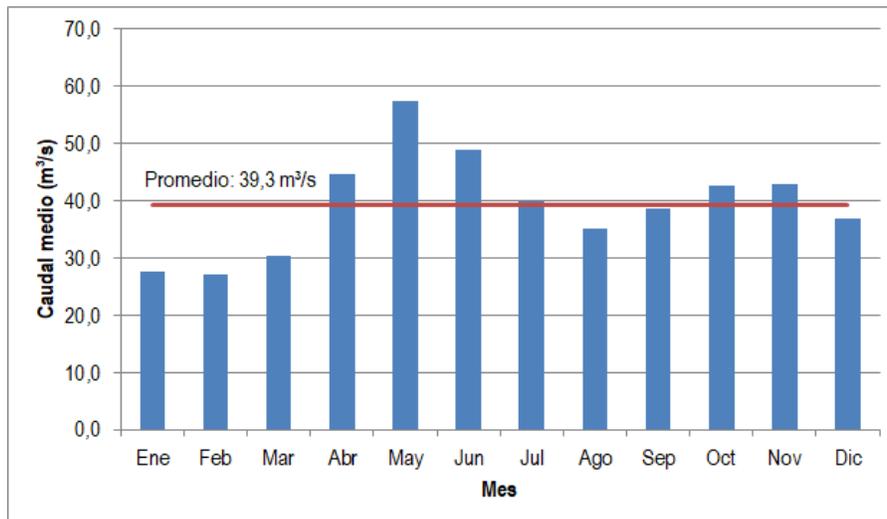


Figura 23. Distribución temporal de caudales medios mensuales en el río Coello. Periodo 1983-2017.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Caudal medio mensual multianual en m³/s en el río Coello. Periodo 1983-2017.

Valor	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio	27,7	27,0	30,4	44,7	57,4	48,8	39,9	35,0	38,7	42,7	43,0	36,8	39,3
Máximo	56,3	69,6	61,3	89,0	260,2	97,6	77,9	66,4	94,0	86,9	74,4	96,9	260,2
Mínimo	7,5	7,1	11,1	21,2	29,9	16,5	21,2	15,9	15,8	14,3	19,5	11,9	7,1

Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.6.3.2. Caudales máximos

Se realiza el cálculo de los caudales máximos en la cuenca del río Coello hasta el sitio de vertimiento, cuyos resultados se presentan en la Tabla 15. El método para la estimación de caudales se presenta de manera detallada en el capítulo 5.1.6, en específico en el numeral 5.1.6.6.5.1.

Tabla 15. Caudales máximos del río Coello hasta el sitio de vertimiento, a partir de la estación Payandé.

Sitio	Río Coello – Payandé	Río Coello en sitio de vertimiento
Área (km ²)	1529	1510,7
Tr (años)	Caudal (m³/s)	
2,33	312,2	310,0
5	461,4	458,0
10	607,4	603,0
15	700,1	695,1
25	826,1	820,1
50	1015,7	1008,4
100	1229,9	1221,1

Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.6.3.3. Caudales mínimos

En la Tabla 16 se presentan los caudales mínimos obtenidos para diferentes periodos de retorno para la estación de referencia. El método para la estimación de caudales se presenta de manera detallada en el capítulo 5.1.6, en específico en el numeral 5.1.6.6.5.1.

Tabla 16. Caudales mínimos asociados a diferentes periodos de retorno en estación río Coello – Payandé, Ajuste Gumbel

Tr años	Q máximo m ³ /s
2,33	13,161
5	10,436
10	8,919
15	8,232
20	7,804
25	7,500
50	6,674
100	5,983

Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.7. Evaluación ambiental del vertimiento

La evaluación ambiental del vertimiento se presenta en el Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.004. A continuación se presentan un resumen de los resultados de mayor relevancia de la evaluación ambiental del vertimiento.

7.3.1.7.1. Modelación hidráulica en el cuerpo receptor

El objetivo del modelo hidráulico es conocer las características del flujo: velocidad, profundidad y ancho superficial en el tramo de estudio; para su uso en los análisis de calidad del agua. Se utilizó el modelo computacional hidráulico HEC-RAS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos, versión 5.0.7. aplicando el componente de análisis para flujo permanente donde se soluciona la ecuación de energía en una dimensión.

El modelo emplea en su cálculo hidráulico la Ecuación de Manning, la cual requiere como parámetro de entrada el coeficiente de rugosidad (n) de la sección. Para la definición de este parámetro se realizó una comparación gráfica entre el cauce del río en el tramo de estudio y los ríos analizados por la USGS (1967) en los Estados Unidos, para los que se determinó el coeficiente de rugosidad en forma detallada.

La comparación se hizo con ríos que tuvieran características similares como el material del cauce, la pendiente, el área de la cuenca y los caudales. En general, se encontró que los cauces de referencia con mayor similitud al tramo de estudio tenían valores de " n " entre 0.05 y 0.07. La Figura 24 muestra la comparación entre el cauce del río Coello y el cauce de referencia con mayor similitud de los que se analizó. Ambos avanzan por un cañón en roca, con pendientes medias entre el 1% y 2%, y áreas de drenaje entre 1000 km² y 1500 km². El cauce de referencia mostrado en la Figura 24 tiene un " n " de 0.05, valor que fue adoptado para el modelo hidráulico del modelo del río Coello.



Figura 24. Comparación entre el cauce del río Coello (Izq.) y uno de los cauces de referencia (Der.) (USGS, 1967) para la estimación del coeficiente de rugosidad.

Fuente: Elaboración propia.

El canal principal se delimitó en el modelo como aquel capaz de conducir el caudal con periodo de retorno de 2.33 años. Por fuera del canal principal el coeficiente de Manning se definió utilizando la metodología de Cowan modificada como lo proponen Arcement y Schneider (1989). Esta metodología consiste en la definición de un valor base del coeficiente de acuerdo al material del terreno, el cual luego se corrige por el grado de irregularidad, el efecto de las obstrucciones y la cantidad de vegetación. Partiendo de un valor base de 0,025, correspondiente a material rocoso, y adoptando un grado de irregularidad moderado, un efecto apreciable de las obstrucciones y presencia media de vegetación, se llega a un valor de 0,070.

Los caudales modelados se resumen en la Tabla 17 y corresponden los valores estimados del caudal ambiental (Q95), el caudal medio y el caudal máximo con periodo de retorno de 2,33 años, a los cuales se les sumó el valor máximo de vertimiento de la mina, 94,4 l/s.

Tabla 17. Caudales ingresados al modelo HEC-RAS.

Q95 + Qvertimiento máx. (m³/s)	Q medio + Qvertimiento máx. (m³/s)	Q Tr 2.33 + Qvertimiento máx. (m³/s)
13,4944	39,3944	310,0944

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la geometría del cauce, y el cañón en el que se ubica, esta fue descrita haciendo uso del levantamiento batimétrico que se realizó en la zona de estudio (Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.002). Se utilizaron en total 8 secciones para construir el modelo. Entre las secciones ingresadas se generaron secciones interpoladas con separación máxima de 10 metros, con el objetivo de mejorar la precisión del método numérico del modelo. En la Figura 25 se muestran las secciones transversales levantadas e interpoladas, vistas desde la interfaz gráfica del modelo.



Figura 25. Ubicación de las secciones de cálculo, levantadas e interpoladas, en la GUI del modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, las condiciones de frontera establecidas para el modelo hidráulico, para condición de flujo en régimen permanente, fueron definidas aguas arriba y aguas abajo como la profundidad normal. La suposición base es que en los extremos del modelo la pendiente del perfil hidráulico y la línea de energía similar se aproximan a la pendiente media del fondo del cauce. Se requiere de las condiciones de frontera para correr el modelo en flujo mixto, permitiendo cambios de régimen dentro del tramo. En la Figura 26 se muestra la pendiente del fondo del río, construida con las secciones batimétricas disponibles y una regresión lineal de ajuste que indica una pendiente media de 0,017. Este fue el valor que usado para definir las condiciones de frontera del modelo en las fronteras del modelo.

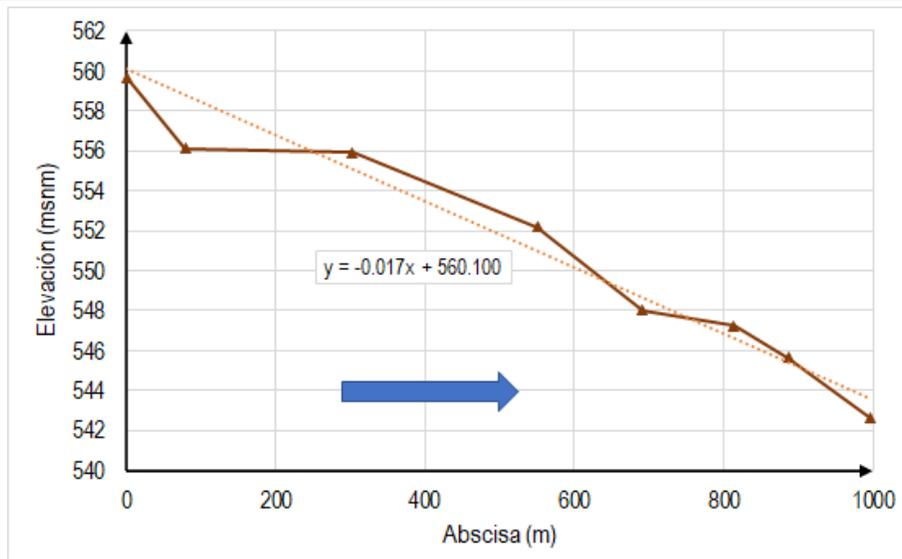


Figura 26. Perfil del fondo del cauce del río Coello, de acuerdo con las secciones batimétricas.
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 27 a la Figura 29 muestran los perfiles hidráulicos, la variación de la profundidad hidráulica y la variación de la velocidad media, que hacen parte de la salida del modelo.

En los perfiles hidráulicos es posible identificar zonas de flujo mixto para los caudales medio y con tiempo de retorno de 2,33 años, lo cual valida que se hayan incluido condiciones de frontera en los dos extremos del tramo. De la gráfica de variación de la profundidad hidráulica, se tiene que el modelo logra representar en cierto grado la sucesión de rápidos y pozas que se tiene en el tramo analizado del río. Esto mismo se puede ver en la gráfica de la velocidad media que muestra una alta variación a lo largo del tramo. En general, las velocidades se encuentran en el rango de 0,6 y 2,8 m/s para el caudal ambiental; y entre 3,6 y 5,6 m/s para el caudal máximo con periodo de retorno de 2,33 años.

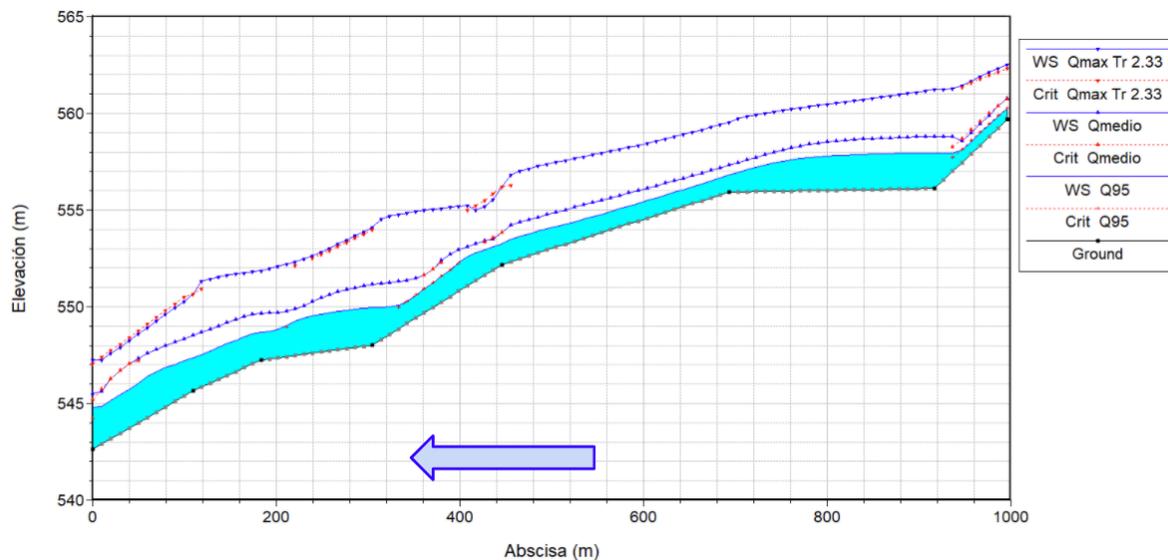


Figura 27. Perfiles hidráulicos del río Coello en el tramo analizado.
Fuente: Elaboración propia.

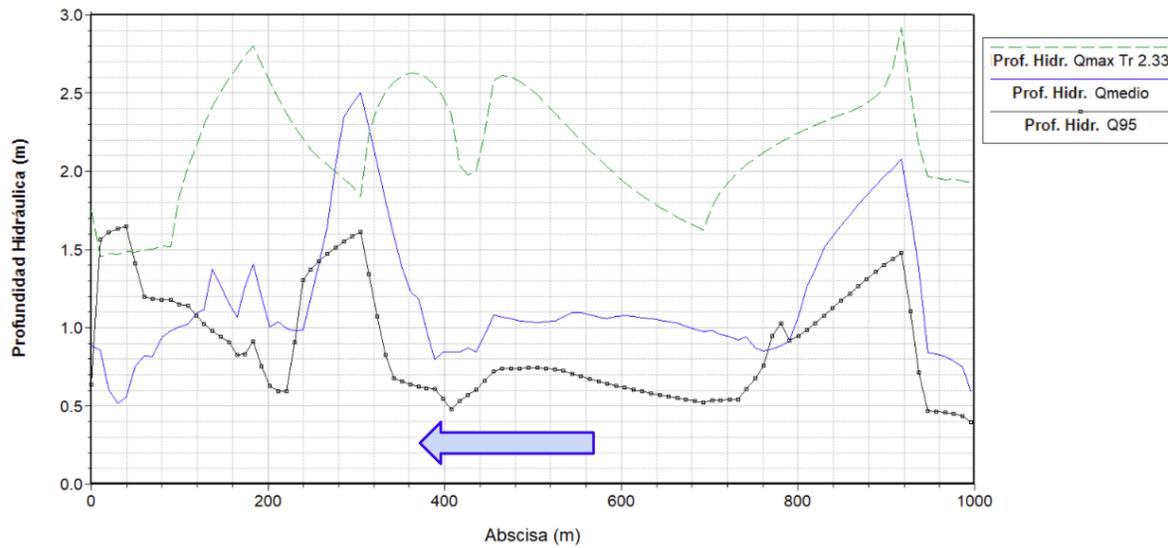


Figura 28. Variación de la profundidad hidráulica a lo largo del tramo analizado.
Fuente: Elaboración propia.

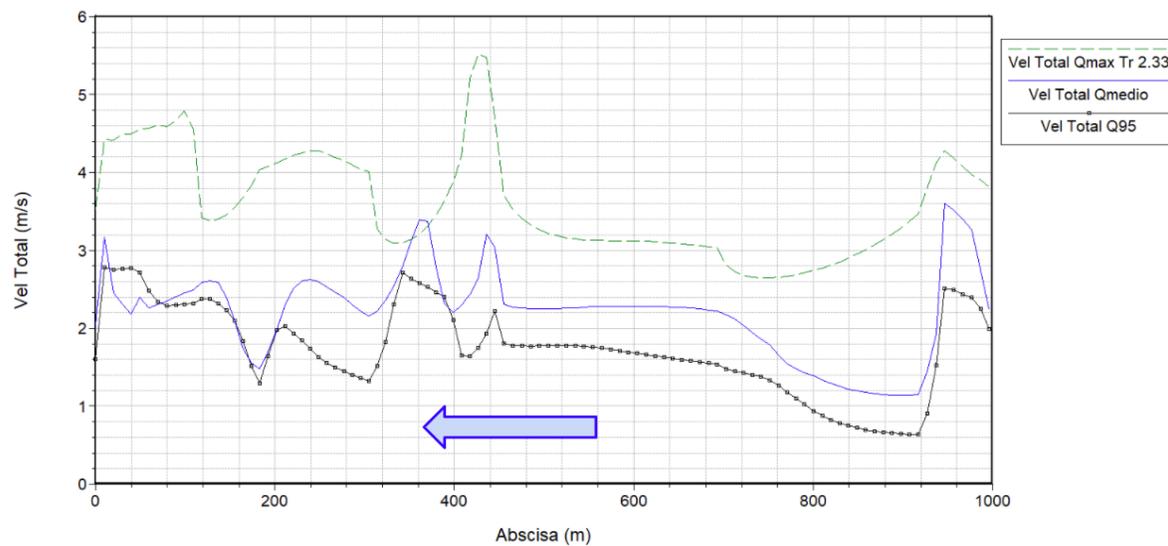


Figura 29. Variación de la velocidad media a lo largo del tramo analizado.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 30 se muestran tres de las secciones batimétricas utilizadas para la construcción del modelo, mostrando los niveles de agua para los caudales modelados, y la velocidad para el caudal ambiental o Q95. En la Tabla 18 se resumen las propiedades hidráulicas de interés en las 8 secciones batimétricas para los tres caudales modelados.

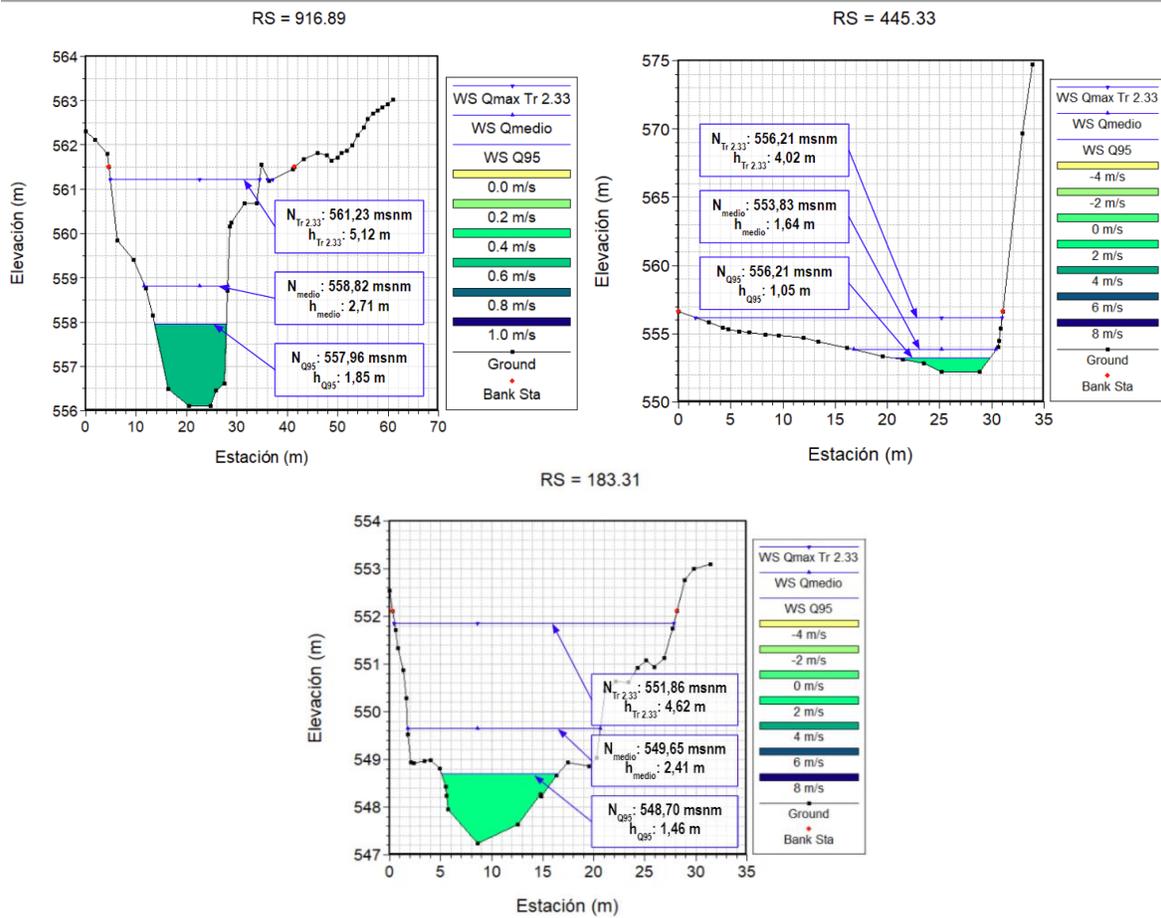


Figura 30. Niveles de agua para los caudales modelados en tres de las secciones levantadas.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Resumen de las propiedades hidráulicas obtenidas en las secciones levantadas.

Sección	Caudal (m³/s)	Área (m²)	Ancho superficial (m)	V media (m/s)	Prof. Hidráulica (m)
996,14	13,49	6,78	17,04	1,99	0,40
996,14	39,39	17,57	29,87	2,24	0,59
996,14	310,09	81,35	42,25	3,82	1,93
916,89	13,49	21,19	14,32	0,64	1,48
916,89	39,39	34,34	16,54	1,15	2,08
916,89	310,09	89,5	30,65	3,46	2,92
693,03	13,49	8,76	16,74	1,54	0,52
693,03	39,39	17,73	18,14	2,22	0,98

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Sección	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Ancho superficial (m)	V media (m/s)	Prof. Hidráulica (m)
693,03	310,09	102,32	62,97	3,03	1,62
445,33	13,49	6,08	9,21	2,22	0,66
445,33	39,39	12,94	13,58	3,05	0,95
445,33	310,09	65,79	29,38	4,71	2,24
304,68	13,49	10,2	6,31	1,32	1,62
304,68	39,39	18,31	7,31	2,15	2,50
304,68	310,09	77,41	42,04	4,01	1,84
183,31	13,49	10,41	11,39	1,3	0,91
183,31	39,39	26,57	18,89	1,48	1,41
183,31	310,09	76,77	27,38	4,04	2,80
109,37	13,49	5,82	5,11	2,32	1,14
109,37	39,39	15,82	15,46	2,49	1,02
109,37	310,09	68,06	33,47	4,56	2,03
0	13,49	8,44	13,2	1,6	0,64
0	39,39	19,25	21,74	2,05	0,89
0	310,09	87,81	50,15	3,55	1,75

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados del modelo hidráulico se extrae la información requerida para alimentar el modelo de calidad del agua, esta consiste en curvas potenciales velocidad - caudal, velocidad máxima - caudal, profundidad - caudal y ancho - caudal.

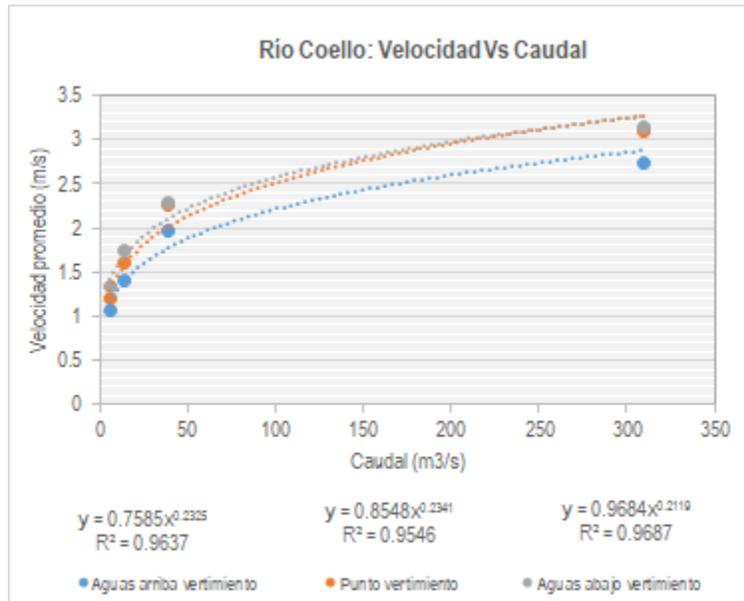


Figura 31. Curvas potenciales velocidad - Caudal
Fuente: Elaboración propia

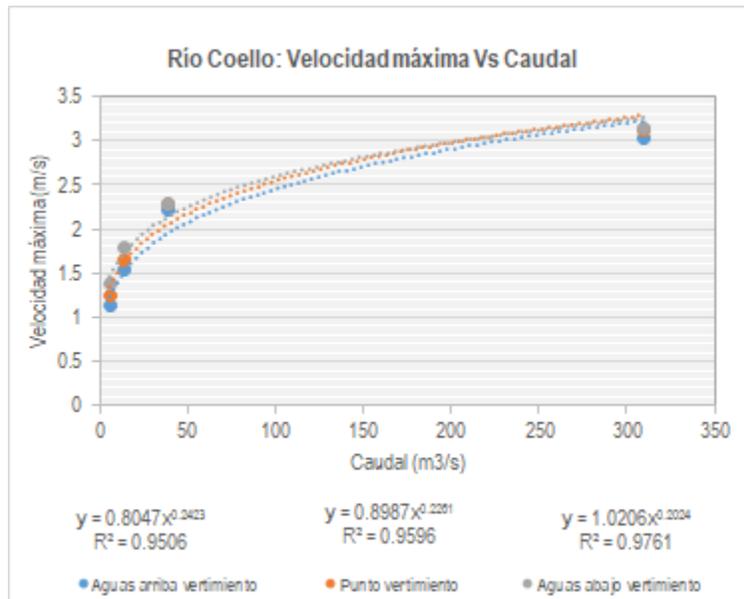


Figura 32. Curvas potenciales velocidad máxima - Caudal
Fuente: Elaboración propia

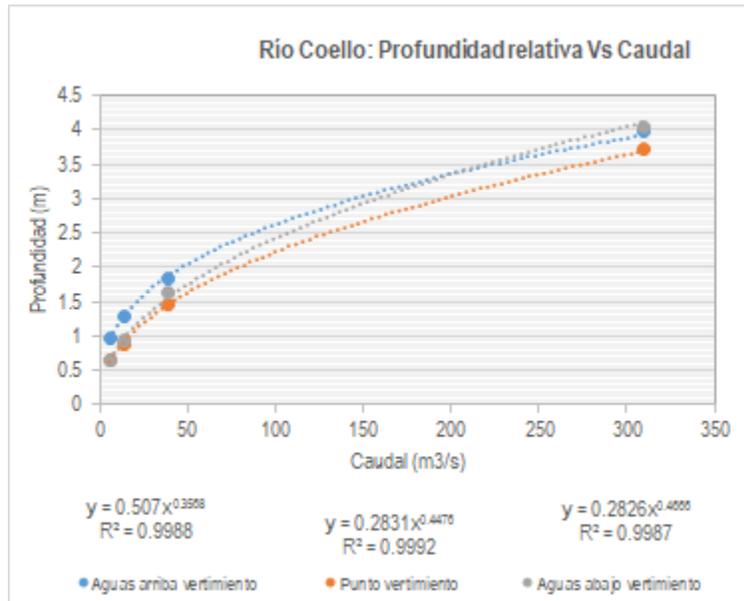


Figura 33. Curvas potenciales profundidad - Caudal
Fuente: Elaboración propia

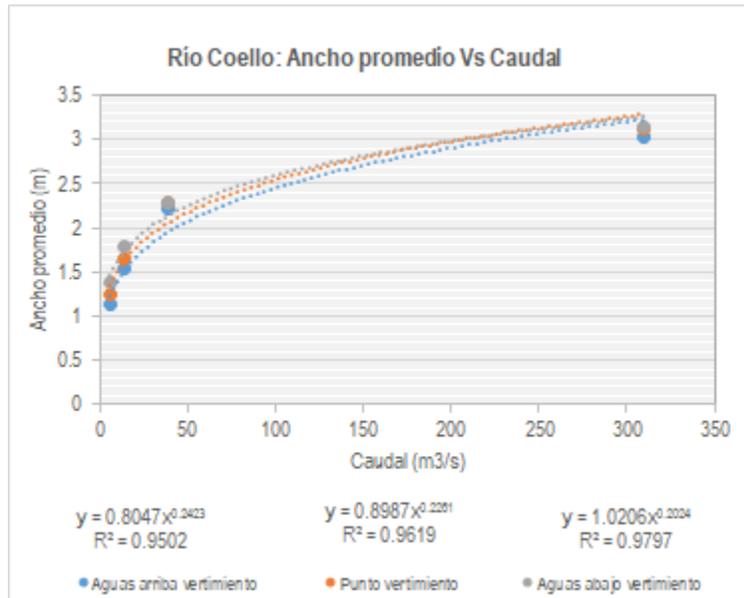


Figura 34. Curvas potenciales ancho - Caudal
Fuente: Elaboración propia

7.3.1.7.2. Construcción de modelo de tiempos de viaje

Modelo de zona muerta agregada (ADZ)

El modelo de zona muerta agregada (ADZ, Beer y Young, 1983; Young y Wallis, 1993) tiene en cuenta el concepto de almacenamiento en zonas muertas como la principal causa de dispersión. El efecto de las zonas muertas en un tramo de río es representado como una zona muerta agregada con un volumen y tiempo de residencia, asociados a un número de celdas en serie (reactores completamente mezclados). Adicionalmente, el efecto de la advección se representa a partir de un coeficiente de retraso asociado a un canal lineal.

$$\frac{dC(t)}{dt} = \frac{1}{\bar{t} - \tau} [C_u(t - \tau)e^{-k\tau} - C(t)] - kC$$

Ecuación 1.

Donde

\bar{t} es el tiempo medio de viaje

C_u es la concentración aguas arriba del tramo

τ es el tiempo de retraso advectivo.

Los parámetros del modelo ADZ, son el tiempo medio de viaje y el tiempo de retraso advectivo. Estos pueden ser estimados teniendo en cuenta la velocidad media y máxima sobre la corriente de agua.

$$\bar{t} = \frac{L}{\bar{v}}$$

Ecuación 2.

$$\tau = \frac{L}{v_{max}}$$

Ecuación 3.

Donde

L es la longitud del tramo para el cual se plantea el cálculo [m]

\bar{v} es la velocidad media de la corriente de agua [m/s]

v_{max} es la velocidad máxima de la corriente de agua [m/s]

La velocidad media y la velocidad máxima para cada corriente de agua se calculan a partir de los resultados de la modelación hidráulica realizada para cada corriente. Nótese que los dos parámetros están en función de la longitud del tramo en el cual se evalúa el transporte. A partir de estos dos parámetros es posible calcular la fracción dispersiva.

$$DF = \frac{\tau}{\bar{t}}$$

Ecuación 4.

La fracción dispersiva y el tiempo medio de viaje son los valores de entrada para la representación del transporte de solutos.

Para realizar el cálculo de los parámetros del modelo ADZ se emplea la segmentación definida para el modelo de calidad del agua. Los criterios de definición para la segmentación se presentan en detalle en el Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.004.

Para el sistema río Coello, se planteó un total de 19 segmentos con una longitud entre 73 y 95 m. El segmento 1, corresponde a la condición de frontera aguas arriba, el segmento 3 corresponde a la entrada del vertimiento proyectado y el segmento 19 corresponde a la condición de frontera aguas abajo. Los segmentos restantes, se plantean con el fin de contemplar la variabilidad de condiciones hidráulicas evidenciadas en la recopilación de batimetrías y modelación hidráulica. El esquema de la segmentación planteada para el río Coello se presenta en la Figura 35.

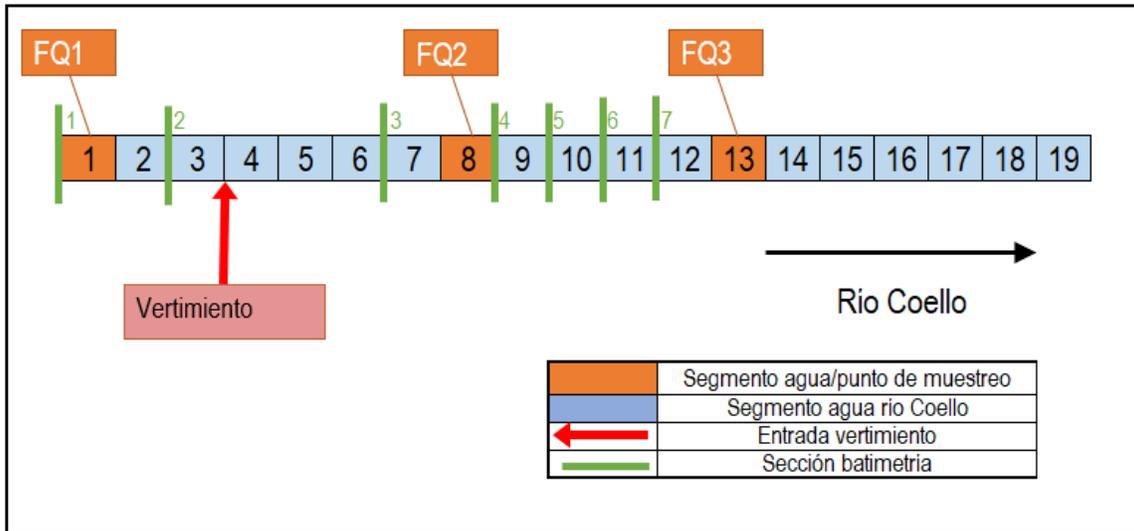


Figura 35. Segmentación para la representación matemática del río Coello
Fuente: Elaboración propia.

El cálculo de parámetros del modelo ADZ se presenta en la Tabla 19, para diferentes condiciones hidrológicas en el río Coello. Del mismo modo, el cálculo de parámetros del modelo ADE se presenta en la Tabla 23.

Tabla 19. Parámetros del modelo ADZ

Segmento	Perfil de flujo	Velocidad media	Velocidad máxima	Tiempo medio de viaje	Fracción Dispersiva
		(m/s)	(m/s)	(d)	(-)
1	Caudal ambiental	0,95	1,14	0,00089	0,17
	Caudal medio	1,37	1,57	0,00062	0,13
	Caudal máximo	2,76	1,51	0,00031	0,05
2	Caudal ambiental	1,39	1,96	0,00060	0,08
	Caudal medio	1,78	3,23	0,00047	0,09
	Caudal máximo	2,88	1,62	0,00029	0,11
3	Caudal ambiental	1,57	2,06	0,00001	0,03

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Segmento	Perfil de flujo	Velocidad media	Velocidad máxima	Tiempo medio de viaje	Fracción Dispersiva
		(m/s)	(m/s)	(d)	(-)
	Caudal medio	2,02	3,29	0,00001	0,02
	Caudal máximo	3,27	1,62	0,00000	0,00
4	Caudal ambiental	1,57	2,06	0,00054	0,03
	Caudal medio	2,02	3,29	0,00042	0,02
	Caudal máximo	3,27	1,73	0,00026	0,00
5	Caudal ambiental	1,68	2,15	0,00059	0,03
	Caudal medio	2,11	3,26	0,00047	0,02
	Caudal máximo	3,27	2,14	0,00030	0,00
6	Caudal ambiental	1,81	2,84	0,00058	0,15
	Caudal medio	2,28	4,90	0,00046	0,20
	Caudal máximo	3,56	2,54	0,00029	0,27
7	Caudal ambiental	2,13	3,33	0,00051	0,16
	Caudal medio	2,68	5,62	0,00041	0,19
	Caudal máximo	4,19	2,48	0,00026	0,25
8	Caudal ambiental	1,70	2,97	0,00062	0,32
	Caudal medio	2,25	4,21	0,00047	0,24
	Caudal máximo	3,86	2,07	0,00027	0,08
9	Caudal ambiental	1,74	2,65	0,00051	0,16
	Caudal medio	2,33	4,25	0,00038	0,12
	Caudal máximo	4,10	2,32	0,00021	0,03

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Segmento	Perfil de flujo	Velocidad media	Velocidad máxima	Tiempo medio de viaje	Fracción Dispersiva
		(m/s)	(m/s)	(d)	(-)
10	Caudal ambiental	2,06	2,88	0,00042	0,11
	Caudal medio	2,48	4,37	0,00035	0,14
	Caudal máximo	3,53	2,51	0,00024	0,19
11	Caudal ambiental	2,33	3,04	0,00036	0,07
	Caudal medio	2,86	4,40	0,00030	0,06
	Caudal máximo	4,23	2,61	0,00020	0,04
12	Caudal ambiental	2,30	3,16	0,00037	0,12
	Caudal medio	2,79	4,55	0,00030	0,12
	Caudal máximo	4,05	2,61	0,00021	0,11
13	Caudal ambiental	2,30	3,16	0,00037	0,12
	Caudal medio	2,79	4,55	0,00030	0,12
	Caudal máximo	4,05	2,61	0,00021	0,11
14	Caudal ambiental	2,30	3,16	0,00038	0,12
	Caudal medio	2,79	4,55	0,00031	0,12
	Caudal máximo	4,05	2,61	0,00022	0,11
15	Caudal ambiental	2,30	3,16	0,00038	0,12
	Caudal medio	2,79	4,55	0,00031	0,12
	Caudal máximo	4,05	2,61	0,00021	0,11
16	Caudal ambiental	2,30	3,16	0,00038	0,12
	Caudal medio	2,79	4,55	0,00031	0,12
	Caudal máximo	4,05	2,61	0,00021	0,11

Segmento	Perfil de flujo	Velocidad media	Velocidad máxima	Tiempo medio de viaje	Fracción Dispersiva
		(m/s)	(m/s)	(d)	(-)
17	Caudal ambiental	2,30	3,16	0,00038	0,12
	Caudal medio	2,79	4,55	0,00031	0,12
	Caudal máximo	4,05	2,61	0,00021	0,11
18	Caudal ambiental	2,30	3,16	0,00038	0,12
	Caudal medio	2,79	4,55	0,00031	0,12
	Caudal máximo	4,05	2,61	0,00021	0,11
19	Caudal ambiental	2,30	3,16	0,00038	0,12
	Caudal medio	2,79	4,55	0,00031	0,12
	Caudal máximo	4,05	2,61	0,00021	0,11

Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.7.3. Longitud de mezcla del vertimiento

La longitud de la zona de mezcla se define como la distancia necesaria para que una entrada al cuerpo de agua se mezcle completamente en la sección transversal del mismo. Teniendo en cuenta esto en el caso de la entrada de un vertimiento con carga contaminante, a partir de la distancia denominada como la longitud de mezcla, se tendrá una concentración homogénea de los contaminantes en la sección transversal.

Como se establece en el artículo 2.2.3.3.1.3 del decreto 1076 de 2015, en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento.

La longitud de mezcla se calcula teniendo en cuenta que la entrada del vertimiento es en un punto lateral, con la ecuación de Fischer (1979) El cálculo se realiza para diferentes condiciones hidrológicas y teniendo en cuenta los resultados de la modelación hidráulica del río Coello.

La formulación de Fischer se define a continuación:

$$\begin{array}{cc}
 \text{Lateral} & \text{Central} \\
 L_o = 0,4 \frac{U \times B^2}{D_L} & L_o = 0,1 \frac{U \times B^2}{D_L}
 \end{array}$$

Ecuación 5.

En donde:

U es la velocidad media del canal en m/s

B es el ancho del canal en m

D_L es el coeficiente de dispersión transversal en m^2/s , se calcula como:

$$D_L = cH\sqrt{gHS}$$

Ecuación 6.

Dónde

c es un coeficiente con un valor típico de 0,6, no obstante es necesaria su calibración.

H es la profundidad del canal en m

S es la pendiente del canal en m/m

g es la aceleración de la gravedad en m/s^2

Tabla 20. Longitud de mezcla del vertimiento

Condición hidrológica	Caudal (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Pendiente	Longitud de mezcla (m)	
						Lateral	Central
Caudal ambiental	13,49	1,57	15,56	0,55	0,0151	1600	400
Caudal medio	39,39	2,02	22,99	0,85	0,0151	2358	590
Caudal máximo	310,09	3,27	48,78	1,94	0,0151	4977	1244

Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.7.4. Cálculo de la capacidad de asimilación del cuerpo receptor

Existen tres formas mediante las cuales un río puede asimilar carga contaminante, dilución, dispersión longitudinal y transformación. El factor de dilución hace referencia al caudal del cuerpo receptor y qué tan grande es con respecto al caudal de descarga del vertimiento proyectado, esto dependerá de las condiciones hidrológicas del cuerpo de agua. La dispersión longitudinal hace referencia a la atenuación de concentraciones pico, una vez se empieza a transportar en la trayectoria del cuerpo receptor, esta condición es atribuida a los fenómenos de difusión turbulenta y advección diferencial. Por último, la transformación hace referencia a los procesos físicos (sedimentación), químicos (hidrólisis) o biológicos (oxidación, nitrificación, etc.) que producen el decaimiento de la especie contaminante. En este orden de ideas, el factor de asimilación de un cuerpo hídrico será función de estos tres mecanismos.

El factor de asimilación se define como el inverso de la pendiente de una relación lineal entre la carga aguas arriba de un tramo y la concentración resultante aguas abajo (Chapra, 1997), la ecuación general se muestra a continuación:

$$a = \frac{Wu}{C}$$

Ecuación 7.

Donde

a es el factor de asimilación [m^3/s]

Wu es la carga contaminante aguas arriba del tramo [$mg \cdot m^3/l \cdot s$]

C es la concentración aguas abajo [mg/l].

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Los factores de asimilación pueden ser calculados a partir de las ecuaciones del modelo de calidad del agua ADZ-QUASAR (Camacho, 1997; Lees et al, 1998). Como formulación general se parte de la ecuación ADZ-R para estado estable:

$$\alpha = \frac{Q(1 + k \cdot DF \cdot \bar{t})}{e^{-(1-DF) \cdot k \cdot \bar{t}}}$$

Ecuación 8.

Donde,

Q es el caudal del cuerpo receptor [m³/s]

k es una tasa de decaimiento de primer orden [d⁻¹]

DF es la fracción dispersiva [-]

\bar{t} es el tiempo medio de viaje [d]

La metodología de cálculo y principales resultados con respecto a la capacidad de asimilación del cuerpo receptor se presentan en el anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.004, a continuación se presentan las principales conclusiones:

De acuerdo con los resultados de la predicción matemática se encontró que la inclusión del vertimiento para las condiciones con o sin tratamiento, no generará una variación significativa de las condiciones de calidad del agua del río Coello. Lo anterior teniendo en cuenta que para el caso con tratamiento las variaciones en la concentración son menores en todos los casos al 3% y para la gran mayoría de variables analizadas son menores al 1%. Por otro lado, para el caso sin tratamiento no se espera un incremento mayor al 7% en la concentración de variables de interés para la calidad del agua. En la Tabla 21 se presenta el porcentaje de cambio estimado para cada una de las variables de calidad del agua contempladas en el análisis.

Por otro lado, en ningún caso se genera a causa del vertimiento un incremento de la concentración por encima de los límites máximos permisibles para uso del recurso hídrico en actividades de consumo humano, riego agrícola o uso pecuario. De este modo, la descarga del vertimiento de la mina La Esmeralda no generará conflictos de la calidad del recurso con los usos actuales o proyectados del río Coello, incluso en caso de una situación contingente que impida realizar el tratamiento completo del agua residual no doméstica.

Tabla 21. Porcentaje de cambio en la concentración esperado aguas abajo del vertimiento

Variable	% de cambio					
	Sin tratamiento			Con tratamiento		
	Caudal ambiental	Caudal medio	Caudal máximo	Caudal ambiental	Caudal medio	Caudal máximo
Temperatura	0,02%	0,01%	0,00%	0,02%	0,01%	0,00%
Alcalinidad	0,07%	0,03%	0,00%	0,07%	0,03%	0,00%
pH	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Conductividad	0,15%	0,05%	0,01%	0,11%	0,04%	0,00%
Oxígeno disuelto	-0,10%	-0,08%	-0,05%	-0,10%	-0,08%	-0,05%
DBO	-0,08%	-0,04%	-0,01%	-0,08%	-0,04%	-0,01%
DQO	-0,01%	-0,01%	0,00%	-0,01%	-0,01%	0,00%

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Variable	% de cambio					
	Sin tratamiento			Con tratamiento		
	Caudal ambiental	Caudal medio	Caudal máximo	Caudal ambiental	Caudal medio	Caudal máximo
Nitrógeno Kjendalh	0,02%	-0,01%	-0,02%	0,01%	-0,01%	-0,02%
Nitrógeno amoniacal	0,85%	0,27%	0,02%	0,85%	0,27%	0,02%
Nitratos	0,59%	0,20%	0,02%	0,69%	0,24%	0,03%
Fósforo Total	-0,05%	-0,02%	0,00%	-0,06%	-0,02%	0,00%
Sólidos suspendidos totales	-0,43%	-0,22%	-0,05%	-0,43%	-0,22%	-0,05%
Fenoles	1,95%	0,66%	0,08%	1,47%	0,50%	0,06%
Hidrocarburos totales	0,11%	0,04%	0,00%	0,07%	0,03%	0,00%
Aluminio	-0,43%	-0,22%	-0,05%	-0,43%	-0,22%	-0,05%
Arsénico	-0,05%	-0,02%	0,00%	-0,05%	-0,02%	0,00%
Cobre	0,02%	0,01%	0,00%	-0,01%	0,00%	0,00%
Cromo	-0,02%	-0,01%	0,00%	-0,02%	-0,01%	0,00%
Hierro	-0,43%	-0,22%	-0,05%	-0,43%	-0,22%	-0,05%
Níquel	0,09%	0,03%	0,00%	0,09%	0,03%	0,00%
Manganeso	-0,39%	-0,21%	-0,05%	-0,39%	-0,21%	-0,05%
Molibdeno	0,25%	0,09%	0,01%	0,28%	0,09%	0,01%
Zinc	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%
Sulfatos	6,01%	2,06%	0,26%	1,46%	0,50%	0,06%
Cloruros	1,13%	0,39%	0,05%	0,18%	0,06%	0,01%
Dureza total	1,39%	0,48%	0,06%	1,39%	0,48%	0,06%

Fuente: Elaboración propia.

En este orden de ideas, no se identifica un tramo de influencia en el cual se vean afectadas las condiciones de calidad del agua a causa del vertimiento de la mina La Esmeralda, esto de acuerdo con las condiciones de dilución que presenta el río Coello en comparación con el caudal del vertimiento de la Mina La Esmeralda.

Como se mencionó anteriormente en el río Coello se presentan usuarios del tipo agrícola, doméstico e hidroeléctrico. La mayor cantidad de usuarios en la cuenca del río Coello, se sitúan en el tramo aguas arriba del vertimiento, de modo que, en el tramo aguas abajo se identifica únicamente la captación del distrito de riego USOCOELLO en la cual, el uso principal del agua es irrigar las áreas de cultivo de arroz ubicadas en el municipio de Espinal y parte de los municipios de

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Guamo y Flandes igualmente se captan las aguas para uso humano del municipio de Espinal, el corregimiento de Chicoral del mismo municipio, y el municipio de Coello.

El vertimiento de la Mina La Esmeralda en ningún escenario: con tratamiento o sin tratamiento y para diferentes condiciones hidrológicas, generará un incremento de la concentración por encima de los límites máximos permisibles para uso del recurso hídrico en actividades de consumo humano, riego agrícola o uso pecuario. De este modo, no se identifica una posible incidencia del vertimiento en la calidad de vida o en las condiciones económicas sociales y culturales de los usuarios que se benefician del recurso hídrico del río Coello. Cabe aclarar que de acuerdo con las mediciones realizadas en el río Coello, antes de la entrada del vertimiento existe un sobrepaso de:

- Límite máximo permisibles para uso agrícola (decreto 1076 de 2015), con respecto a las siguientes variables: Coliformes totales, Aluminio, hierro y manganeso
- Límite máximo permisibles para consumo doméstico (decreto 1076 de 2015), con respecto a las siguientes variables: Coliformes totales y fenoles totales
- Límite máximo permisibles para preservación de la flora y la fauna (decreto 1076 de 2015), con respecto a las siguientes variables: hierro y manganeso.
- Objetivos de calidad (resolución 601 de 2006) con respecto a las siguientes variables: Sólidos suspendidos totales, DBO5, coliformes totales.

7.3.1.8. Plan de gestión de riesgo para el manejo del vertimiento

El plan de gestión de riesgo para el manejo del vertimiento (PGRV), se presenta en el Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.005.

7.3.2. Para vertimientos en suelos.

La actividad objeto del Estudio de Impacto Ambiental para el título minero 6823 no requiere realizar vertimientos al suelo, por lo tanto, no se desarrolla este numeral.

7.4. OCUPACIONES DE CAUCES

Dentro de las actividades de explotación minera se requiere la construcción de la estructura de descarga de las aguas de escorrentía que se almacenan en el fondo del PIT, y que serán descargadas al río Coello. Se presenta en este capítulo la información necesaria para cumplir con los requerimientos para la obtención de los permisos para las ocupaciones de cauce por la construcción de las obra hidráulica proyectadas en el proyecto.

La solicitud del permiso de ocupación de cauce se realiza mediante el Formulario Único Nacional De Solicitud de Ocupación de Cauces, Playas y Lechos, el cual se presenta diligenciado en el Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.008

7.4.1. Localización puntos de ocupación de cauce

La ocupación de cauce se presenta por la estructura de descarga del vertimiento de aguas del pit previo tratamiento para ser vertidas en el río Coello en las coordenadas origen único nacional 4766907E, 2033679N. Figura 36.

Tabla 22. Punto de ocupación de cauce

ID	Nombre del punto de captación	Fuente	Este	Norte
POC1	Permiso de ocupación de cauce 1	Río Coello	4766907	2033679

Fuente: Elaboración propia.

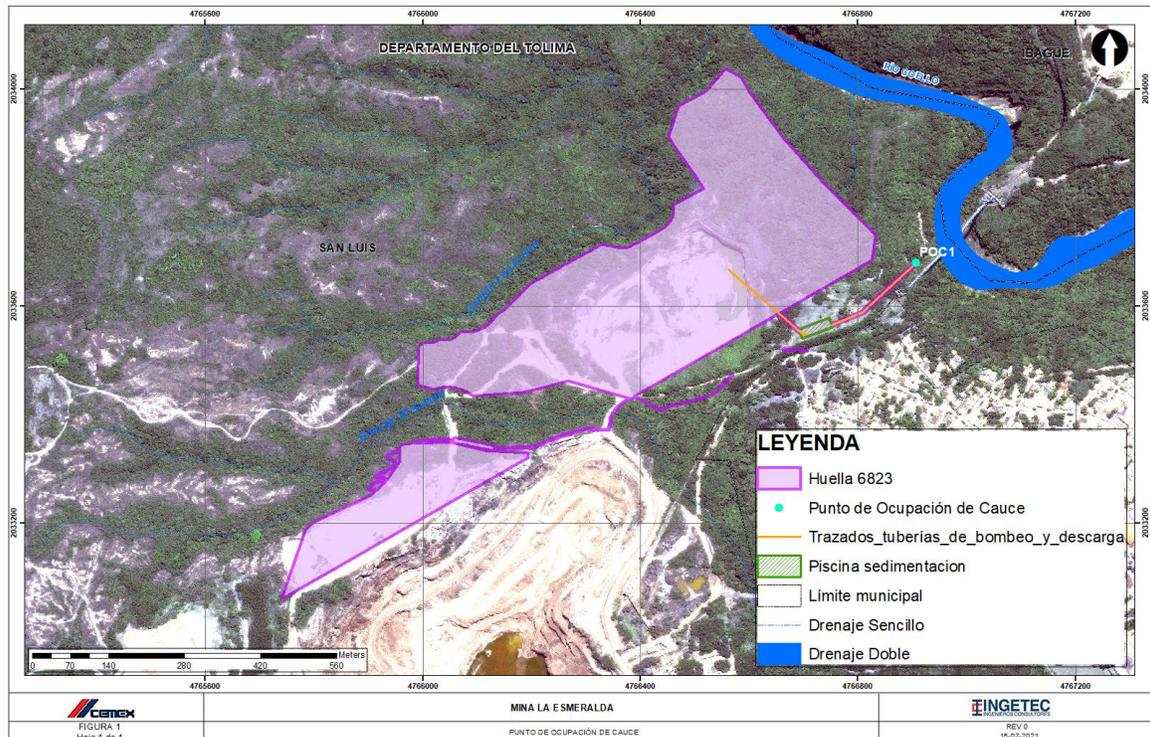


Figura 36. Localización obra de ocupación de cauce río Coello
Fuente: Elaboración propia.

7.4.2. Análisis de frecuencia de caudales máximos y medios

La hidrología se define teniendo en cuenta el capítulo de caracterización del área de influencia abiótica del presente estudio de impacto ambiental. Para caracterizar los caudales medios y máximos del río Coello en el punto de vertimiento, y ocupación de cauce se emplearon los registros de caudales medios diarios de la estación Payandé, que cuenta con registros para el periodo 1983-2017. A continuación, se expone la información relevante para el presente documento

7.4.2.1. Caudales medios

Los caudales medios de la estación río Coello - Payandé se trasladaron hasta el sitio de ocupación de cauce por estructura de descarga de vertimiento, teniendo en cuenta que la diferencia en áreas de drenaje es de 1,2% (área hasta Payandé 1529 km² y área hasta sitio de vertimiento 1510,7 km²).

De acuerdo con la Figura 37 el régimen de caudales del río Coello es de tipo bimodal. Los periodos de caudales por encima del promedio ocurren de abril a julio y de octubre a noviembre, siendo el mes de mayo el que presenta mayor caudal. El periodo de caudales bajos se presenta en los meses restantes (agosto-septiembre y diciembre-marzo), donde el mes de febrero presenta el caudal mensual multianual más bajo. El caudal presentado en cada mes y el caudal promedio estimado en cada subcuenca se relacionan en la Tabla 23.

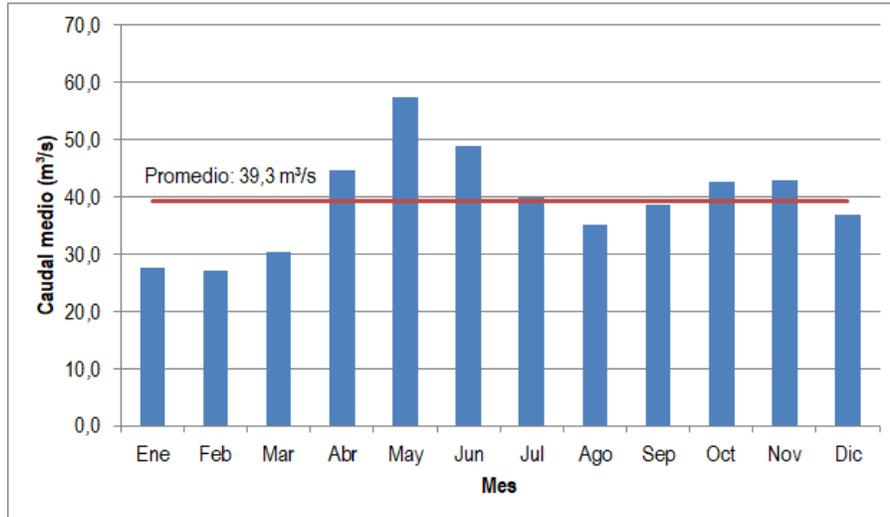


Figura 37. Distribución temporal de caudales medios mensuales en el río Coello. Periodo 1983-2017.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Caudal medio mensual multianual en m³/s en el río Coello. Periodo 1983-2017.

Valor	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio	27,7	27,0	30,4	44,7	57,4	48,8	39,9	35,0	38,7	42,7	43,0	36,8	39,3
Máximo	56,3	69,6	61,3	89,0	260,2	97,6	77,9	66,4	94,0	86,9	74,4	96,9	260,2
Mínimo	7,5	7,1	11,1	21,2	29,9	16,5	21,2	15,9	15,8	14,3	19,5	11,9	7,1

Fuente: Elaboración propia.

7.4.2.2. Caudales máximos

Se realiza el cálculo de los caudales máximos en la cuenca del río Coello hasta el sitio de ocupación de cauce por estructura de vertimiento, cuyos resultados se presentan en la Tabla 24. El método para la estimación de caudales se presenta de manera detallada en el capítulo 5.1.6, en específico en el numeral 5.1.6.6.5.1.

Tabla 24. Caudales máximos del río Coello hasta el sitio de ocupación de cauce por estructura de vertimiento, a partir de la estación Payandé.

Sitio	Río Coello – Payandé	Río Coello en sitio de vertimiento
Área (km²)	1529	1510,7
Tr (años)	Caudal (m³/s)	
2,33	312,2	310,0
5	461,4	458,0
10	607,4	603,0
15	700,1	695,1

Sitio	Río Coello – Payandé	Río Coello en sitio de vertimiento
25	826,1	820,1
50	1015,7	1008,4
100	1229,9	1221,1

Fuente: Elaboración propia.

7.4.3. Modelación Hidráulica

Teniendo en cuenta que la ocupación de cauce corresponde a la estructura de descarga del vertimiento de las aguas del pit de explotación, la modelación hidráulica se presenta en el numeral 7.3.1.7.1 de este capítulo.

7.4.4. Dinámica fluvial

El objetivo de este análisis es determinar la estabilidad del tramo en estudio a través del estudio de sus características morfológicas y evaluar el efecto del vertimiento sobre las mismas.

7.4.4.1. Caracterización morfológica

La caracterización morfológica parte del análisis de las variables morfológicas dependientes e independientes del cuerpo de agua en el sitio de vertimiento. Las variables independientes corresponden al caudal y al volumen de sedimentos transportados; mientras que las variables dependientes están representadas por la sección transversal, la forma en planta, la pendiente longitudinal y tamaño representativo del sedimento. Las características hidráulicas del río Coello en el sitio de vertimiento se obtuvieron de los resultados del modelo hidráulico del cuerpo receptor (numeral [7.3.1.7.1](#)) y se resumen en la Tabla 25.

Tabla 25. Características hidráulicas del río Coello en el sitio de vertimiento.

ID	Caudal (m³/s)	Ancho sup. [W] (m)	Prof. [d] (m)	Área (m)	W/d (-)	Pendiente (-)	Velocidad media (m/s)
Q95	13,40	13,86	0,59	8,21	23,49	0,02	1,64
Q medio	39,30	16,25	1,06	17,29	15,33	0,02	2,28
Tr 2,33	310,00	54,04	1,84	99,62	29,37	0,02	3,11

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 25 se muestran los valores estimados de diferentes parámetros hidráulicos para un caudal de periodo de retorno de 2.33 años que puede asociarse al caudal formativo o el caudal teórico que puede producir los mismos cambios geométricos en el cauce que el régimen natural de caudales. En la Figura 38 se muestra el registro fotográfico del río Coello en el tramo donde se ubica el sitio de vertimiento.

De las fotografías de la Figura 38 se resalta que el cauce está controlado por la estructura geológica ya que se observan afloramientos tanto en el lecho como en las márgenes; esto limita la variación de la forma en planta y el perfil longitudinal del río o los grados de libertad en la morfología del tramo.



Figura 38. Río Coello en el sitio de vertimiento.
Fuente: Elaboración propia.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Se observan bloques redondeados de roca de gran tamaño que dan cuenta de la alta capacidad de transporte de sedimentos que se presenta en el tramo, el calibre del material y el escaso almacenamiento en barras de sedimento indican que el transporte por el fondo es el proceso dominante. También se observan caídas hidráulicas o gradas y rápidos que evidencian un fuerte gradiente que se asocia con la capacidad de transporte de sedimentos. En las fotos b, c y d, se ve el cauce labrado dentro de la roca en forma incisiva, quizá favorecido por una debilidad en la roca, esto de nuevo demuestra que la geometría del cauce y la forma en planta están controlados por la geología.

En el sitio de vertimiento, que ocurre en la margen externa de una curva, la sección transversal es amplia y poco profunda con una relación ancho superficial sobre profundidad hidráulica (W/d) alta; aguas abajo del sitio de vertimiento se tiene un estrechamiento del canal que produce una sección transversal que tiende a ser más angosta y profunda, y un flujo de alta velocidad. Para caudales extremos el flujo desborda en la zona del estrechamiento como lo evidencia la acumulación de sedimento en la margen derecha del río.

7.4.4.2. Clasificación de Rosgen

Para analizar la estabilidad actual de los cauces se utilizó la clasificación de Rosgen (1994) que es ampliamente aceptada para este tipo de estudios y se basa en el análisis detallado de ríos alrededor del mundo. El primer paso es determinar el tipo base a partir de la pendiente. En este caso, la pendiente media del río Coello en la zona de análisis lo clasifican como tipo B.

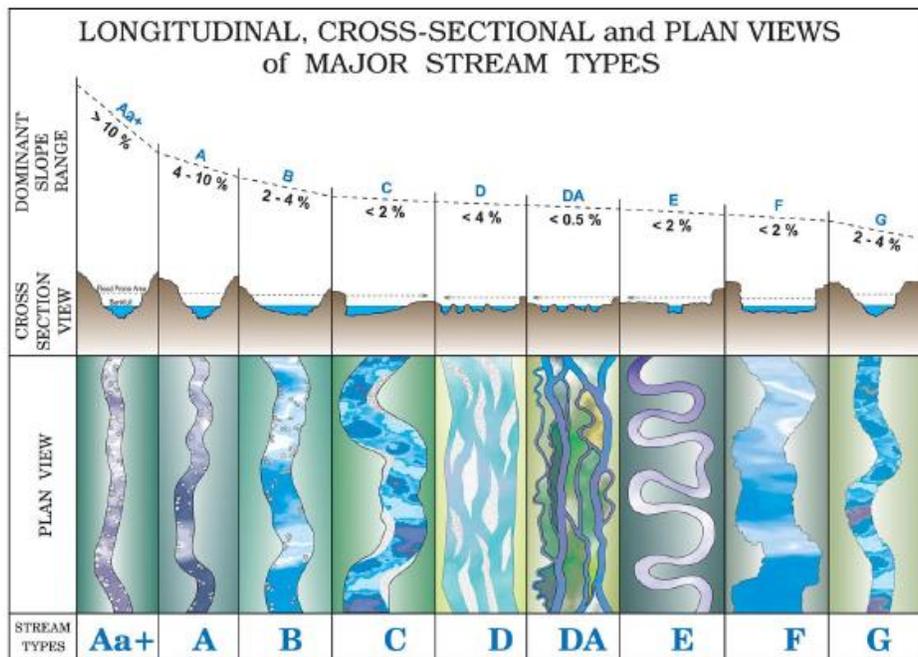


Figura 39. Clasificación de corrientes naturales de acuerdo con Rosgen (1994).
Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente paso se usa la relación ancho sobre profundidad de la sección (W/d) para precisar el tipo de cauce entre los identificados en el paso anterior. La relación W/d para el río Coello es alta (mayor a 12), a excepción de la zona donde ocurre el estrechamiento antes descrito, por lo que se mantiene como tipo B. Los tipo B son cauces con pendiente moderada y control geológico que son muy estables tanto en planta como en perfil. La estabilidad de las bancas en los cauces tipo B también es alta. Finalmente, en este tipo de ríos predomina el flujo en rápidas con presencia ocasional de pozas.

Usando el índice de sinuosidad y el tipo de material en el lecho para establecer el tipo final de cauce, se llega a que el río Coello es un cauce tipo B1. De acuerdo con la metodología de clasificación de Rosgen (1994), es posible asignar una valoración cualitativa a la tipología de cauce en cuanto a su sensibilidad ante perturbaciones de las variables morfológicas independientes, el potencial de recuperación natural luego de una inestabilidad, el suministro de sedimentos desde el lecho aguas arriba o desde laderas adyacentes, el potencial de erosión de las márgenes y el efecto de control que ejerce la vegetación. En la Tabla 26 se resumen las calificaciones de estas variables para la tipología identificada.

Tabla 26. Caracterización morfológica del río Coello en el sitio de vertimiento.

Tipo	Sensibilidad a las perturbaciones	Potencial de recuperación	Suministro de sedimento	Potencial de erosión en márgenes	Efecto de la vegetación
B1	Muy bajo	Excelente	Muy bajo	Muy bajo	Insignificante

Fuente: Rosgen, 1994.

7.4.4.3. Análisis multitemporal (forma en planta)

Se realizó un análisis multitemporal con el objetivo de estudiar la variación en el tiempo del alineamiento del río Coello en la zona del sitio de vertimiento. Para obtener imágenes en el mayor periodo de tiempo posible se consultaron diferentes fuentes de información entre las que están ortofotografías, imágenes de sensores remotos y fotografías aéreas. A continuación se detalla lo encontrado para el tramo de cauce analizado:



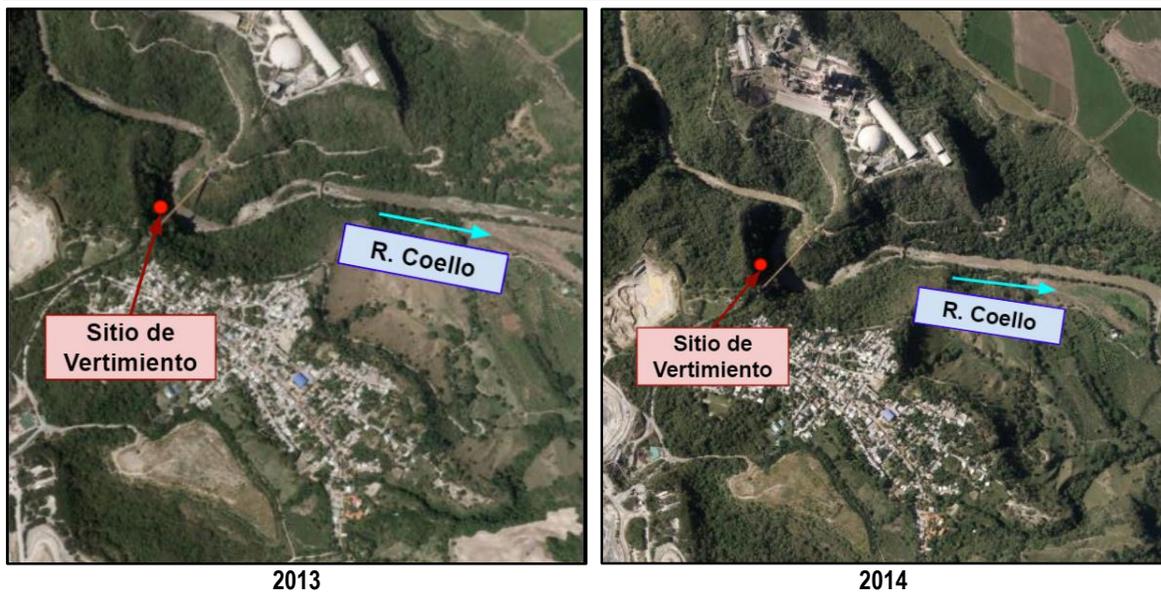


Figura 40. Variación multitemporal del cauce en la zona del sitio de vertimiento.

Fuente: Banco Nacional de Imágenes, 2021.

En la Figura 40 se muestra la comparación de la forma en planta del río Coello para el periodo 1990 - 2014; no se identifica ningún cambio apreciable en el tramo de río analizado, se observa que la forma en planta está gobernada por la estructura geológica que genera cambios abruptos de dirección y tramos rectilíneos. Las barras de sedimento son escasas y estables lo que indica equilibrio en las variables morfológicas dentro del tramo.

La barra de sedimento central, entre la curva en donde se ubica el vertimiento y el estrechamiento del cauce aguas abajo, se genera por la ampliación local del cauce y la posterior reducción de la sección transversal y se observan en forma estable en el periodo de tiempo que cubren las imágenes de la Figura 40. Un detalle de la zona de la forma de lecho descrita se muestra en la Figura 41, en donde se aprecia mejor la presencia de vegetación en la barra principal, lo cual es un indicativo de su estabilidad en el tiempo.



Figura 41. Generación de barras de sedimento por el cambio de sección del cauce del río Coello.

Fuente: Elaboración propia.

7.4.4.4. Conclusiones

Con el análisis realizado se evidenció que, en general, la dinámica fluvial del río Coello en la zona del sitio de vertimiento es baja a nula. Se trata de un tramo de río estable controlado por la geología de la zona, que tiene una muy baja sensibilidad ante perturbaciones de las variables morfológicas independientes y un potencial de recuperación excelente, según la caracterización morfológica de Rosgen. Lo anterior fue validado con el análisis multitemporal en donde se evidencia que la forma en planta no varía en el periodo de tiempo comparado (1990 - 2014). Con esto se concluye que las posibles afectaciones de tipo morfológico sobre el río Coello debido al vertimiento son insignificantes, más aún cuando se tiene en cuenta que el caudal máximo vertido representa menos del 0,10% del caudal formativo, por lo que se puede considerar que no existirá cambios en las variables morfológicas independientes.

7.4.5. Diseño de obras hidráulicas

7.4.5.1. Estructura hidráulica de descarga

La estructura hidráulica de descarga consiste en una tubería de diámetro 12 pulgadas que sale de la piscina de sedimentación y descarga en el río Coello en el sitio de vertimiento propuesto, con una longitud aproximada de 200 m.

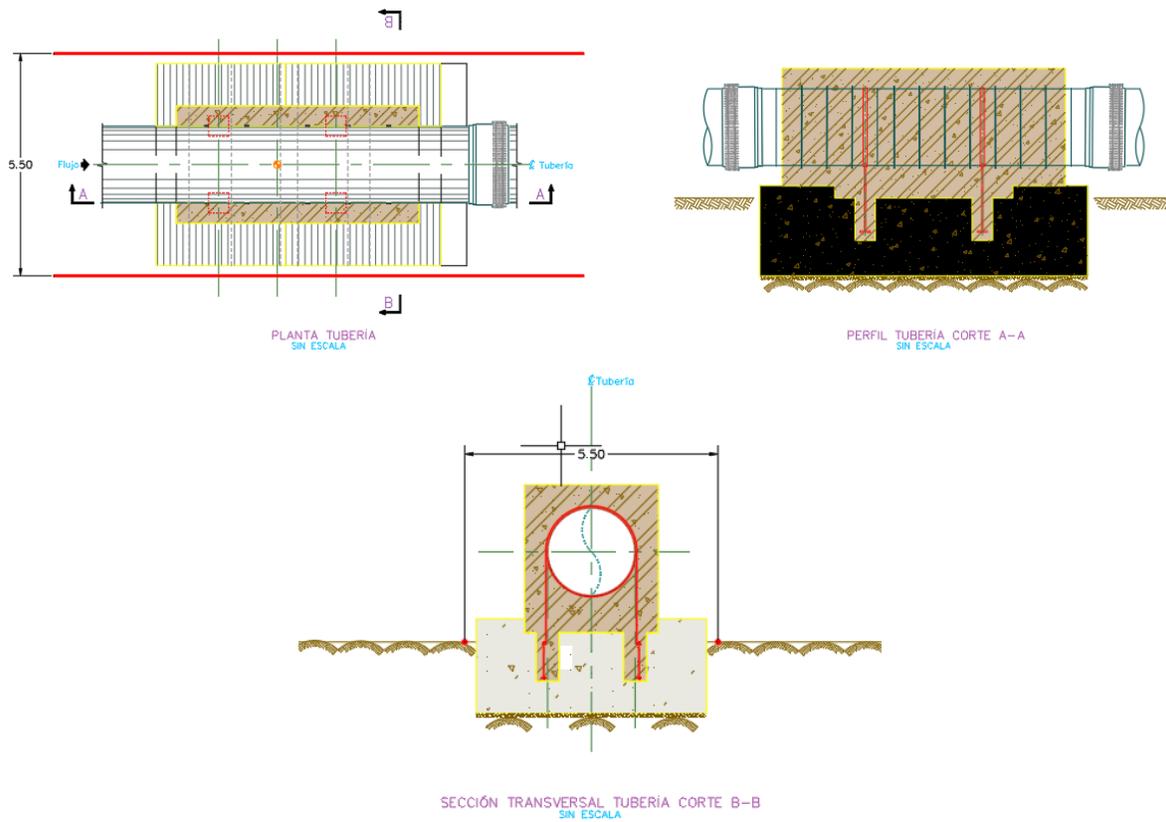


Figura 42. Estructura de descarga del vertimiento

Fuente: Elaboración propia.

7.4.6. Tránsito hidráulico

La modelación hidráulica del río Coello en el sitio de vertimiento teniendo en cuenta los caudales de vertimiento se presentó en el numeral 7.3.1.7.1 de este capítulo.

7.4.7. Temporalidad y procedimientos constructivos de las obras hidráulicas

A continuación, se presenta una breve descripción del proceso constructivo de la estructura de descarga del vertimiento desde la piscina de sedimentación hasta el río Coello:

- Localización y replanteo del sitio, demarcando la ubicación donde se instalará la tubería de descarga por medio de estacas.
- Limpieza y descapote, se procede a retirar la capa vegetal y material inadecuado de acuerdo con los espesores de diseño o los estipulados por el supervisor del contrato.
- Excavaciones, requeridas para alcanzar el nivel de profundidad indicado en el perfil y diseño del elemento hidráulico.
- Se procede con la construcción del atraque para la tubería con mezcla de cemento y agregado para todo el tubo para que éste no se mueva.

-El desarrollo de estas obras no requiere desviaciones temporales de los cauces durante el procedimiento constructivo.

Adicionalmente, se aclara que los drenajes estacionales interceptados por el pit de explotación no son objeto de permiso de ocupación de cauce, dado que la ocupación de cauce corresponde a la estructura de descarga del vertimiento de las aguas del pit de explotación, cuya modelación hidráulica incluye el área aferente de estos drenajes.

7.5. APROVECHAMIENTO FORESTAL

A continuación, se presentan los resultados del inventario forestal realizado mediante parcelas de muestreo y censo de las áreas que requieren remover cobertura vegetal con presencia de individuos arbóreos de porte leñoso y por lo tanto requieren del permiso de aprovechamiento forestal. El área de aprovechamiento corresponde al "polígono 6823" (huella) inmerso en el título minero 6823 y que a su vez presenta cruce con el título minero 745 y polígono de aprovechamiento 745 en aproximadamente la mitad de su área.

Los títulos mineros 745 y 6823 se superponen debido a que el primero corresponde a explotación de puzolana que se localiza sobre la caliza que se extrae después de extraer la puzolana. En la Figura 43, se presenta la ubicación de las áreas de intervención de los dos polígonos y el área que comparten.

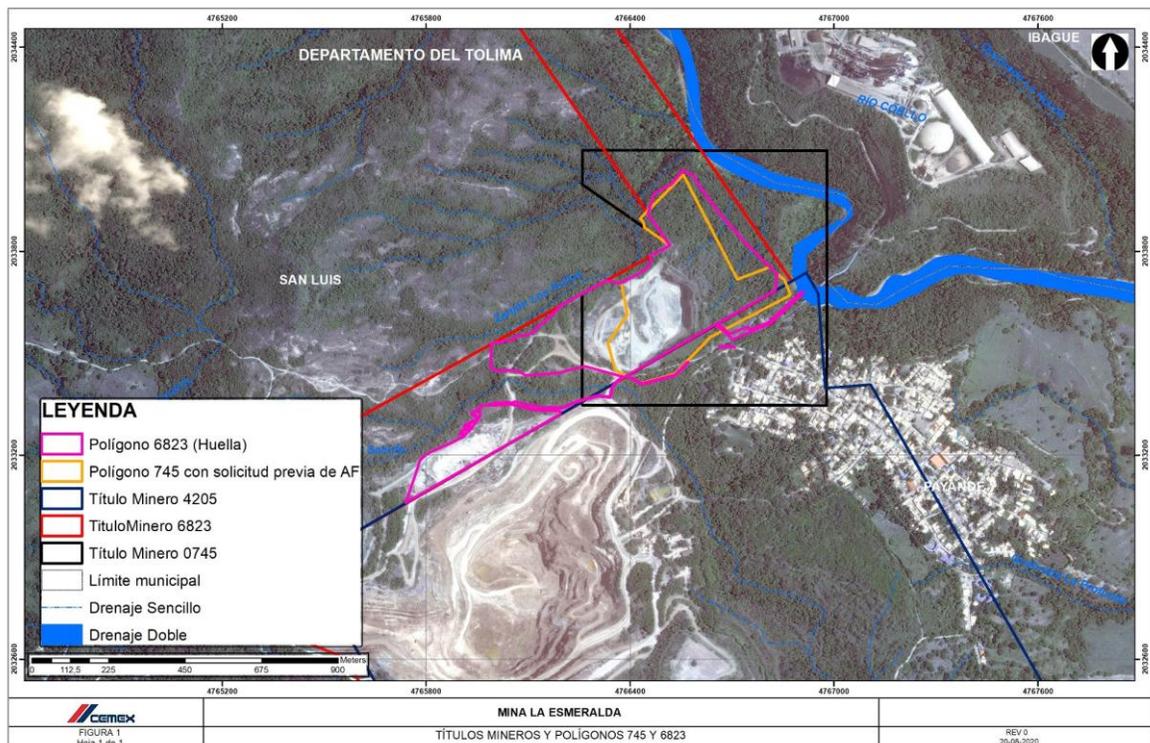


Figura 43. Títulos mineros y polígonos de aprovechamiento 745 y 6823

Fuente: Elaboración propia.

El aprovechamiento forestal único que se realizará sobre las áreas de los títulos 745 y 6823 contempla que necesariamente las obras superficiales del título 745 se realizarán primero, y por lo tanto requieren realizar el aprovechamiento forestal sobre toda el área de intervención. Por otro lado, la intervención del título 6823 se realizará posteriormente por lo que el área superpuesta ya habrá sido transformada y solo se necesitará realizar aprovechamiento forestal en el área no superpuesta.

La metodología de muestreo y resultados de la misma se basaron en los términos de referencia para proyectos de explotación minera del año 2016, definidos en numeral 2 de los artículos 2.2.2.3.2.2 y 2.2.2.3.2.3 del Decreto 1076 de 2015, del Ministerio de Ambiente Desarrollo Sostenible y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales¹.

7.5.1. Objetivo.

Establecer las cantidades y volúmenes de material vegetal a remover (maderable total, comercial y biomasa) de las coberturas vegetales de porte arbóreo presentes en el área con solicitud de aprovechamiento forestal del polígono 6823, bosque de galería y ripario, vegetación secundaria alta y pastos arbolados.

7.5.2. Proceso metodológico.

Para determinar el volumen demandado (total y comercial) de las áreas de solicitud de aprovechamiento forestal en las diferentes coberturas de porte leñoso, se ejecutaron tres fases de trabajo: planeación, ejecución y análisis de la información, las cuales se describen en la Figura 1 y cuya explicación más detallada se encuentra en el capítulo 2 Generalidades del presente estudio.

¹ MINISTERIO DE AMBIENTE DESARROLLO SOSTENIBLE Y AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES. Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA proyectos de explotación minera. Bogotá. 2016. Pág 9.

*En el caso de dificultarse la identificación en campo se realizó colecta de muestras botánicas para su posterior identificación.

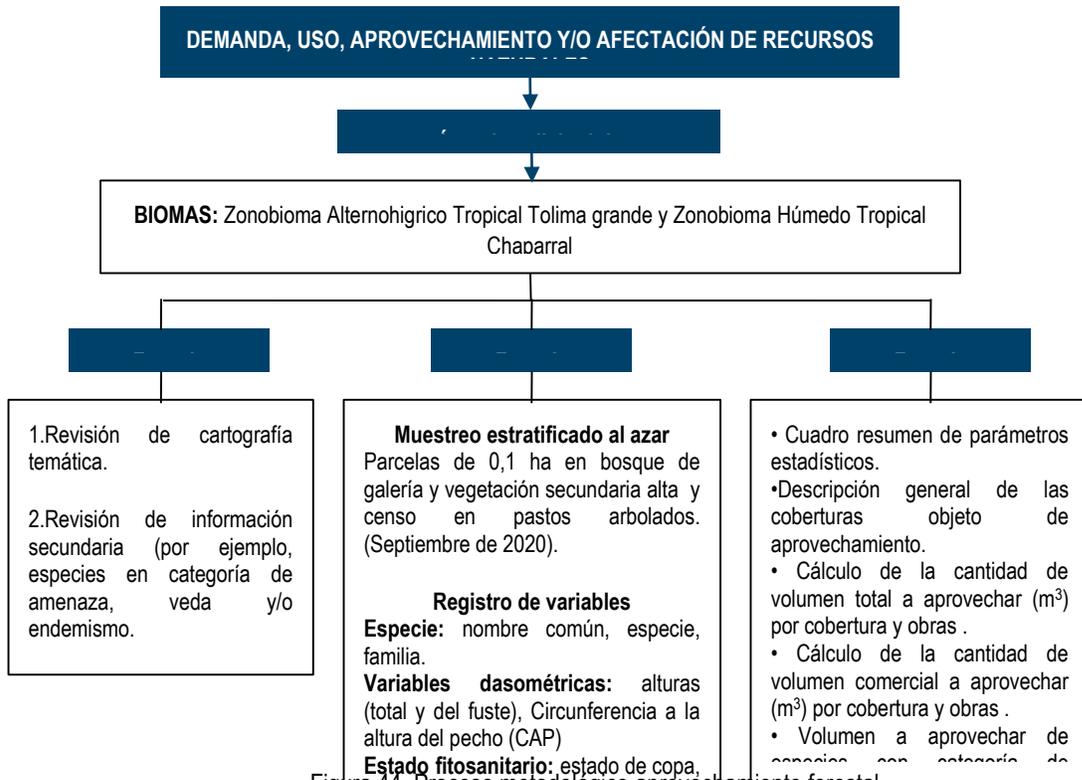


Figura 44. Proceso metodológico aprovechamiento forestal
Fuente: Elaboración propia.

7.5.2.1. Fase de planeación.

Se realizó revisión de información secundaria sobre las posibles especies a encontrar en el área (resaltando especies amenazadas o endémicas) y su relación de predios, cartografía temática (mapa de coberturas de la tierra preliminar y mapa de ecosistemas 1:100.00²), área de aprovechamiento forestal donde se piensa realizar una intervención directa y definición del tipo de muestreo en varios niveles (estratificado, aleatorio o sistemático) dependiendo de los ecosistemas encontrados en las capas temáticas. Adicionalmente, se revisaron de listados de especies amenazadas y en veda a nivel nacional (MINAMBIENTE) como la Corporación autónoma regional del Tolima (CORTOLIMA), a nivel internacional se

² INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia Escala 1:100 000. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2010. 72 p. ISBN: 978-958-806729-2.

consultaron los listados de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN³) y los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional Especies Amenazadas De Fauna y Flora Silvestres (CITES⁴).

7.5.2.2. Fase de ejecución.

7.5.2.2.1. Método de muestreo.

En el corregimiento de Payandé del municipio de San Luis (Tolima), se encuentra ubicado el título minero 6823 (Ver Figura 45). En este título minero se estableció el área destinada para aprovechamiento forestal (Pit 6823) y en donde se realizaron las actividades de inventario forestal durante el mes de septiembre de 2020.

Se realizó un muestreo para cada tipo de cobertura de interés forestal identificada, correspondientes a bosque de galería, vegetación secundaria alta y pastos arbolados. Las unidades de muestreo se determinaron según la cobertura a estudiar y en el bioma en el que se encuentran.

En las coberturas bosque de galería y vegetación secundaria alta se realizó un muestreo estratificado asegurando un error de muestreo inferior al 15% con una probabilidad del 95% mediante parcelas rectangulares de 0,1 ha, de 50 por 20 metros o 100 por 10 metros dependiendo de la forma de los parches de cada cobertura y de las condiciones de acceso y topografía. En el caso de pastos arbolados, para cada bioma se realizó un censo de todos los individuos de categoría fustal presentes (individuos arbóreos con valores \geq a 10 cm de diámetro a la altura del pecho o \geq a 32 cm de circunferencia a la altura del pecho, medidos a 1,3 m sobre el suelo).

Cada una en las parcelas y los individuos presentes en el censo fueron marcadas con pintura amarilla siguiendo un codificación consecutiva que incluyera el tipo de cobertura y el bioma (Fotografía 2).

³ THE IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES. 2020. Versión 2019-3 [Sitios web]. [Consulta: 3 febrero 2020]. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org>

⁴ CONVENCION SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRES, CITES. Apéndices I, II, III en vigor a partir del 26 de noviembre de 2019 [Sitios web]. [Consulta: 3 febrero 2020]. Disponible en: <https://www.cites.org/esp/app/appendices.php>

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

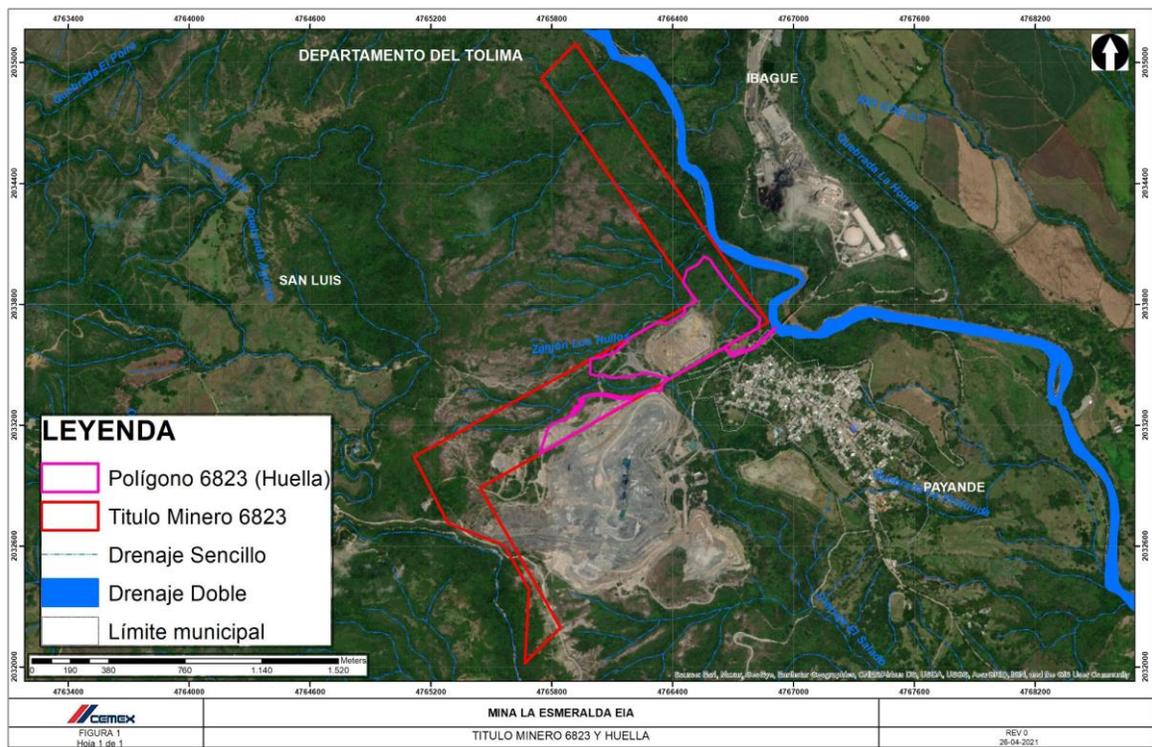


Figura 45. Título minero 6823 y huella.
Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 2. Marca de inventario forestal realizado en el título minero
Fuente: Elaboración propia.

7.5.2.2.2. *Recolección de información.*

Los datos se recolectaron en formularios de campo digitales mediante el uso del aplicativo Memento Database version 4.3.5, el formato de recolección (Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.010) de datos en campo tuvo en cuenta los siguientes datos por individuo:

- Fecha, responsable de la medición
- Punto de muestreo, código de parcela y número del árbol dentro de la parcela. En el caso del censo solo se registra el punto de muestreo y número de árbol.
- Especie o nombre científico de cada individuo arbóreo si se reconoce en campo, si no se procede a realizar la colecta de material vegetal, para su posterior identificación mediante la utilización de claves taxonómicas, comparación con material vegetal de herbarios nacionales y regionales.
- Nombre común: es el nombre regional dado a un ejemplar vegetal.
- Variables dasométricas:

Circunferencia a la altura del pecho (CAP) para cada una de las bifurcaciones o ramas principales de un individuo arbóreo, esta variable se refiere a la circunferencia del tronco a la altura de 1,3 m. Para la captura de este valor se tuvo en cuenta la morfología del árbol y la topografía del terreno (Ver Figura 46).

Altura Total (Ht) de cada una de las bifurcaciones o ramas principales de un individuo arbóreo, comprende la medida entre el suelo o base del árbol y el límite superior del follaje.

Altura Comercial (Hc) de cada una de las bifurcaciones o ramas principales de un individuo arbóreo. Comprende la medida desde la base del árbol hasta la primera reiteración gruesa del árbol.

Proyecciones de copa (X,Y), corresponde a la proyección del diámetro de la copa con respecto al suelo en sentido sur-norte y occidente-oriente.

Ubicación Geográfica (toma de coordenadas por individuo arbóreo), capturada con GPS Garmin Oregon 550.

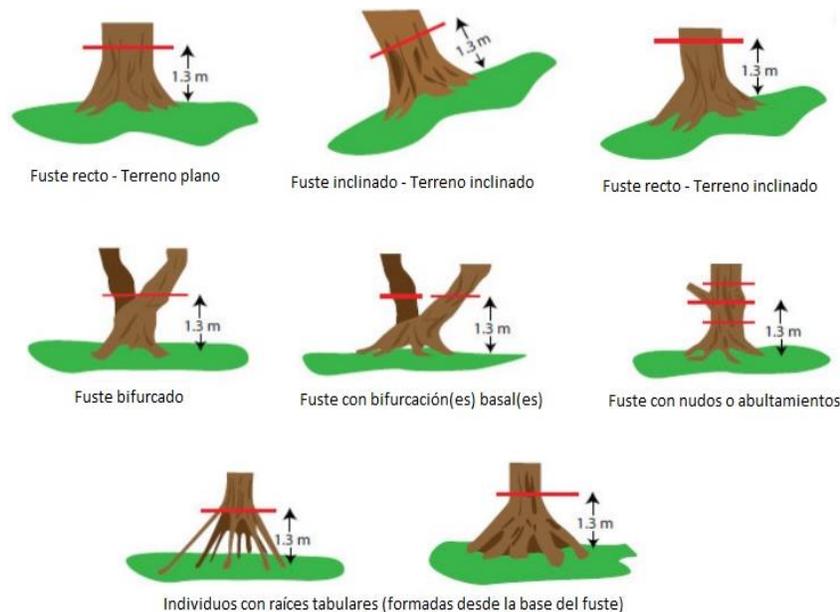


Figura 46. Forma de medir el CAP según las condiciones del terreno y las características del fuste

Fuente: Tomada y adaptada. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010).

7.5.2.3. Fase de análisis de la información.

Posterior al levantamiento de información en campo se realizó el procesamiento de los datos recolectados, para ello se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

7.5.2.3.1. Identificación de especies.

El material vegetal obtenido de las especies que no fue posible identificar en campo se colectó siguiendo la Guía para la recolección y preservación de muestras botánicas en campo del Herbario de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas⁵, el cual establece la forma correcta para la toma de muestras botánicas en campo (preferiblemente en estado de floración o fructificación), descripción de características morfológicas que pueden perderse con el paso del tiempo como presencia de olor, exudado, glándulas, estípulas, color de flores o frutos, tamaño, vegetación o árboles asociados, entre otros, proceso de prensado, alcoholización y secado (dos días a 70 °C), Fotografía 3 y Fotografía 4. Las colecta se realizaron en el marco del permiso de colecta otorgado a ingetec (CAP2-GENE-LES6823-AN#2.002).



Fotografía 3. Colecta de muestra en campo



Fotografía 4. Muestra botánica colectada para proceso de identificación

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, un ingeniero forestal realizó la identificación de las especies vegetales a partir de las muestras recolectadas, teniendo en cuenta: (1) información secundaria de especies reportadas en la zona de estudio (catálogos, claves taxonómicas, comparación con material vegetal de herbarios nacionales y regionales, etc.), (2) conocimientos previos de especies reportadas por parte del profesional en campo y (3) información por parte de auxiliares de campo y

⁵UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. Guía para la recolección y preservación de muestras botánicas en campo. Herbario de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas- Gilberto Emilio Mahecha Vega. Bogotá. Colombia. 2011. p. 12.

habitantes de la región referente a nombres comunes y usos frecuentes. La identificación se realizó siguiendo el sistema de clasificación APG IV.

7.5.2.3.2. Estimación de parámetros para el aprovechamiento forestal.

La etapa de análisis se fundamentó en la estimación de la demanda de recursos naturales a través del cálculo de volumen, para lo cual, se emplean las fórmulas de diámetro, área basal y se calcula volumen de individuos bifurcados cada uno por separado (como si fueran individuos aislados), las cuales se presentan a continuación:

7.5.2.3.2.1. Diámetro a la Altura del Pecho.

Durante la fase de campo se toma la Circunferencia a la Altura del Pecho (CAP), es decir el perímetro de cada una de las secciones principales, que conforman el fuste de un individuo arbóreo medido a 1,3 m con respecto al nivel del suelo, para realizar la conversión de este valor a DAP se utilizó la siguiente fórmula⁶ (véase Ecuación 9).

$$DAP = CAP/\pi$$

Ecuación 9. Diámetro a la altura del pecho

Fuente: MADS. Guía práctica para la cubicación de madera. (2010).

Donde:

DAP= Diámetro a la altura del pecho (1,3 m)

CAP= Circunferencia a la altura del pecho (1,3 m):

7.5.2.3.2.2. Área Basal.

El área basal es la superficie de una sección transversal del fuste de un árbol a una determinada altura del suelo. Para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula⁷ (véase Ecuación 10).

$$AB = \pi/4 (DAP)^2$$

Ecuación 10. Área basal

Fuente: MADS. Guía práctica para la cubicación de madera. (2010).

Donde:

AB= Área basal (m²)

DAP = Diámetro a la altura del pecho (1,3 m)

⁶ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. MADS. Guía Práctica para la Cubicación De Maderas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá. 2010. p.7.

⁷ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Ibíd.*, p.10.

7.5.2.3.2.3. *Volumen total y comercial.*

El volumen hace referencia al espacio ocupado por la madera de un individuo arbóreo dentro de un ambiente o ecosistema; siendo el volumen total (VT) la cantidad de madera estimada en m³ a partir del tocón hasta el ápice del árbol; mientras que el volumen comercial (VC) no incluye las ramas, partes afectadas del individuo y segmentos delgados del fuste⁸. En este caso para la estimación del volumen de árboles fustales (DAP ≥10 cm), se utilizó la siguiente expresión matemática (véase Ecuación 11 y Ecuación 12).

$$VT = \sum ABi * hTi * ff$$

Ecuación 11. Volumen total

$$VC = \sum ABi * hCi * ff$$

Ecuación 12. Volumen comercial

Fuente: MADS. Guía Práctica para la Cubicación de Madera. (2010).

Donde:

VT= Volumen total (m³)

VC= Volumen comercial (m³)

ABi= Área basal (m²) para cada uno de los DAP (bifurcación)

hTi= Altura total (m²) para cada uno de los DAP (bifurcación)

hCi= Altura comercial (m) para cada uno de los DAP

ff= Factor forma variable que se relaciona conforme a la forma del fuste (véase Figura 47). En este caso se asumirá un ff de 0,7 pues en gran medida los fustes imitan formas irregulares entre paraboloides y cilindros.

Forma del Fuste	Factor Forma
Cilíndrico 	0,75
Paraboloide 	0,74 - 0,4
Cono 	0,39 - 0,27]
Neiloide 	< 0,38

Figura 47. Factor de forma según la forma del fuste

Fuente: Tomada y adaptada. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Guía Práctica para la Cubicación de Madera. (2010).

Se realizó cálculo del volumen total y comercial para cada una de las bifurcaciones y posteriormente se realizó la sumatoria. El volumen total, volumen comercial, biomasa total y carbono por hectárea se calculó teniendo en cuenta el área de infraestructura asociada (PIT 6823) y la cobertura (Ver Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.010 Cálculo de volumen, biomasa y carbono para aprovechamiento (6823)).

⁸ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. MADS. Guía Práctica para la Cubicación de Maderas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá. 2010. pp.11-13.

7.5.2.3.2.4. Estimación de biomasa-carbono.

Para la estimación de biomasa se aplicó el método indirecto de ecuaciones alométricas, para la zona de vida de Bosque seco tropical (bs-T), establecida en el Protocolo para la estimación nacional y subnacional de Biomasa-Carbono para Colombia. La Biomasa aérea según Yepes⁹, incluye toda la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo, para el caso de los bosques incluye todas las plantas leñosas a excepción de algunas lianas, en este estudio la biomasa se estimó para individuos con un DAP \geq a 10 cm. Es así como la Biomasa Aérea en este caso se determinó por medio de la siguiente ecuación cuyo ajuste R² del modelo es 0,954 (Véase Ecuación 13).

$$\ln(BA) = a + b \ln(D) + c (\ln(D))^2 + d (\ln(D))^3 + B1 \ln(P)$$

Ecuación 13. Biomasa aérea

Fuente: Yepes *et al.* Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa¹⁰. (2011).

Donde:

BA= Biomasa aérea (kg)

D= Diámetro a la altura del pecho en cm

a, b, c, d, B1 = son coeficientes que alométricos que se adecúan a la zona de vida de cada bosque o cobertura en la que se desea calcular la biomasa, para este caso bh-T (4,040, -1,991, 1,237, -0,126 y 1,283 respectivamente)

P= Densidad de la madera de cada especie dada en g/cm³.

Para la obtención de la densidad de la madera por especie, se utilizó la base de datos de Zanne¹¹, donde se encuentran registradas las densidades de la madera de especies tropicales. Para las especies cuyos valores de densidad no se encuentren en la base de datos, se tomarán los registros promedio de densidad para especies del mismo género o de la misma familia dependiendo el caso.

Para calcular la biomasa que aportan las raíces gruesas para bosques naturales según el protocolo de Yepes¹², se empleó la siguiente ecuación (véase Ecuación 14).

$$BRG = R * BA$$

Ecuación 14. Biomasa de raíces

Fuente: Yepes *et al.* Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa. (2011).

Donde:

BRG= Biomasa de raíces gruesas (kg)

BA = Biomasa Aérea (kg)

⁹YEPES, A.; NAVARRETE, D.; DUQUE, A.; PHILLIPS, J.; CABRERA, K.; ÁLVAREZ, E.; GARCÍA, M. & ORDOÑEZ, M. Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM. Bogotá. 2011. p. 47-50.

¹⁰ YEPES, A.; NAVARRETE, D.; DUQUE, A.; PHILLIPS, J.; CABRERA, K.; ÁLVAREZ, E.; GARCÍA, M. & ORDOÑEZ, M. *Ibid.*, p. 47-50.

¹¹ ZANNE, A.; LOPEZ, G.; COOMES, D.; LLIC, J.; JANSEN, S.; LEWIS, S.; MILLER, R.; SWENSON, N.; WIEMANN, M. & CHAVE, J. Global wood density database. 2009. Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

¹² YEPES, A.; NAVARRETE, D.; DUQUE, A.; PHILLIPS, J.; CABRERA, K.; ÁLVAREZ, E.; GARCÍA, M. & ORDOÑEZ, M. *Op cit.*, p. 86.

R= Relación de raíces, donde el valor que recomienda la literatura es 0,24

La biomasa total (BT) es la sumatoria entre la Biomasa aérea y la Biomasa de raíces, expresada en kilogramos o toneladas. Por último, el cálculo de carbono se basó en el factor recomendado para bosques tropicales de 0,5 (Véase Ecuación 15).

$$C = 0,5 * BT$$

Ecuación 15. Carbono

Donde:

C= Carbono (t)

BT = Sumatoria de biomasa aérea (t) y biomasa de raíces (t).

7.5.2.3.3. Estimación de error de muestreo.

El método de muestreo realizado fue el estratificado al azar de las superficies forestales que requieren ser intervenidas para la etapa de aprovechamiento forestal. La estimación del error de muestreo se realizó con la información de los volúmenes estimados para fustales (árboles con diámetro a la altura del pecho –DAP- superior a los 10 cm). El muestreo contó con una confiabilidad del 95% y un error inferior al 15% del volumen total a intervenir. Los criterios utilizados para este cálculo son los siguientes:

- Población: Se determinó como población de estudio las coberturas de interés forestal que requieren ser intervenidas; en este caso son vegetación secundaria o en transición, pastos arbolados y bosque abierto.
- La muestra: Es una parte representativa de la población, con la cual se pueden hacer inferencias correctas de los valores de la población, con el objeto de estimar el volumen de madera a aprovechar en las coberturas de interés forestal, para el presente estudio la muestra se constituye de un número determinado de parcelas por estrato (coberturas).
- La unidad de muestreo: Las unidades de muestreo son las parcelas de forma rectangular, las cuales originan una distribución aproximada de la variabilidad de la población.
- Tamaño de la muestra: Corresponde al número de parcelas que fueron consideradas para cumplir con el error y la confiabilidad solicitada en los términos de referencia de la autoridad ambiental.

De acuerdo con lo anterior se estimó el error de muestreo para la variable de volumen en cada uno de los tipos de coberturas (estratos establecidos) por unidades de muestreo, el análisis estadístico se presenta para la población total y por estratos. En cada estrato se calculó los estadígrafos como se hace en un muestreo simple al azar y se emplean las ecuaciones presentadas en la Tabla 27 y Tabla 28.

Los estadígrafos usados para calcular el error para la población total corresponden a la media estratificada de la población y al error estándar de la media estratificada, los cuales se describen en la Tabla 28.

Tabla 27. Estadígrafos estimados en cada estrato (coberturas)

Parámetro	Símbolo	Ecuación	Observación
Media	\bar{u}	$\bar{u} = \frac{\sum a_j}{n}$	u= Valor observado de la

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Parámetro	Símbolo	Ecuación	Observación
Desviación	S	$S = \sqrt{\frac{\sum u_j^2 - \frac{(\sum u_j)^2}{n}}{n - 1}}$	unidad n= número de unidades de la muestra
Coefficiente de Variación	CV	$CV = \left(\frac{S}{\bar{u}}\right) \times 100$	
Error estándar	Sx	$S_x = \frac{S}{\sqrt{n\left(1 - \frac{n}{N}\right)}}$	
Error de muestreo relativo	E%	$E\% = \frac{t(S_x)}{X} * 100$	X= Media
Límites de confianza	Lcs ó Lci	$Lc = \bar{u} \pm t(S_x)$	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28. Estadígrafos estimados para la población total.

Estadígrafo	Fórmula	Descripción
Volumen Promedio Ponderado	$Vst = \sum (P_j * V_j)$	Vj: Volumen para el estrato J Pj: Porcentaje de área estrato j
Error estándar	$Sxst = \sqrt{1/N2 \sum (N_j^2 * V^2 x_j) / n_j * (1 - n_j / N_j)}$	Nj: Tamaño del estrato j (número de unidades). Si: Varianza del estrato j. N: Tamaño total del área de estudio= $\sum N_j$
Error de Muestreo al 95% de Confiabilidad	$E = Sxst * t_{0,025 / gl-x}$	Sxst: Error estándar
Error de Muestreo en %	$E\% = (E / Vst) * 100$	E: Error de muestreo Vst: Volumen Promedio Ponderado
Volumen Total Vegetación	$T = Vst * N$	
Límite de Confianza Superior	$TLs = N * [Vst + E]$	
Límite de Confianza Inferior	$TLi = N * [Vst - Sxst - E]$	

Fuente: Elaboración propia.

Se calculó el error de muestreo (menor o igual 15%) por cobertura vegetal (bosque de galería, vegetación secundaria alta, pastos arbolados) y posteriormente para el total de las coberturas vegetales que presentaban un muestreo por parcelas y que contenían individuos de la categoría fustal.

7.5.3. Resultados (Afectación del recurso forestal).

La huella del proyecto (polígono 6823) y objeto de aprovechamiento forestal cubre un área total de 25,69 ha y se encuentra en dos tipos biomas: Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande y Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral y cada uno presenta las mismas coberturas de porte leñoso: bosque de galería, vegetación secundaria alta y pastos arbolados (Ver Figura 48). Su definición y caracterización florística se pueden observar en el capítulo de caracterización biótica-Flora en la caracterización florística y estructural de coberturas vegetales de porte arbóreo.

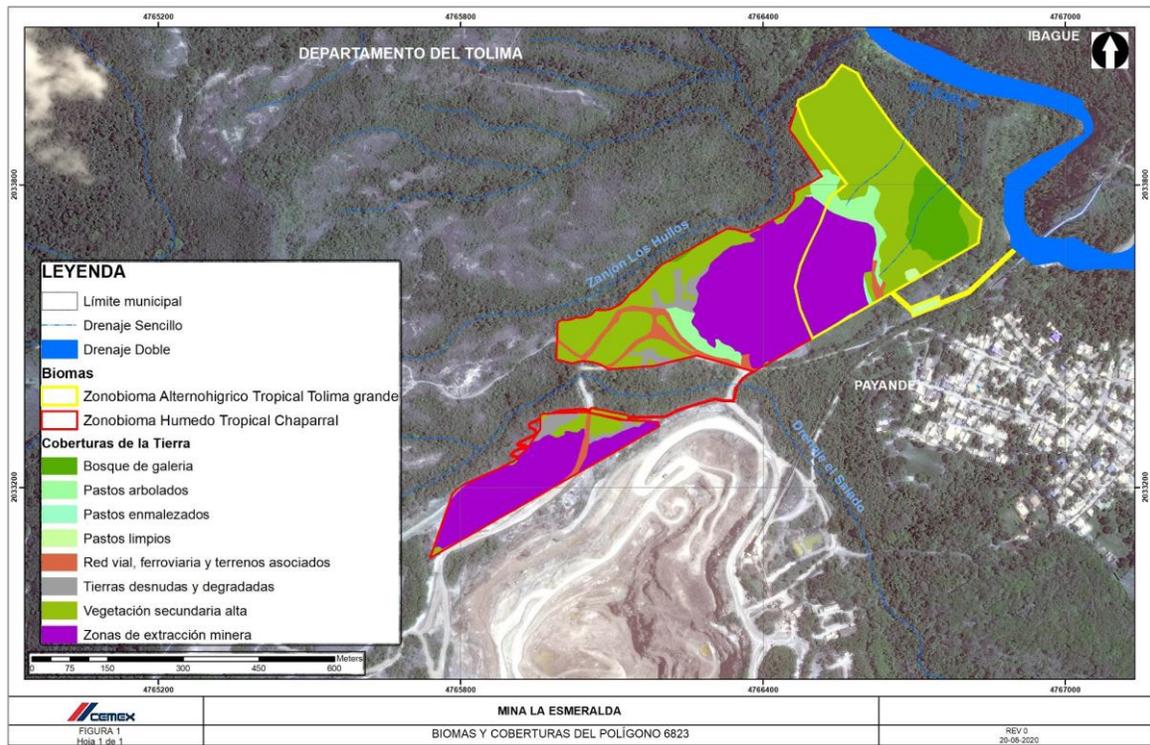


Figura 48. Biomias y coberturas presentes en Huella del polígono 6823
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 29 se presenta el área y porcentaje de área de las coberturas por cada bioma presentes en la huella del polígono 6823. El Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande cuenta con un área total en el polígono de 10,66 ha y el Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral de 15,03 ha. Para ambos biomias, la cobertura de porte leñoso con mayor área es vegetación secundaria alta, seguida de pastos arbolados y bosque de galería; las zonas de extracción minera como coberturas antropizadas presentan mayor área.

Tabla 29. Coberturas por bioma en Huella del polígono 6823

Bioma	Cobertura	Área (ha)	Porcentaje de área (%)
Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Bosque de galería	1,66	6,46%
	Pastos arbolados	0,60	2,34%
	Pastos enmalezados	0,06	0,24%
	Pastos limpios	0,21	0,82%
	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0,11	0,43%
	Vegetación secundaria alta	5,31	20,67%
	Zonas de extracción minera	2,71	10,55%
Subtotal Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande		10,66	41,51%
Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Bosque de galería	0,04	0,16%
	Pastos arbolados	0,77	2,98%

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Bioma	Cobertura	Área (ha)	Porcentaje de área (%)
	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0,92	3,58%
	Tierras desnudas y degradadas	0,95	3,70%
	Vegetación secundaria alta	4,14	16,12%
	Zonas de extracción minera	8,21	31,96%
Subtotal Zonobioma Humedo Tropical Chaparral		15,03	58,49%
Total		25,69	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, dicha área de aprovechamiento correspondiente al “polígono 6823” del título minero 6823 presenta cruce con el título minero 745 y polígono de aprovechamiento 745 en aproximadamente la mitad de su área. Los títulos mineros 745 y 6823 se superponen debido a que el primero corresponde a explotación de puzolana que se localiza sobre la caliza que se extrae después de extraer la puzolana.

De este modo, el aprovechamiento forestal único que se realizará sobre las áreas de los títulos 745 y 6823 contempla que necesariamente las obras superficiales del título 745 se realizarán primero, y por tanto requieren realizar el aprovechamiento forestal sobre toda el de intervención. Así pues, la intervención del polígono 6823 se realizará posteriormente, por lo que el área superpuesta ya habrá sido transformada (polígono 745) y solo se necesitará realizar aprovechamiento forestal en el área no superpuesta de 13,11 ha (Ver Figura 49 y Tabla 30). En la Tabla 30, se presentan las áreas definitivas objeto de aprovechamiento forestal para este polígono para cada cobertura por bioma.

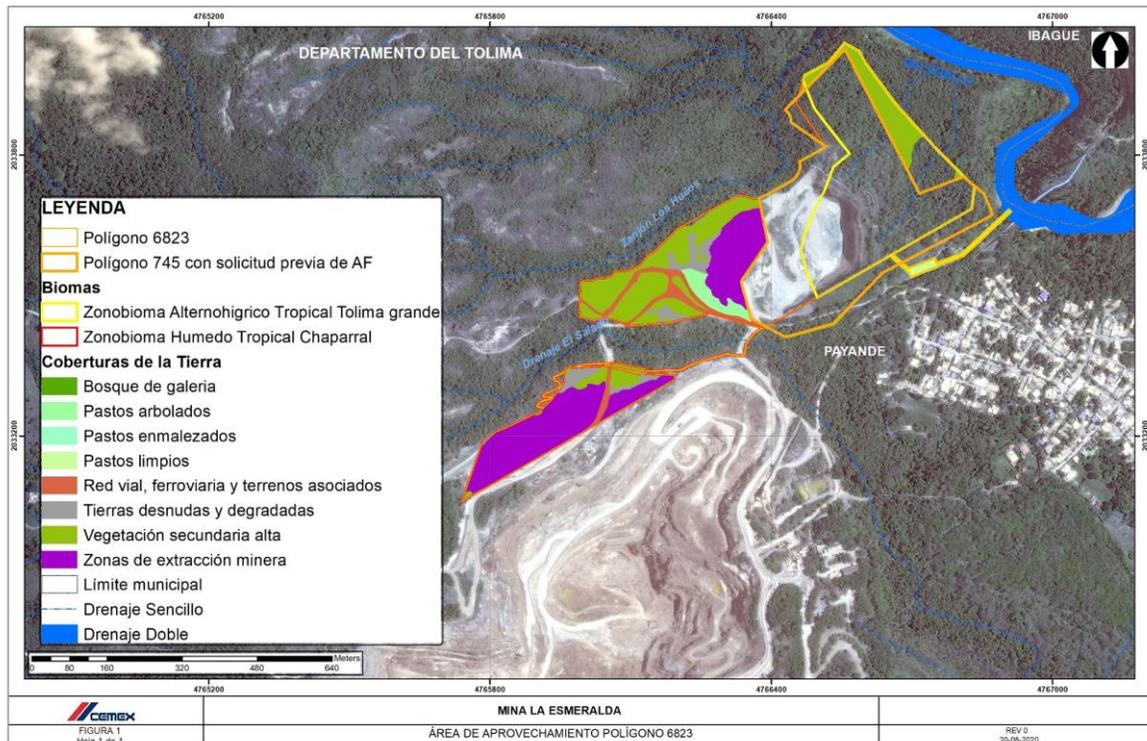


Figura 49. Área de aprovechamiento forestal en polígono 6823 (excluyendo área de polígono 745)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Área de coberturas objeto aprovechamiento forestal en polígono 6823 (excluyendo polígono 745)

Bioma	Cobertura	Área (ha)	Porcentaje de área (%)
Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Bosque de galería	0,81	6,18%
	Pastos limpios	0,16	1,22%
	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0,001	0,01%
	Vegetación secundaria alta	1,29	9,84%
Total Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande		2,26	17,25%
Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Bosque de galería	0,04	0,30%
	Pastos arbolados	0,49	3,71%
	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0,89	6,79%
	Tierras desnudas y degradadas	0,95	7,25%
	Vegetación secundaria alta	3,59	27,39%
	Zonas de extracción minera	4,89	37,31%
Total Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral		10,84	82,75%
Suma total		13,11	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.1. Ubicación de parcelas y censo.

Para el levantamiento de información a través de parcelas se establecieron un total de 19 unidades de muestreo (en el plano CAP07-DRRN-LES6823-DRNA-006 se presenta la localización de las unidades de muestreo), de las cuales, 12 se distribuyen en el Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande (seis en vegetación secundaria y seis en bosque de galería) y siete se distribuyen en el Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral (cuatro en vegetación secundaria y tres en bosque de galería). La ubicación de las parcelas se presenta a continuación en la Tabla 31.

En el caso de la cobertura de pastos arbolados, para ambos biomas, se realizó un Censo de los individuos arbóreos (fustales). La ubicación de los puntos se encuentra en el Anexo 4. Localización de parcelas y Censo (6823). En la Figura 50, se presenta la localización de los puntos de muestreo y las áreas de censo.

Tabla 31. Ubicación de parcelas por bioma y cobertura en polígono 6823

BIOMA	COBERTURA DE LA TIERRA CORINE LAND COVER	NOMENCLATURA A	ID PARCELA	COORDENADA ESTE (X)	COORDENADA NORTE (Y)	COTA (m)
Chaparral	Bosque de galería	314	2-BG-CH-X	4766386,38	2033882,28	716
			2-BG-CH-Y	4766370,76	2033720,65	707
			3-BG-CH-X	4766401,13	2033851,07	723
	Vegetación secundaria alta	3231	12-VS-CH-Y	4766076,08	2033468,43	747
			14-VS-CH-Y	4766050,82	2033491,66	773

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

BIOMA	COBERTURA DE LA TIERRA CORINE LAND COVER	NOMENCLATUR A	ID PARCELA	COORDENAD A ESTE (X)	COORDENAD A NORTE(Y)	COTA (m)
Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande			2-VS-CH-Y	4766128,67	2033542,94	763
			5-VS-CH-Y	4766007,38	2033524,62	778
	Bosque de galería	314	2-BG-TG-X	4766782,44	2033789,45	692
			3-BG-TG-X	4766742,14	2033786,80	694
			4-BG-TG-X	4766774,15	2033729,47	704
			5-BG-TG-X	4766734,76	2033800,21	664
			6-BG-TG-X	4766742,99	2033751,51	702
			7-BG-TG-X	4766754,11	2033694,81	703
	Vegetación secundaria alta	3231	1-BG-TG-Y	4766711,70	2033820,84	679
			1-PA-TG-Y	4766629,55	2033625,61	742
			1-PA-X	4766683,54	2033627,43	746
			6-VS-CH-Y	4766538,90	2033854,07	704
			7-VS-CH-Y	4766526,49	2033920,27	717
			8-VS-TG-Y	4766679,97	2033863,97	697

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la cobertura bosque de galería del Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral, las unidades de muestreo (parcelas) 2-BG-CH-X y 3-BG-CH-X se encuentran fuera del área del polígono, esto es debido a que el área muestreada de la cobertura presentó condiciones de acceso y topografía no óptimas para la realización de censo en el área (0,12 ha), por lo cual se tomó información de parcelas de la cobertura y que hace parte del mismo parche de cobertura (Zanjón de Huilos). Dicha información contó con el porcentaje de error y representatividad requerida para el análisis.

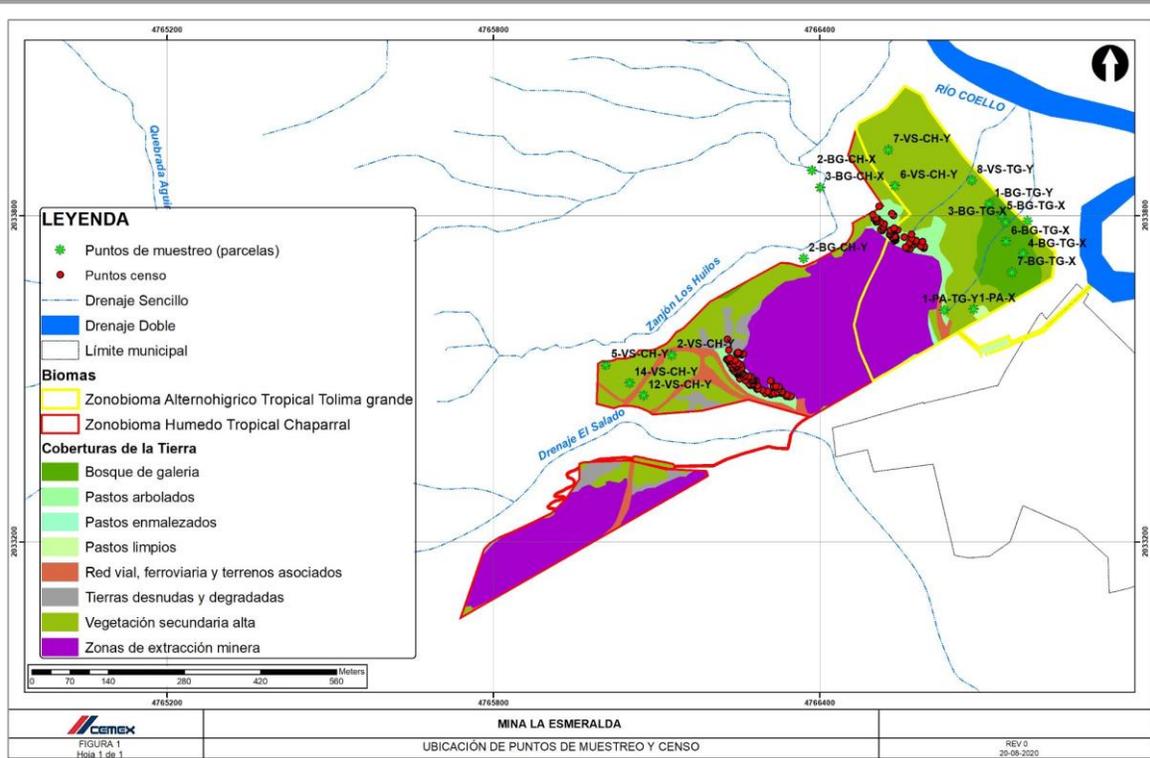


Figura 50. Ubicación de puntos de muestreo y áreas de censo por cobertura y bioma
Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.2. Cálculo de error de muestreo.

Para las coberturas bosque de galería y vegetación secundaria, el tipo de muestreo realizado es estratificado al azar, en donde los estratos son las coberturas de la tierra identificadas dentro los biomias y la distribución de los mismos se da principalmente en forma aleatoria dentro del área de aprovechamiento forestal. A continuación, se presentan los resultados del cálculo de error por cada bioma para toda el área del polígono 6823.

7.5.3.2.1. Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande.

En la Tabla 32 y Tabla 33, se presentan los estadísticos para los estratos (bosque de galería y vegetación secundaria alta) del Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande.

Como se puede observar se presenta un error de muestreo menor al 15%, de **6,0%**, indicando que los valores presentan una media no tan variable y por lo cual, se puede realizar un extrapolación de datos con los mismos.

Tabla 32. Estadísticos para la totalidad de los estratos identificados dentro del universo muestral del Zonobioma Alternohígrico Tropical Tolima grande.

Cobertura	Área Total Cobertura en (ha)	Proporción estrato	Tamaño del estrato(Nj)	Número de parcelas (nj)	Valor de la Media (m³/ha) Vj	Desviación estándar (S)	Varianza (Sj)	Pj*Vj	Pj²*Sj²
Bosque de galería	1,66	0,24	17	6	177,32	23,70	13,36	42,23	49207,43
Vegetación secundaria alta	5,31	0,76	53	5	59,43	5,88	9,90	45,28	276231,47
TOTAL	6,97	1,00	69,70	11,00	236,75	29,58	23,26	87,51	325438,90

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Error de muestreo para el conjunto de los estratos del Zonobioma Alternohígrico Tropical Tolima grande.

Volumen Promedio Ponderado (m³/ha)	$Vst = \sum (Pj * Vj)$	87,51
Error estándar	$Sxst = \sqrt{1/N2 \sum (Nj^2 * Vj^2 * xj) / nj * (1 - nj / Nj)}$	2,69
t0,05/2, gl 35		1,9600
Error de Muestreo al 95% de Confiabilidad	$E = Sxst * t_{0,05/2, gl 35}$	5,27
Error de Muestreo en %	$E\% = (E / Vst) * 100$	6,0
Volumen Total Vegetación	$T = Vst * N$	609,9
Límite de Confianza Superior	$TLs = N * [Vst + Sxst * t_{0,025, gl 54}]$	628,7
Límite de Confianza Inferior	$TLi = N * [Vst - Sxst * t_{0,025, gl 54}]$	591,2

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta el cálculo de error por cada estrato(cobertura), ver Tabla 34 y Tabla 35:

- Bosque de galería.

Tabla 34. Error de muestreo para el estrato de bosque de galería del Zonobioma Alternohígrico Tropical Tolima grande.

Número de Parcelas (n)		6
Grados de libertad		5
Parcela	Volumen (m³/parcela)	Volumen (m³/ha)
2-BG-TG-X	22,16	221,58
3-BG-TG-X	18,10	181,01
4-BG-TG-X	15,74	157,36
5-BG-TG-X	15,28	157,36
6-BG-TG-X	17,50	175,03
7-BG-TG-X	17,16	171,60
Total	105,94	1063,94
MUESTREO		
MEDIA (m³/ha)		177,32

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Número de Parcelas (n)		6
Grados de libertad		5
Parcela	Volumen (m³/parcela)	Volumen (m³/ha)
DESVIACIÓN (m³/ha)		23,70
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)		13,36
ERROR ESTÁNDAR (m³/ha)		12,11
t student		2,02
ERROR ABSOLUTO (m³/ha)		24,39
ERROR DE MUESTREO (%)		13,76
Límite de confianza (m³/ha)	MÁXIMO	189,43
	MÍNIMO	165,22

Fuente: Elaboración propia.

- Vegetación secundaria alta.

Tabla 35. Error de muestreo para el estrato de vegetación secundaria alta del Zonobioma Alternohígrico Tropical Tolima grande.

Número de Parcelas (n)		5
Grados de libertad		4
Parcela	Volumen (m³/parcela)	Volumen (m³/ha)
1-BG-TG-Y	6,72	67,22
8-VS-TG-Y	5,28	52,79
6-VS-CH-Y (7-VS-CH-Y)	5,81	58,10
1-PA-TG-Y	5,55	55,54
1-PA-X	6,35	63,50
Total	29,71	297,14
MUESTREO		
MEDIA (m³/ha)		59,43
DESVIACIÓN (m³/ha)		5,88
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)		9,90
ERROR ESTÁNDAR (m³/ha)		2,76
t student		2,13
ERROR ABSOLUTO (m³/ha)		5,89
ERROR DE MUESTREO (%)		9,91
Límite de confianza (m³/ha)	MÁXIMO	62,19
	MÍNIMO	56,66

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del error de vegetación secundaria el volumen de la parcela 6-VS-CH-Y es el resultado de la adición del volumen de esta con el volumen de la parcela 7-VS-CH-Y. Debido a las condiciones topográficas del terreno (fuerte pendiente) fue imposible completar el área total de muestreo de la parcela 6-VS-CH-Y (0,1 ha), logrando solamente información de 0,05 ha. Por esta razón se procedió a completar el área de muestreo con la ubicación de otra parcela (7-VS-CH-Y) en la misma zona y cobertura con un área complementaria de 0,05 ha. Las parcelas se dejan por separado en los anexos, debido a que así quedó la marcación y campo.

7.5.3.2.2. Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral.

En la Tabla 36 y Tabla 37, se presentan los estadísticos para los estratos (bosque de galería y vegetación secundaria alta) del Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral.

Como se puede observar se presenta un error de muestreo menor al 15%, de **8,2%**, indicando que los valores presentan una media no tan variable y por lo cual, se puede realizar un extrapolación de datos con los mismos. Igualmente, se indica un error de muestreo por cada unos de los estratos (coberturas) como se indica a continuación:

Tabla 36. Estadísticos para la totalidad de los estratos identificados dentro del universo muestral del Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral.

Cobertura	Área Total Cobertura en (ha)	Proporción estrato	Tamaño del estrato (Nj)	Número de parcelas (nj)	Valor de la Media (m³/ha) Vj	Desviación estándar (S)	Varianza (Sj)	Pj*Vj	Pj²*Sj²
Bosque de galería	0,32	0,07	3	3	212,77	3,40	1,60	15,27	26,22
Vegetación secundaria alta	4,14	0,93	41	3	64,78	5,02	7,75	60,13	102986,16
TOTAL	4,46	1,00	44,60	6,00	277,54	8,43	9,35	75,39	103012,37

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Error de muestreo para el conjunto de los estratos del Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral.

Volumen Promedio Ponderado (m³/ha)	$Vst = \sum (Pj * Vj)$	75,39
Error estándar	$Sxst = \sqrt{1/N2 \sum (Nj^2 * V^2xj) / nj * (1 - nj / Nj)}$	3,16
t0,05/2, gl 35		1,9600
Error de Muestreo al 95% de Confiabilidad	$E = Sxst * t_{0,05/2, gl 35}$	6,19
Error de Muestreo en %	$E\% = (E / Vst) * 100$	8,2
Volumen Total Vegetación	$T = Vst * N$	336,3
Límite de Confianza Superior	$TLs = N * [Vst + Sxst * t_{0,025, gl-54}]$	350,3
Límite de Confianza Inferior	$TLi = N * [Vst - Sxst * t_{0,025, gl-54}]$	322,2

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta el cálculo de error por cada estrato (cobertura), ver Tabla 38 y Tabla 39:

- Bosque de galería.

Tabla 38. Error de muestreo para el estrato de bosque de galería del Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral.

Número de Parcelas (n)		3
Grados de libertad		2
Parcela	Volumen (m³/parcela)	Volumen (m³/ha)
2-BG-CH-X	21,17	211,72
3-BG-CH-X	21,66	216,57

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Número de Parcelas (n)		3
Grados de libertad		2
Parcela	Volumen (m ³ /parcela)	Volumen (m ³ /ha)
2-BG-CH-Y	21,00	210,01
Total	63,83	638,30
MUESTREO		
MEDIA (m ³ /ha)		212,77
DESVIACIÓN (m ³ /ha)		3,40
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)		1,60
ERROR ESTÁNDAR (m ³ /ha)		7,86
t student		2,92
ERROR ABSOLUTO (m ³ /ha)		22,96
ERROR DE MUESTREO (%)		10,79
Límite de confianza (m ³ /ha)	MÁXIMO	220,63
	MÍNIMO	204,90

Fuente: Elaboración propia.

- Vegetación secundaria alta.

Tabla 39. Error de muestreo para el estrato de vegetación secundaria alta del Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral.

Número de Parcelas (n)		3
Grados de libertad		2
Parcela	Volumen (m ³ /parcela)	Volumen (m ³ /ha)
12-VS-CH-Y	6,81	68,10
14-VS-CH-Y	6,72	67,23
2-VS-CH-Y (5-VS-CH-Y)	5,90	59,00
Total	19,43	194,33
MUESTREO		
MEDIA (m ³ /ha)		64,78
DESVIACIÓN (m ³ /ha)		5,02
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)		7,75
ERROR ESTÁNDAR (m ³ /ha)		3,01
t student		2,92
ERROR ABSOLUTO (m ³ /ha)		8,79
ERROR DE MUESTREO (%)		13,57
Límite de confianza (m ³ /ha)	MÁXIMO	67,79
	MÍNIMO	61,77

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del error de vegetación secundaria el volumen de la parcela 2-VS-CH-Y es el resultado de la adición del volumen de esta con el volumen de la parcela 5-VS-CH-Y. Debido a las condiciones topográficas del terreno (fuerte pendiente) fue imposible completar el área total de muestreo de la parcela 2-VS-CH-Y (0,1 ha), logrando solamente información de 0,05 ha. Por esta razón se procedió a completar el área de muestreo con la ubicación de otra parcela (5-VS-CH-Y) en la misma zona y cobertura con un área complementaria de 0,05 ha. Las parcelas se dejan por separado en los anexos, debido a que así quedó la marcación y campo.

7.5.3.3. Área total muestreada(ha) y censada (ha)

A continuación, en la Tabla 40, se presenta el área total muestreada para cada cobertura por bioma a partir de parcelas de inventario forestal de 0,1 hectáreas y por censo.

Tabla 40. Área muestreada(ha) por cobertura en cada bioma.

Bioma	Cobertura	Área (ha)	Área muestreada	Tipo de muestreo
Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Bosque de galería	1,66	0,6	Parcelas de 0,1 ha
	Vegetación secundaria alta	5,31	0,5	Parcelas de 0,1 ha
	Pastos arbolados	0,60	0,6	Censo
Subtotal Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande		2,26	1,7	-
Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Bosque de galería	0,04	0,3	Parcelas de 0,1 ha
	Vegetación secundaria alta	4,14	0,3	Parcelas de 0,1 ha
	Pastos arbolados	0,77	0,76	Censo
Subtotal Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral		4,95	1,36	-
Total		7,21	3,06	-

Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.4. Volumen total, volumen comercial, biomasa y carbono para aprovechamiento forestal en PIT 6823.

A partir del muestreo realizado en campo mediante parcelas para las coberturas de bosque de galería y vegetación secundaria alta y el censo en pastos arbolados, para el área muestreada (3,06 ha) en el PIT 6823 se obtuvo un Volumen total de 249,92 m³ (140,90 m³ en ZATTG y 109,03 m³ en ZHTC), Volumen comercial de 108,00 m³ (69,82 m³ en ZATTG y 38,18 m³ en ZHTC), Biomasa total de 143,6 t (67,96 t en ZATTG y 75,6 t en ZHTC) y Carbono de 71,8 t (33,98 t en ZATTG y 37,8 t en ZHTC). En la Tabla 14 se presentan los valores discriminados por cobertura en cada bioma.

Tabla 41. Volumen total, volumen comercial, biomasa y carbono del área total muestreado por cobertura por bioma.

Bioma	Cobertura	Área muestreada (ha)	Tipo de muestreo	Volumen Total (m ³)	Volumen comercial (m ³)	Biomasa aérea (t)	Biomasa raíz (t)	Biomasa total (t)	Carbono (t)
Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Bosque de galería	0,6	Parcela (0,1 ha)	105,94	58,26	31,6	7,6	39,1	19,6
	Vegetación secundaria alta	0,5	Parcela (0,1 ha)	29,71	9,83	21,0	5,0	26,0	13,0
	Pastos arbolados	0,6	Censo	5,24	1,72	2,3	0,5	2,8	1,4
Subtotal Zonobioma Alternohigrico Tropical		1,70	-	140,90	69,82	54,80	13,15	67,96	33,98

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Bioma	Cobertura	Área muestreada (ha)	Tipo de muestreo	Volumen Total (m³)	Volumen comercial (m³)	Biomasa aérea (t)	Biomasa raíz (t)	Biomasa total (t)	Carbono (t)
Tolima grande									
Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Bosque de galería	0,3	Parcela (0,1 ha)	63,83	24,78	22,2	5,3	27,6	13,8
	Vegetación secundaria alta	0,3	Parcela (0,1 ha)	19,43	4,85	17,7	4,2	22,0	11,0
	Pastos arbolados	0,76	Censo	25,77	8,55	21,0	5,0	26,1	13,0
Subtotal Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral		1,36	-	109,03	38,18	61,0	14,6	75,6	37,8
Total		3,06	-	249,92	108,00	115,8	27,8	143,6	71,8

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 42, se presentan los valores de los estimadores (volumen total, volumen comercial, biomasa y carbono) por hectárea para el PIT 6823. La cobertura boscosa del bosque de galería en ambos biomas presenta los mayores valores por hectárea de 176,57m³ en ZATTG y 212,77 m³ en ZHTC, esto es debido a la estructura propia de la cobertura asociada a árboles de porte grande con diámetros promedio de 23,48 cm y altura total promedio de 14 metros.

La cobertura de vegetación secundaria con árboles de porte medio con diámetros promedio de 21,5 cm y altura total promedio de 10 metros, obtuvo valores de volumen total por hectárea de 59,43m³ en ZATTG y 64,77 m³ en ZHTC y para pastos arbolados se obtuvo un valor de 8,73 m³ y 33,91 m³, respectivamente.

Tabla 42. Volumen total, volumen comercial, biomasa y carbono por hectárea por cobertura por bioma.

Bioma	Cobertura	Área muestreada (ha)	Volumen Total por hectárea (m³/ha)	Error estándar +- (m³/ha)	Volumen comercial por hectárea (m³/ha)	Biomasa aérea por hectárea (t/ha)	Biomasa raíz por hectárea (t/ha)	Biomasa total por hectárea (t/ha)	Carbono por hectárea (t/ha)
Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Bosque de galería	0,60	176,57	12,28	97,11	52,59	12,62	65,21	32,60
	Vegetación secundaria alta	0,50	59,43	2,74	19,66	41,98	10,08	52,06	26,03
	Pastos arbolados	0,60	8,73	0,00	2,87	3,77	0,90	4,67	2,34
Subtotal Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande		1,70	244,73	15,02	119,64	98,34	23,60	121,94	60,97
Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Bosque de galería	0,30	212,77	7,86	82,60	74,14	17,79	91,94	45,97
	Vegetación secundaria alta	0,30	64,77	2,12	16,18	59,02	14,16	73,19	36,59

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Bioma	Cobertura	Área muestreada (ha)	Volumen Total por hectárea (m ³ /ha)	Error estándar +- (m ³ /ha)	Volumen comercial por hectárea (m ³ /ha)	Biomasa aérea por hectárea (t/ha)	Biomasa raíz por hectárea (t/ha)	Biomasa total por hectárea (t/ha)	Carbono por hectárea (t/ha)
	Pastos arbolados	0,76	33,91	0,00	11,25	27,68	6,64	34,32	17,16
Subtotal Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral		1,36	311,44	9,98	110,03	160,84	38,60	199,44	99,72
Total		3,06	556,17	25,00	229,67	259,18	62,20	321,38	160,69

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 43, se presentan los valores total de aprovechamiento para cada uno de los estimadores por cada cobertura en cada bioma, teniendo en cuenta, como se había mencionado anteriormente, la exclusión de las áreas de aprovechamiento del polígono 745 (Ver Figura 49)

A partir de los valores de los estimadores por hectárea se extrapolan los valores para el área total de las coberturas leñosas presentes en el polígono 6823 (Ver Tabla 43). Para el Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande el volumen total de aprovechamiento es de **219,7 m³ (+-13,48)**, con un volumen comercial total de 104,02 m³, biomasa total de 119,97 t y Carbono de 59,99 t y para el Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral el volumen total de aprovechamiento es de **257,64 m³ (+-7,9)**, con un volumen comercial total de 66,89 m³, biomasa total de 283,23 t y Carbono de 141,62 t.

Tabla 43. Volumen total, volumen comercial, biomasa y carbono para el área total de las cobertura por bioma.

Bioma	Cobertura	Área total (ha)	Volumen Total (m ³)	Error estándar +- (m ³)	Volumen comercial (m ³)	Biomasa aérea (t)	Biomasa raíz (t)	Biomasa total (t)	Carbono (t)
Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Bosque de galería	0,81	143,02	9,95	78,66	42,59	10,22	52,82	26,41
	Vegetación secundaria alta	1,29	76,66	3,53	25,37	54,16	13,00	67,16	33,58
Subtotal Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande		2,10	219,69	13,48	104,02	96,75	23,22	119,97	59,99
Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Bosque de galería	0,04	8,51	0,31	3,30	2,97	0,71	3,68	1,84
	Vegetación secundaria alta	3,59	232,51	7,61	58,08	211,88	50,85	262,74	131,37
	Pastos arbolados	0,49	16,61	0,00	5,51	13,56	3,26	16,82	8,41
Subtotal Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral		4,12	257,64	7,93	66,89	228,41	54,82	283,23	141,62
Total		6,22	477,32	21,41	170,92	325,16	78,04	403,20	201,60

Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.5. Volumen total, volumen comercial, biomasa y carbono de especies con alguna categoría de amenaza

A partir del muestreo realizado se identificaron 13 individuos de la especie *Machaerium capote*, que aunque no se considera una especie en categoría de amenaza si presenta una distribución restringida, ver Tabla 44. De dicha especie el volumen total de aprovechamiento es de 23,78 m³.

Tabla 44. Volumen total, volumen comercial, biomasa y carbono de especies con alguna categoría de amenaza

Bioma	Familia	Especie	Cat. UICN	Distrib. de la Especie	# de indiv.	Volumen Total (m ³)	Volumen comercial (m ³)	Biomasa total (t)	Carbono (t)
Zonobioma Alternohigríco o Tropical Tolima grande	Fabaceae	<i>Machaerium capote</i>	LC	Casi endémica	5	0,96	0,25	0,9	0,5
Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Fabaceae	<i>Machaerium capote</i>	LC	Casi endémica	8	22,82	11,89	10,3	5,1
Total					13	23,78	12,14	11,2	5,6

Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.6. Uso y destino de los productos forestales.

El aprovechamiento forestal se hará previo y a medida que avance el desarrollo de las actividades constructivas de la infraestructura (PIT), mediante corte total o tala rasa, la cual consiste en la extracción de toda la masa forestal y desmonte de la vegetación de porte arbustivo y herbáceo de las áreas de interés para el proyecto. Para posibilitar el uso de la vegetación removida, se cortarán los árboles con diámetros aprovechables para aserrío en dimensiones comerciales. Los árboles serán apeados, troceados y utilizados en la construcción de obras de protección geotécnica y ambiental, hasta donde técnicamente sea posible.

Los árboles maderables serán troceados en longitudes que permitan su uso dentro de la misma obra. Las ramas y el material proveniente del follaje se realizará trozado para ser incorporado como material de guarda para el mejoramiento del suelo proveniente del descapote. En ningún caso se realizará la combustión del material obtenido por el desmonte.

Las ramas y ramillas de copa, así como el material proveniente de follaje se picará y se incorporarán como material de guarda para el mejoramiento de las condiciones biológicas y de aporte de material orgánico en la recuperación de suelos; el material restante que permita la elaboración de varillones, al igual que las ramas más gruesas y el material vegetal maderable será utilizado para señalización u otras labores y para consumo en las actividades constructivas que requieran de este tipo de material tales como listones, estacas, entre otros.

Igualmente, teniendo en cuenta que de acuerdo con la normatividad vigente no se permite la venta de la madera resultante del aprovechamiento forestal, el material vegetal generado por la actividad de tala será utilizado principalmente para las diferentes actividades constructivas, partiendo de los diferentes usos de las especies que se encuentran en el área de esta manera se pueden utilizar en:

- Construcción de trinchos.
- Producción de Mulch

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

- Abono
- Postes y cercas dentro del proyecto
- Estacones

En segunda instancia, puede ser donado a la comunidad, previa solicitud escrita a través de las juntas de acción comunal, para lo cual, se deberá elaborar un acta de donación en la que se especifique el uso final que tendrá el recurso, el volumen entregado, la especie y quien lo recibe, no se permitirá la movilización ni comercialización de madera por parte de terceros, esto encaminado a evitar el tráfico ilegal de madera.

El volumen para abono corresponde a especies que no tienen usos después de talado el árbol, por esta razón se recomienda que estas especies sean chipiadas y reincorporadas al suelo como abono en las áreas que se encuentran en proceso de restauración para potencializar las propiedades del suelo y de esta manera estimular y reforzar el crecimiento de las plántulas sembradas y la recuperación de los suelos que tenga procesos de erosión

7.5.3.7. Formato Único Nacional de solicitud de aprovechamiento forestal único (FUN aprovechamiento)

En el Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.016 se encuentra el Formato Único Nacional de solicitud de aprovechamiento forestal único (FUN aprovechamiento) diligenciado de acuerdo con la información requerida para la solicitud del permiso de aprovechamiento forestal. En el plano CAP07-DRRN-LES6823-DRNA-001 y la Figura 49 del presente documento se presentan las áreas donde se realizará el aprovechamiento forestal las cuales se encuentran ubicadas al interior del predio La Esmeralda.

El Artículo 2.2.1.1.3.1. del Decreto 1076 de 2015, menciona que los aprovechamientos únicos se realizan en áreas donde con base en estudios técnicos se demuestre mejor aptitud de uso del suelo diferente al forestal o cuando existan razones de utilidad pública e interés social. Con respecto a lo anterior, en el Capítulo 3. Descripción del proyecto del presente EIA se señala al proyecto de utilidad pública y social.

En relación con el Plan de aprovechamiento o Plan de manejo forestal, las actividades relacionadas se encuentran en el Capítulo 10 Planes y programas.

7.5.4. Afectación de especies de flora en veda vascular y no vascular.

A continuación se presentan los resultados de las especies en veda nacional, establecidas en la Resolución 0213 de 1977 (INDERENA): musgos, hepáticas, líquenes, orquídeas y bromelias, que serían afectadas por el desarrollo del aprovechamiento corresponde al "polígono 6823" inmerso en el título minero 6823, cuya explicación de áreas se describen en el numeral 7.5.3 de este documento (Tabla 30) que corresponden al área donde se solicita el levantamiento de veda. Cabe aclarar que dentro de la jurisdicción del área de estudio no se presentan especies en veda de hábito arbóreo y en el estudio no se registran especies arbóreas en veda a nivel nacional.

7.5.4.1. Proceso metodológico.

Fase pre-campo

Se realizó un análisis previo que incluye las zonas de vida, biomas, ecosistemas y coberturas vegetales presentes en el área de influencia del proyecto, como se describió en el numeral 5.2.2. Además se revisó información acerca de las especies en veda reportadas para la zona.

Fase de campo

Los muestreos adelantados para las especies en veda vasculares y no vasculares se realizaron dentro del polígono 6823 utilizando el permiso de colecta autorizado a Ingetec (Anexo CAP2-GENE-LES6823-AN#2.002). El tipo de muestreo depende del hábito de las especies de flora en veda encontradas, a continuación, se explica con detalle la metodología de muestreo utilizada para especies epífitas, terrestres y rupícolas.

Especies epífitas: para la caracterización de especies vasculares y no vasculares de hábito epífito se realizaron muestreos puntuales a lo largo del área de intervención, tomando como unidad de muestreo el forofito y siguiendo los lineamientos para un muestreo rápido y representativo de la diversidad de epífitas vasculares y no vasculares (RRED-analysis) establecido por Gradstein *et al.* (2003). La selección de los forofitos se realizó siguiendo los criterios propuestos por MADS (2019) que se exponen en la Tabla 45. Sin embargo, en algunos casos no fue posible cumplir con el criterio de distancia mínima de 25 m entre árboles debido a la disposición de los individuos en la cobertura.

Tabla 45. Criterios de selección de forofitos

Variable	Medida	Observación y Excepciones
Altura	>7 m	En caso de no encontrar forofitos de ese porte, se buscarán los individuos con las mayores alturas disponibles en la cobertura a caracterizar y se registrará fotográficamente esta condición (por ejemplo en arbustales).
DAP	>10 cm	Se procurará buscar los árboles con los mayores diámetros disponibles en la cobertura (p.e. >5 cm).
Corteza		No exfoliable, rugosas.
% Epífitas	>40 %	Se buscarán forofitos que presenten los mejores crecimientos.
Distancia mínima entre árboles	25 m	En caso de que estas distancias no se puedan cumplir por una condición particular del parche de vegetación a caracterizar, se buscarán individuos cuya separación no sea menor a 20 m.
Copas		Idealmente con alta diversificación con horquillas horizontales.

Fuente: Lineamientos técnicos para la conservación de especies de flora en veda (MADS, 2019).

La localización de cada uno de los forofitos evaluados se georreferenció con GPS Garmin Oregon 750. En la Tabla 46 se presenta la relación del número de forofitos inspeccionados por cobertura dentro del área de intervención del proyecto.

Los árboles evaluados fueron marcados con pintura roja con la letra "V" seguida de un número consecutivo para su identificación (Fotografía 5). Adicionalmente, se registró información acerca del nombre científico, CAP, altura y nombre común de estos forofitos (Fotografía 6). En los casos en que no se tuviera certeza de la especie del árbol se realizó la colecta para su posterior identificación.



Fotografía 5. Forofito marcado



Fotografía 6. Medida de CAP de forofitos en campo

Sobre cada forofito con presencia de epífitas se registraron todas las morfoespecies presentes en los diferentes estratos propuestos en los lineamientos técnicos para la conservación de especies de flora en veda (MADS, 2019) de la siguiente manera: Zona a) Base del tronco; Zona b) tronco; Zona c) Dosel (Figura 51), esto con el fin de establecer las preferencias de las especies en relación a la humedad, radiación solar y los rangos de distribución vertical.

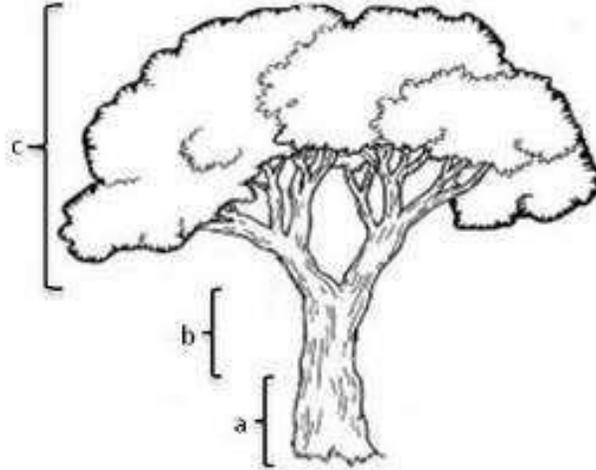


Figura 51. Zonificación del Forofito para epífitas vasculares y no vasculares
Fuente: Lineamientos técnicos para la conservación de especies de flora en veda (MADS, 2019).

Para las especies epífitas vasculares se registró el número de individuos encontrados en cada una de las zonas del árbol, se determinó su estado de desarrollo y estado fitosanitario.

Especies epífitas no vasculares: se realizó una exploración visual directa, con la ayuda de una lupa (20X) se determinó la morfoespecie (Fotografía 7) y se midió la cobertura de los ejemplares registrados utilizando una plantilla en acetato transparente de 20 x 20 cm con cuadrículas de 1 cm² (400 cm²), en cada una de las áreas de muestreo (Gradstein et al., 2003; Churchill & Linares, 1995; Rangel & Velásquez, 1997; MADS, 2019) . Ver Fotografía 8.



Fotografía 7. Inspección visual de no vasculares con lupa



Fotografía 8. Medición de no vasculares con plantilla

Todos los morfotipos de especies no vasculares registrados durante la fase de campo fueron colectados y fotografiados para su posterior determinación. La toma de muestras se hizo por medio de martillo y formón, evitando maltratar la muestra o sus estructuras reproductivas. El material colectado se depositó en bolsas de papel debidamente rotuladas y se secó a temperatura ambiente en un lugar fresco y ventilado, para su posterior identificación taxonómica, según como lo sugiere Churchill & Linares (1995).

Especies de hábito terrestre, rupícola y humícola: la caracterización de especies vasculares y no vasculares de hábito terrestre, rupícola y humícola se realizaron recorridos por toda el área de intervención y se revisaron con detenimiento los posibles hábitats. Cuando se observó la presencia de especies en veda se registró su abundancia levantando cuadrantes de 1 x 1 m (1 m²). La localización de cada uno de los cuadrantes se georreferenció con GPS Garmin Oregon.

A continuación, en la Tabla 46, se presenta la relación de los cuadrantes y forófitos levantados por cada cobertura dentro del área de intervención por cada tipo de organismo (Vascular y No Vascular). Se inspeccionaron un total de 315 puntos de muestreo dentro del área de influencia, donde 84 corresponden a cuadrantes terrestres y 231 a forófitos sobre los cuales se evaluó la presencia de epífitas vasculares y no vasculares.

Tabla 46. Unidades de muestreo realizados por tipo de coberturas para las especies para las especies vasculares y no vasculares en el polígono

Cobertura		Tipo de muestreo			
		Número de cuadrante		Número de forófitos	
		No vascular	Vascular	No vascular	Vascular
Bosque de galería y ripario	314	13	3	19	
Pastos arbolados	232		4	29	
Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	122	2	1	4	
Tierras desnudas y degradadas	333		2	4	
Vegetación secundaria alta	3231	48	11	174	1

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Cobertura	Tipo de muestreo			
Total	63	21	230	1

Fuente: Elaboración propia.

Fase post campo

Determinación de material botánico recolectado: la determinación taxonómica fue realizada por profesionales expertos, se presentan las certificaciones de terminación en los anexos CAP5.2-CMBI-LES6823-AN#5.2.013 y CAP5.2-CMBI-LES6823-AN#5.2.014. De igual manera se realizó la comparación con información disponible en herbarios como Herbario de la Pontificia Universidad Javeriana (HPUJ), Herbario Nacional Colombiano (COL) y Herbario del Missouri Botanical Garden (MOBOT- Trópicos). Se revisó el Catálogo de plantas y líquenes de Colombia Bernal *et. al*, 2015), APG IV (2016), se emplearon fuentes de información electrónica disponibles en la web como: www.mycportal.org., www.lichenportal.org., www.eol.org., www.discoverlife.org., www.britishlichens.co.uk, Consortium of North American lichen herbaria, The Global Biodiversity Information Facility (<http://www.gbif.org/>) y The plant list (<http://www.theplantlist.org/>), entre otras. Las determinaciones se llevaron hasta el máximo nivel taxonómico posible (familia, género o especie), teniendo en cuenta la disponibilidad de literatura especializada, la complejidad taxonómica del grupo, la calidad de la muestra botánica y la presencia/ausencia de estructuras reproductivas.

Curvas de acumulación: para establecer la completitud de muestreo se elaboraron curvas de acumulación de especies para cada grupo vegetal y unidad de la cobertura de la tierra. Se utilizó el software Estimate S versión 9.0.0 (Colwell, 2013), en donde se cargaron los datos de los muestreos realizados (abundancia en vasculares y coberturas en cm² para no vasculares) y se emplearon los estimadores Singletons, Doubletons, ACE, Chao 1 y Cole rarefaction. Estos se contrastaron con el número total de especies S (est) que muestra la riqueza obtenida en el muestreo y se graficaron de manera que, el eje Y representa el número de especies acumulado y en el eje X se muestra el número de unidades de muestreo, ya sean forófitos o cuadrantes (MADS, 2019). La representatividad del muestreo corresponde al porcentaje de especies observadas en relación de las especies estimadas.

Identificación del estado de amenaza de las especies registradas: para determinar endemismos y amenazas de las especies registradas en veda en el área de intervención del proyecto, se revisó detalladamente la información disponible utilizando las bases de datos nacionales e internacionales. Se revisaron las colecciones virtuales de Colombia y de los principales herbarios relacionados con la flora neotropical como el herbario de Kew, el herbario de New York, el del jardín botánico de Missouri (base de datos Tropicos). Adicionalmente, se revisó bibliografía especializada como el Catálogo de las plantas y Líquenes de Colombia (Bernal *et. al*, 2015), la serie de publicaciones “Los Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia”, el Apéndice CITES (2017) y la lista roja de UICN (IUCN, 2020). Finalmente, se consultó la Resolución 1912 del 15 de septiembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2017).

7.5.4.2. Resultados generales Especies Vasculares.

En el polígono de intervención se presentaron especies vasculares en veda en 22 muestreos. En el plano CAP05.2-CMBI-LAES6823-BIOT-007 se presenta la localización de los muestreos en los que se encontró presencia de especies vasculares terrestres y epífitas en veda.

Riqueza

En total se registró una riqueza de siete especies vasculares, distribuidas en dos familias y seis géneros. Se registraron tres especies de orquídeas y cuatro especies de bromelias. La composición de especies de la flora en veda registrada en

el área de intervención se presenta en la Tabla 47. En los Anexos CAP5.2-CMBI-LES6823-AN#5.2.015 base de datos veda vascular y no vascular (6823) y Anexo CAP5.2-CMBI-LES6823-AN#5.2.016 procesamiento veda vascular y no vascular, se presenta la base de datos obtenida para las especies vasculares registradas en el área de intervención durante la fase de campo y el procesamiento realizado.

Tabla 47. Composición de especies vasculares registradas en el área de intervención

Grupo vegetal	Familia epifita	Especie epifita	Hábito		
			Epifita	Rupícola	Terrestre
Bromelia	Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i>			x
		<i>Pitcairnia echinata</i>			x
		<i>Pitcairnia megasepala</i>			x
		<i>Tillandsia flexuosa</i>	x		
Orquídea	Orchidaceae	<i>Cyclopogon sp.</i>			x
		<i>Cyrtopodium sp.</i>			x
		<i>Oeceoclades maculata</i>			x

Fuente: Elaboración propia.

El grupo vegetal más diverso fue el de las bromelias, representadas por una familia, tres géneros y cuatro especies. Las orquídeas presentaron una riqueza de tres especies distribuidas en dos géneros y una familia (Figura 52).

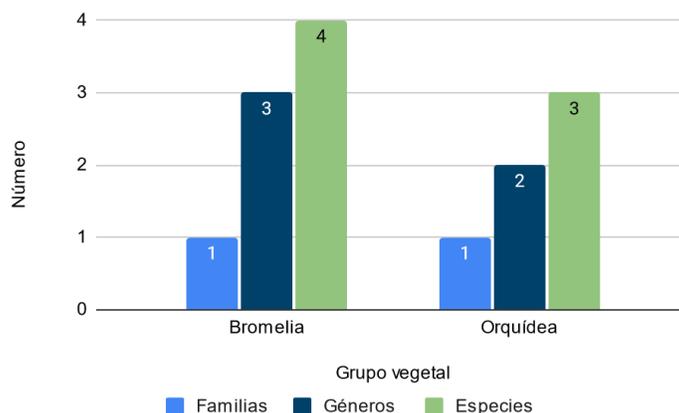


Figura 52. Riqueza de familias, géneros y especies de los grupos vegetales vasculares registrados.

Fuente: Elaboración propia.

Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies se construyó a partir de los datos de abundancia registrados durante la fase de campo (Figura 53). Los estimadores empleados predicen una riqueza esperada de 7 especies, de modo que el muestreo realizado presenta el 100% de las especies esperadas (Tabla 48). Estos valores de riqueza sumados al comportamiento presentado por los estimadores Cole rarefaction, ACE, CHAO 1, singletons y doubletons, en el que la curva tiende a la asíntota, permiten inferir que el muestreo realizado es representativo, teniendo en cuenta los criterios de Cultid *et al.*, 2012 y Villareal *et al.*, 2006 quienes indican que porcentajes de representatividad $\geq 80\%$ y $\geq 85\%$ respectivamente, pueden ser considerados como indicadores de un muestreo representativo.

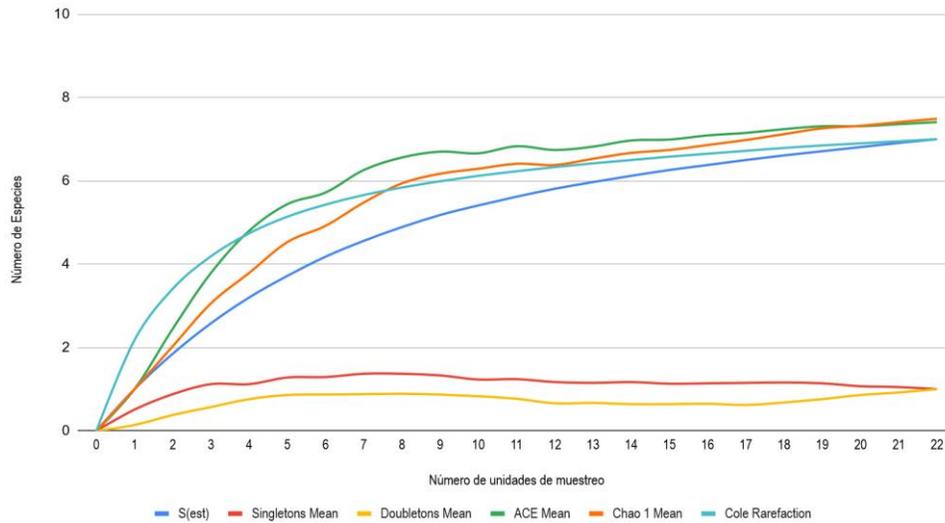


Figura 53. Curva de acumulación de especies vasculares obtenida para el total de los muestreos realizados en el área de intervención
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48. Riqueza esperada y estimada para los levantamientos de flora vascular en veda en el área de intervención

Estimador	Riqueza esperada	Representatividad (%)
S (est)	7	-
ACE Mean	7,41	94,5
Chao 1 Mean	7,49	93,5
Cole Rarefaction	7	100,0

Fuente: Elaboración propia.

Abundancia y Frecuencia

Para determinar la abundancia de especies vasculares se tuvo en cuenta la cantidad de individuos registrada sobre los diferentes sustratos evaluados durante la fase de campo (epífita, terrestre, humícola y rupícola). Se encontró una abundancia total de 67 individuos, de los cuales 18 fueron orquídeas y 49 bromelias.

La especie más abundante fue la bromelia *Pitcairnia echinata* con 30 individuos (44,7%), seguida por la bromelia *Pitcairnia megasepala* y la orquídea *Oeceoclades maculata* con 10 individuos (14,9%) respectivamente, que en conjunto representan aproximadamente el 74,6% de la abundancia total de la comunidad vascular. Ver Tabla 49.

La orquídea *Cyrtopodium* sp. fue la especie más frecuente presentándose en seis muestreos (27,2%), seguida por las especies *Pitcairnia echinata*, *Bromelia karatas* y *Oeceoclades maculata* con la presencia en cuatro muestreos (18,1%). Las demás especies presentaron frecuencias menores al 10% (Tabla 49.).

Tabla 49. Abundancia y frecuencia de especies vasculares registradas en el área de intervención.

Grupo vegetal	Familia epífita	Especie epífita	Abundancia	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)
Bromelia	Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i>	8	11,94	4	18,18

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Grupo vegetal	Familia epifita	Especie epifita	Abundancia	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)
		<i>Pitcairnia echinata</i>	30	44,78	4	18,18
		<i>Pitcairnia megasepala</i>	10	14,93	1	4,55
		<i>Tillandsia flexuosa</i>	1	1,49	1	4,55
Orquídea	Orchidaceae	<i>Cyclopogon sp.</i>	2	2,99	2	9,09
		<i>Cyrtopodium sp.</i>	6	8,96	6	27,27
		<i>Oeceoclades maculata</i>	10	14,93	4	18,18
Total			67	100,00	22	100,00

Fuente: Elaboración propia.

El sustrato donde se registró mayor presencia de especies vasculares corresponde al terrestre con 66 individuos, seguido del epifito con un individuo (Figura 54).

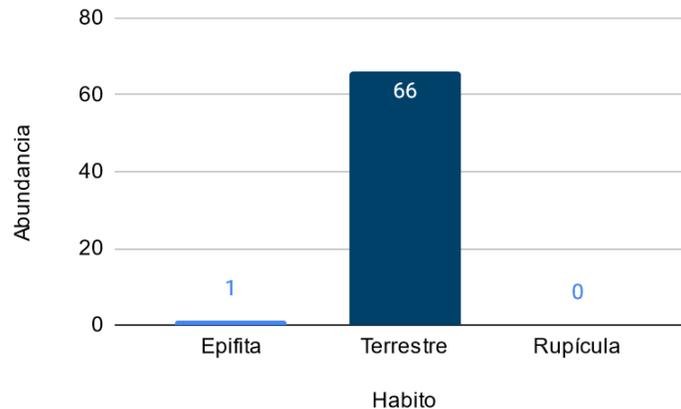


Figura 54. Abundancia de especies vasculares en veda por hábito de crecimiento.

Fuente: Elaboración propia.

Estratificación vertical

Respecto a la distribución vertical de las especies en los forófitos, solo se encontró una especie vascular epífita, *Tillandsia flexuosa*, presente en los estratos B y C del forofito de la especie Balso (*Ochroma pyramidale*).

Preferencia de forófitos

En el área de intervención la presencia de epifitas vasculares, está asociada solo a una especie de forófito, pertenecientes a la familia botánica de las Malváceas (*Ochroma pyramidale*)

Estado de conservación de las especies vasculares registradas para el área de intervención del proyecto.

De las siete especies vasculares registradas para el área de intervención del proyecto, ninguna se encontró reportada en alguna categoría amenaza la Resolución 1912 de 2017 o los libros rojos de las plantas de Colombia. Sin embargo, todas

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

las especies de bromelias y orquídeas se encuentran en veda nacional bajo la Resolución 0213 de 1977 (INDERENA). Todas las especies de Orchidaceae están incluidas en el apéndice II de la convención CITES y una de ellas presenta categoría UICN (Tabla 50).

Tabla 50. Estado de conservación de las especies vasculares registradas para el área de intervención del proyecto.

Familia veda	Especie veda	CITES	UICN	Res. 1912 (MADS)	Catálogo plantas de Colombia	Distribución
Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i>		Sin datos	No amenazada	Preocupación menor	Restringida
	<i>Pitcairnia echinata</i>		Sin datos	No amenazada	Preocupación menor	Restringida
	<i>Pitcairnia megasepala</i>		Sin datos	No amenazada	Preocupación menor	Restringida
	<i>Tillandsia flexuosa</i>		Sin datos	No amenazada	Preocupación menor	Restringida
Orchidaceae	<i>Cyclopogon sp.</i>	II	No aplica	No amenazada	No aplica	No aplica
	<i>Cyrtopodium sp.</i>	II	No aplica	No amenazada	No aplica	No aplica
	<i>Oeceoclades maculata</i>	II	Preocupación menor	No amenazada	No evaluada	Restringida

Fuente: Elaboración propia.

7.5.4.3. Resultados generales Especies No Vasculares

En el área de intervención del proyecto se presentaron especies no vasculares en veda en 59 muestreos. En el plano CAP05.2-CMBI-LAES6823-BIOT-007 se presenta la localización de los muestreos en los que se encontró presencia de especies no vasculares terrestres y epífitas en veda.

Riqueza

En total se registró una riqueza de 51 especies no vasculares, distribuidas en 26 familias y 40 géneros. Se registraron 38 especies de líquenes, 10 especies de musgos y 3 especies de hepáticas. La composición de especies no vasculares en veda registrada en el área de intervención se presenta en la Tabla 51. En los Anexos CAP5.2-CMBI-LES6823-AN#5.2.015 base de datos veda vascular y no vascular (6823) y Anexo CAP5.2-CMBI-LES6823-AN#5.2.016 procesamiento veda vascular y no vascular, se presenta la base de datos obtenida para las especies vasculares registradas en el área de intervención durante la fase de campo y el procesamiento realizado.

Tabla 51. Composición de especies no vasculares registradas en el área de intervención.

Grupo vegetal	Familia epífita	Especie epífita	Hábito		
			Epífita	Rupícola	Terrestre
Hepática	Frullaniaceae	<i>Frullania ericoides</i>	x	x	
	Indeterminada	<i>Indeterminada sp. 3</i>			x
	Lejeuneaceae	<i>Lejeunea trinitensis</i>	x	x	
Liquen	Arthoniaceae	<i>Chrysothrix xanthina</i>	x		
		<i>Cryptothecia sp. 1</i>	x	x	

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Grupo vegetal	Familia epifita	Especie epifita	Hábito		
			Epifita	Rupícola	Terrestre
		<i>Cryptothecia striata</i>	x		
		<i>Herpothallon sp. 1</i>	x		
	Candelariaceae	<i>Candelaria concolor</i>	x		
	Chrysothricaceae	<i>Chrysothrix xanthina</i>	x		
	Collemataceae	<i>Leptogium aff. chloromelum</i>	x	x	
		<i>Leptogium cyanescens</i>	x	x	
	Graphidaceae	<i>Diploschistes aff. scruposus</i>		x	
		<i>Glyphis cicatricosa</i>	x		
		<i>Graphis aff. consimilis</i>	x		
		<i>Graphis supracola</i>	x		
	Indeterminada	<i>Ocellularia sp. 1</i>	x		
		<i>Indeterminada sp. 1</i>	x	x	
	Lecanoraceae	<i>Indeterminada sp. 2</i>	x		
		<i>Lecanora caesiorubella</i>	x		
		<i>Lecanora tropica</i>	x		
	Malmideaceae	<i>Malmidea leptoloma</i>	x		
	Megalariaceae	<i>Megalaria sp.</i>	x		
	Megalosporaceae	<i>Megalospora tuberculosa</i>	x		
	Pertusariaceae	<i>Pertusaria aff. epixantha</i>	x		
		<i>Pertusaria sp. 1</i>	x		
	Physciaceae	<i>Buellia aff. conspirans</i>	x		
		<i>Hyperphyscia aff. syncolla</i>	x		
		<i>Hyperphyscia confusa</i>	x		
		<i>Physcia errumpens</i>	x		
		<i>Physcia solediosa</i>	x	x	
		<i>Pyxine cocoes</i>	x		
		<i>Pyxine sp. 1</i>		x	
	Ramalinaceae	<i>Pyxine subcinerea</i>	x		
		<i>Bacidia aff. andita</i>		x	
		<i>Bacidia aff. beckausii</i>	x		
<i>cf. Biatora sp. 2</i>		x			
<i>Phyllopsora confusa</i>		x			
<i>Phyllopsora sp. 1</i>		x			
Roccellaceae	<i>Ramalina complanata</i>	x			
	<i>Lecanactis sp. 1</i>	x			
Teloschistaceae	<i>Caloplaca flavovirescens</i>	x			
Musgo	Entodontaceae	<i>Entodon sp. 1</i>	x		
		<i>Erythrodonium squarrosum</i>	x	x	
	Erpodiaceae	<i>Erpodium coronatum</i>	x		
	Fabroniaceae	<i>Fabronia ciliaris</i>	x	x	
Fissidentaceae	<i>Fissidens angustifolius</i>	x	x	x	

Grupo vegetal	Familia epífita	Especie epífita	Hábito		
			Epífita	Rupícola	Terrestre
	Indeterminada	<i>Indeterminada sp. 4</i>		x	
	Pottiaceae	<i>Barbula indica</i>		x	x
		<i>Hyophyla involuta</i>	x	x	x
	Stereophyllaceae	<i>Entodontopsis leucostega</i>	x	x	
	Thuidiaceae	<i>Pelekium involvens</i>	x	x	x

Fuente: Elaboración propia.

El grupo vegetal más diverso fue el de los líquenes, representados por 15 familias, 28 géneros y 38 especies. Los musgos presentaron una riqueza de 10 especies distribuidas en 10 géneros y 8 familias. Las hepáticas presentaron tres especies pertenecientes a tres géneros y tres familias (Figura 55).

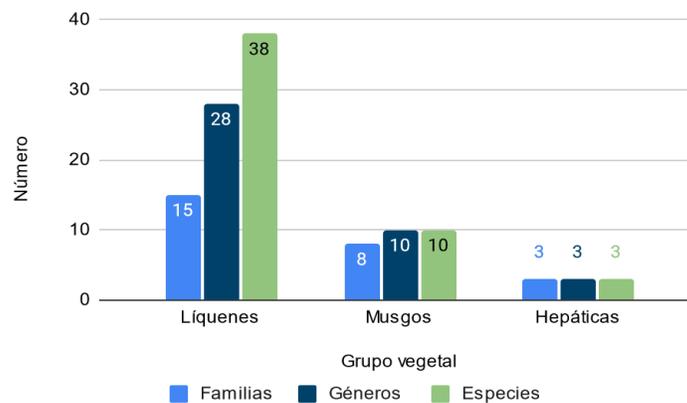


Figura 55. Riqueza de familias, géneros y especies de los grupos vegetales no vasculares registrados
Fuente: Elaboración propia.

Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies (Figura 56) se construyó a partir de los datos de abundancia registrados durante la fase de campo. Los estimadores empleados predicen una riqueza esperada de 51 especies, de modo que el muestreo realizado presenta el 100% de las especies esperadas. Estos valores de riqueza sumados al comportamiento presentado por los estimadores Cole rarefaction, ACE, CHAO 1, singletons y doubletons (Tabla 52), en el que la curva tiende a la asíntota, permiten inferir que el muestreo realizado es representativo, teniendo en cuenta los criterios de Cultid *et al.*, 2012 y Villareal *et al.*, 2006 quienes indican que porcentajes de representatividad $\geq 80\%$ y $\geq 85\%$ respectivamente, pueden ser considerados como indicadores de un muestreo representativo.

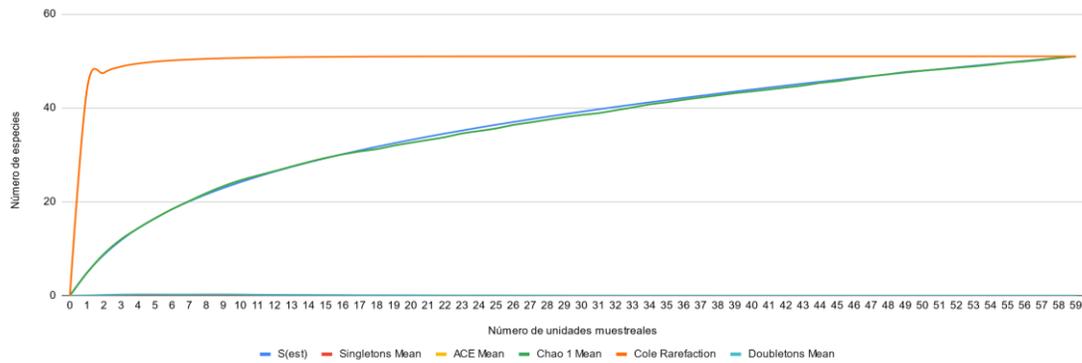


Figura 56. Curva de acumulación de especies no vasculares obtenida para el total de los muestreos realizados en el área de intervención.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52. Riqueza estimada para los levantamientos de flora no vascular en veda en el área de intervención.

Estimador	Riqueza esperada	Representatividad (%)
S (est)	51	-
ACE Mean	51	100,0
Chao 1 Mean	51	100,0
Cole Rarefaction	51	100,0

Fuente: Elaboración propia.

Abundancia y Frecuencia

Para determinar la abundancia de especies no vasculares se tuvo en cuenta la cobertura (cm²) registrada sobre los diferentes sustratos evaluados durante la fase de campo (epífita, terrestre y rupícola). Se encontró una abundancia total de 63 069 (cm²). El grupo vegetal con mayor abundancia fueron los líquenes con una cobertura de 25 472 cm², seguido por los musgos con 25 469 cm² y las hepáticas con 12.128 cm² (Figura 57).

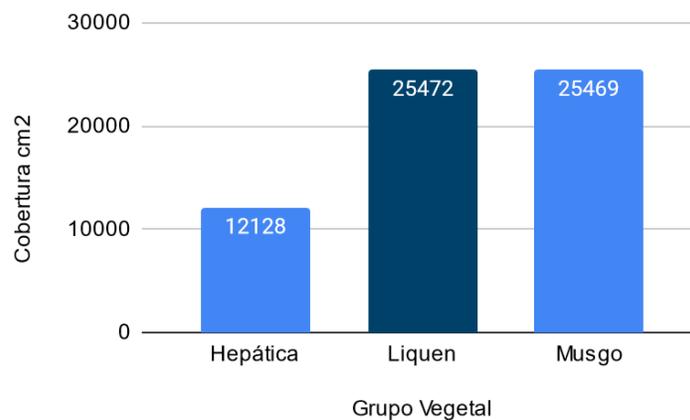


Figura 57. Abundancia de no vasculares por grupo vegetal.

Fuente: Elaboración propia.

La especie más abundante fue la hepática *Lejeunea trinitensis* con (14,7%), seguida por el musgo *Pelekium involvens* (11,6%), que en conjunto representan aproximadamente el 29% de la abundancia total de la comunidad no vascular. El líquen más abundante fue *Physcia solediosa* con una abundancia relativa de 7,3% (Tabla 53).

Las especies más frecuentes fueron las hepáticas *Lejeunea trinitensis* (28 unidades de muestreo /9,6%), *Frullania ericoides* (20 unidades de muestreo /6,9%) y el líquen *Physcia solediosa* presentándose en 24 de los 59 muestreos (8,3%). Ver Tabla 53.

Tabla 53. Abundancia y frecuencia de especies no vasculares registradas en el área de intervención.

Grupo vegetal	Familia epífita	Especie epífita	Abundancia	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)
Hepática	Frullaniaceae	<i>Frullania ericoides</i>	2710	4,30	20	6,92
	Indeterminada	<i>Indeterminada sp. 3</i>	90	0,14	2	0,69
	Lejeuneaceae	<i>Lejeunea trinitensis</i>	9328	14,79	28	9,69
Líquen	Arthoniaceae	<i>Chrysothrix xanthina</i>	180	0,29	1	0,35
		<i>Cryptothecia sp. 1</i>	80	0,13	2	0,69
		<i>Cryptothecia striata</i>	2545	4,04	21	7,27
		<i>Herpothallon sp. 1</i>	80	0,13	2	0,69
	Candelariaceae	<i>Candelaria concolor</i>	236	0,37	8	2,77
	Chrysothricaceae	<i>Chrysothrix xanthina</i>	310	0,49	2	0,69
	Collembateae	<i>Leptogium aff. chloromelum</i>	1622	2,57	17	5,88
		<i>Leptogium cyanescens</i>	173	0,27	2	0,69
	Graphidaceae	<i>Diploschistes aff. scruposus</i>	10	0,02	1	0,35
		<i>Glyphis cicatricosa</i>	10	0,02	1	0,35
		<i>Graphis aff. consimilis</i>	3922	6,22	14	4,84
		<i>Graphis supracola</i>	34	0,05	2	0,69
		<i>Ocellularia sp. 1</i>	98	0,16	1	0,35
	Indeterminada	<i>Indeterminada sp. 1</i>	2002	3,17	5	1,73
		<i>Indeterminada sp. 2</i>	175	0,28	2	0,69
	Lecanoraceae	<i>Lecanora caesiorubella</i>	2045	3,24	8	2,77
		<i>Lecanora tropica</i>	90	0,14	1	0,35
	Malmideaceae	<i>Malmidea leptoloma</i>	180	0,29	1	0,35
	Megalariaceae	<i>Megalaria sp.</i>	72	0,11	1	0,35
	Megalosporaceae	<i>Megalospora tuberculosa</i>	310	0,49	5	1,73
	Pertusariaceae	<i>Pertusaria aff. epixantha</i>	21	0,03	1	0,35
		<i>Pertusaria sp. 1</i>	1390	2,20	4	1,38
	Physciaceae	<i>Buellia aff. conspirans</i>	81	0,13	4	1,38
		<i>Hyperphyscia aff. syncolla</i>	30	0,05	1	0,35
		<i>Hyperphyscia confusa</i>	230	0,36	1	0,35
		<i>Physcia errumpens</i>	120	0,19	1	0,35
		<i>Physcia solediosa</i>	4640	7,36	24	8,30
<i>Pyxine cocoes</i>		780	1,24	2	0,69	
<i>Pyxine sp. 1</i>		100	0,16	1	0,35	
Ramalinaceae	<i>Bacidia aff. andita</i>	800	1,27	1	0,35	
	<i>Bacidia aff. becausii</i>	244	0,39	6	2,08	

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Grupo vegetal	Familia epífita	Especie epífita	Abundancia	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)
		<i>cf. Biatora sp. 2</i>	350	0,55	1	0,35
		<i>Phyllopsora confusa</i>	350	0,55	1	0,35
		<i>Phyllopsora sp. 1</i>	1171	1,86	7	2,42
		<i>Ramalina complanata</i>	42	0,07	6	2,08
	Roccellaceae	<i>Lecanactis sp. 1</i>	65	0,10	2	0,69
	Teloschistaceae	<i>Caloplaca flavovirescens</i>	824	1,31	17	5,88
Musgo	Entodontaceae	<i>Entodon sp. 1</i>	350	0,55	1	0,35
		<i>Erythrontium squarrosus</i>	3560	5,64	7	2,42
	Erpodiaceae	<i>Erpodium coronatum</i>	100	0,16	1	0,35
	Fabroniaceae	<i>Fabronia ciliaris</i>	2306	3,66	16	5,54
	Fissidentaceae	<i>Fissidens angustifolius</i>	5800	9,20	5	1,73
	Indeterminada	<i>Indeterminada sp. 4</i>	300	0,48	1	0,35
	Pottiaceae	<i>Barbula indica</i>	850	1,35	3	1,04
		<i>Hyophyla involuta</i>	3473	5,51	10	3,46
	Stereophyllaceae	<i>Entodontopsis leucostega</i>	1410	2,24	7	2,42
	Thuidiaceae	<i>Pelekium involvens</i>	7320	11,61	10	3,46
Total			63069	100,00	289	100,00

Fuente: Elaboración propia.

El sustrato donde se registró mayor presencia de especies no vasculares corresponde al epífita con 36 691 cm² de cobertura, seguido del rupícola con 17 408 cm² y Terrestre con 8970 cm² (Figura 58).

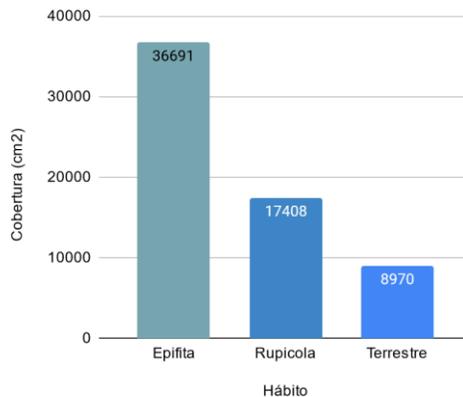


Figura 58. Abundancia de especies no vasculares en veda por hábito de crecimiento.

Fuente: Elaboración propia.

Estratificación vertical

La distribución vertical de las especies epífitas no vasculares en los forófitos evidencia que la zona que sustenta la mayor abundancia de especies es el estrato A, ya que presenta el 68,1% de la cobertura total registrada (43 007 cm²), mientras que las zonas B y C presentan 20 062 cm² y 0 cm² respectivamente (Figura 59 y Tabla 54).

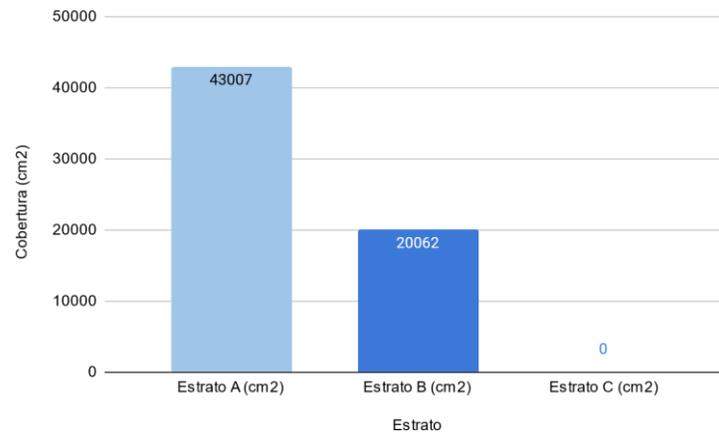


Figura 59. Abundancia de especies no vasculares en las zonas del forofito
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54. Estratificación vertical de las epífitas no vasculares en el área de intervención.

Tipo no vascular	Familia epífita	Especie epífita	Estrato A (cm2)	Estrato B (cm2)	Estrato C (cm2)
Hepática	Frullaniaceae	<i>Frullania ericoides</i>	910	1800	0
	Indeterminada	<i>Indeterminada sp. 3</i>	90	0	0
	Lejeuneaceae	<i>Lejeunea trinitensis</i>	6538	2790	0
Liquen	Arthoniaceae	<i>Chrysothrix xanthina</i>	0	180	0
		<i>Cryptothecia sp. 1</i>	80	0	0
		<i>Cryptothecia striata</i>	1095	1450	0
		<i>Herpothallon sp. 1</i>	50	30	0
	Candelariaceae	<i>Candelaria concolor</i>	95	141	0
	Chrysothricaceae	<i>Chrysothrix xanthina</i>	60	250	0
	Collembateae	<i>Leptogium aff. chloromelum</i>	1082	540	0
		<i>Leptogium cyanescens</i>	93	80	0
	Graphidaceae	<i>Diploschistes aff. scruposus</i>	10	0	0
		<i>Glyphis cicatricosa</i>	0	10	0
		<i>Graphis aff. consimilis</i>	1380	2542	0
		<i>Graphis supracola</i>	0	34	0
		<i>Ocellularia sp. 1</i>	28	70	0
	Indeterminada	<i>Indeterminada sp. 1</i>	1000	1002	0
		<i>Indeterminada sp. 2</i>	100	75	0
	Lecanoraceae	<i>Lecanora caesiorubella</i>	845	1200	0
		<i>Lecanora tropica</i>	20	70	0
	Malmideaceae	<i>Malmidea leptoloma</i>	0	180	0
	Megalariaceae	<i>Megalaria sp.</i>	45	27	0
	Megalosporaceae	<i>Megalospora tuberculosa</i>	65	245	0
	Pertusariaceae	<i>Pertusaria aff. epixantha</i>	0	21	0
		<i>Pertusaria sp. 1</i>	1000	390	0
	Physciaceae	<i>Buellia aff. conspirans</i>	27	54	0
<i>Hyperphyscia aff. syncolla</i>		0	30	0	

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Tipo no vascular	Familia epífita	Especie epífita	Estrato A (cm2)	Estrato B (cm2)	Estrato C (cm2)
		<i>Hyperphyscia confusa</i>	180	50	0
		<i>Physcia errumpens</i>	15	105	0
		<i>Physcia solediosa</i>	1952	2688	0
		<i>Pyxine cocoes</i>	205	575	0
		<i>Pyxine sp. 1</i>	100	0	0
		<i>Pyxine subcinerea</i>	10	50	0
	Ramalinaeae	<i>Bacidia aff. andita</i>	800	0	0
		<i>Bacidia aff. beckausii</i>	45	199	0
		<i>cf. Biatora sp. 2</i>	200	150	0
		<i>Phyllopsora confusa</i>	350	0	0
		<i>Phyllopsora sp. 1</i>	595	576	0
		<i>Ramalina complanata</i>	1	41	0
	Roccellaceae	<i>Lecanactis sp. 1</i>	13	52	0
Teloschistaceae	<i>Caloplaca flavovirescens</i>	375	449	0	
Musgo	Entodontaceae	<i>Entodon sp. 1</i>	350	0	0
		<i>Erythrodonium squarrosom</i>	2970	590	0
	Erpodiaceae	<i>Erpodium coronatum</i>	0	100	0
	Fabroniaceae	<i>Fabronia ciliaris</i>	1170	1136	0
	Fissidentaceae	<i>Fissidens angustifolius</i>	5800	0	0
	Indeterminada	<i>Indeterminada sp. 4</i>	300	0	0
	Pottiaceae	<i>Barbula indica</i>	850	0	0
		<i>Hyophyla involuta</i>	3383	90	0
	Stereophyllaceae	<i>Entodontopsis leucostega</i>	1410	0	0
	Thuidiaceae	<i>Pelekium involvens</i>	7320	0	0
Total			43007	20062	0

Fuente: Elaboración propia.

Preferencia de forófitos

En el área de intervención la presencia de epífitas vasculares, está asociada a 16 especies de forófitos, pertenecientes a diez familias botánicas. La especie de forofito que presenta mayor abundancia de epífitas vasculares es el Balso (*Ochroma pyramidale*), albergando 76 individuos. El segundo árbol con mayor cantidad de epífitas fue el Payandé (*Pithecellobium dulce*), sobre el cual se encontraron 61 individuos (Tabla 55).

Tabla 55. Preferencia de forófitos de las epífitas No vasculares en el área de intervención.

Familia forofito	Especie forofito	Nombre común forofito	Número de Especies epífitas	Abundancia epífitas	Cantidad de individuos arbóreos
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	Diomate	14	2444	14
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	Chirlobirlo	5	176	5
Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	orejero	10	1460	10
	<i>Machaerium capote</i>	Capote	4	640	4
	<i>Machaerium sp.</i>	Capote	3	740	3
	<i>Pithecellobium dulce</i>	Payandé	61	7872	61
	<i>Pseudosamanea</i>	Iguá	5	663	5

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Familia forofito	Especie forofito	Nombre común forofito	Número de Especies epífitas	Abundancia epífitas	Cantidad de individuos arbóreos
	<i>guachapele</i>				
Lauraceae	<i>Nectandra turbacensis</i>	Laurel	14	3103	14
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guásimo	4	937	4
	<i>Ochroma pyramidale</i>	Balso	76	10745	76
Rutaceae	<i>Amyris pinnata</i>	Bilanda	6	955	6
	<i>Swinglea glutinosa</i>	Limón swinglia	3	1692	3
Salicaceae	<i>Casearia corymbosa</i>	Ondquera	6	1237	6
Sapindaceae	<i>Cupania americana</i>	Guacharaco	4	1365	4
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis americana</i>	Pelamano	7	1330	7
Urticaceae	<i>Cecropia sp.</i>	Yarumo	8	1332	8
Total			230	36691	230

Fuente: Elaboración propia.

Estado de conservación de las especies vasculares registradas para el área de intervención del proyecto.

De las 51 especies no vasculares registradas para el área de intervención del proyecto, ninguna se encontró reportada en alguna categoría amenaza según UICN, la Resolución 1912 de 2017 o los libros rojos de las plantas de Colombia. Sin embargo, todas las especies de musgos, hepáticas y líquenes se encuentran en veda nacional bajo la Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), ver Tabla 56.

Tabla 56. Estado de conservación de las especies no vasculares registradas para el área de intervención

Familia veda	Especie veda	CITES	UICN	Res. 1912 (MADS)	Distribución
Frullaniaceae	<i>Frullania ericoides</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Indeterminada	Indeterminada sp. 3	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Lejeuneaceae	<i>Lejeunea trinitensis</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Arthoniaceae	<i>Chrysothrix xanthina</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Cryptothecia sp. 1</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	<i>Cryptothecia striata</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Herpothallon sp. 1</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Candelariaceae	<i>Candelaria concolor</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Chrysothricaceae	<i>Chrysothrix xanthina</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Collemataceae	<i>Leptogium aff. chloromelum</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Leptogium cyanescens</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Familia veda	Especie veda	CITES	UICN	Res. 1912 (MADS)	Distribución
Graphidaceae	<i>Diploschistes aff. scruposus</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Glyphis cicatricosa</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Graphis aff. consimilis</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Graphis supracola</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Ocellularia sp. 1</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Indeterminada	Indeterminada sp. 1	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	Indeterminada sp. 2	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Lecanoraceae	<i>Lecanora caesiorubella</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Lecanora tropica</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Malmideaceae	<i>Malmidea leptoloma</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Megalariaceae	<i>Megalaria sp.</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Megalosporaceae	<i>Megalospora tuberculosa</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Pertusariaceae	<i>Pertusaria aff. epixantha</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Pertusaria sp. 1</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Physciaceae	<i>Buellia aff. conspirans</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Hyperphyscia aff. syncolla</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Hyperphyscia confusa</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Physcia errumpens</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Physcia solediosa</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Pyxine cocoes</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Pyxine sp. 1</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
<i>Pyxine subcinerea</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida	

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Familia veda	Especie veda	CITES	UICN	Res. 1912 (MADS)	Distribución
Ramalinaceae	<i>Bacidia aff. andita</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Bacidia aff. beckausii</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>cf. Biatora sp. 2</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	<i>Phyllopsora confusa</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Phyllopsora sp. 1</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	<i>Ramalina complanata</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Roccellaceae	<i>Lecanactis sp. 1</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Teloschistaceae	<i>Caloplaca aff. saxicola</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Entodontaceae	<i>Entodon sp. 1</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	<i>Erythrodontium squarrosum</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Erpodiaceae	<i>Erpodium coronatum</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Fabroniaceae	<i>Fabronia ciliaris</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Fissidentaceae	<i>Fissidens angustifolius</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Indeterminada	Indeterminada sp. 4	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Pottiaceae	<i>Barbula indica</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
	<i>Hyophyla involuta</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Stereophyllaceae	<i>Entodontopsis leucostega</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida
Thuidiaceae	<i>Pelekium involvens</i>	No aplica	No aplica	No amenazado	Restringida

Fuente: Elaboración propia.

Resultados por tipo de cobertura

Vegetación Secundaria Alta.

Riqueza, abundancia y frecuencia de Vasculares

La composición de especies vasculares en veda registrada en la cobertura Vegetación Secundaria Alta se presenta en la Tabla 57. En total se registró una riqueza de seis especies, distribuidas en dos familias y seis géneros. Son una Bromelia es de hábito epífita (*Tillandsia flexuosa*), las demás presentaron un hábito terrestre

Con respecto a la abundancia se encontró que las especies vasculares registraron un total de 28 individuos. La especie más abundante fue la bromelia *Pitcairnia echinata* con 8 individuos (28,57%), seguido por *Oeceoclades maculata* y *Bromelia karatas* con siete individuos cada una (25,0%). Las especies con mayor presencia fueron *Cyrtopodium sp.* y *Bromelia karatas*, encontrada en 3 unidades de muestreo (Tabla 57).

Tabla 57. Abundancia y frecuencia de vasculares en vegetación secundaria alta

Tipo no vascular	Familia epífita	Especie epífita	Abundancia total	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Hábito
Bromelia	Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i>	7	25,00	3	25,00	Terrestre
		<i>Pitcairnia echinata</i>	8	28,57	1	8,33	Terrestre
		<i>Tillandsia flexuosa</i>	1	3,57	1	8,33	Epífita
Orquidea	Orchidaceae	<i>Cyclopogon sp.</i>	2	7,14	2	16,67	Terrestre
		<i>Cyrtopodium sp.</i>	3	10,71	3	25,00	Terrestre
		<i>Oeceoclades maculata</i>	7	25,00	2	16,67	Terrestre
Total			28	100	12	100	-

Fuente: Elaboración propia.

Curva de acumulación

La curva de acumulación de especies se construyó a partir de los datos de abundancia registrados durante la fase de campo (Figura 60). Los estimadores empleados predicen una riqueza esperada de 6 especies, de modo que el muestreo realizado presenta el 100% de las especies esperadas (Tabla 58). Estos valores de riqueza sumados al comportamiento presentado por los estimadores Cole rarefaction, ACE, CHAO 1, singletons y doubletons, en el que la curva tiende a la asíntota, permiten inferir que el muestreo realizado es representativo, teniendo en cuenta los criterios de Cultid *et al.*, 2012 y Villareal *et al.*, 2006 quienes indican que porcentajes de representatividad $\geq 80\%$ y $\geq 85\%$ respectivamente, pueden ser considerados como indicadores de un muestreo representativo.

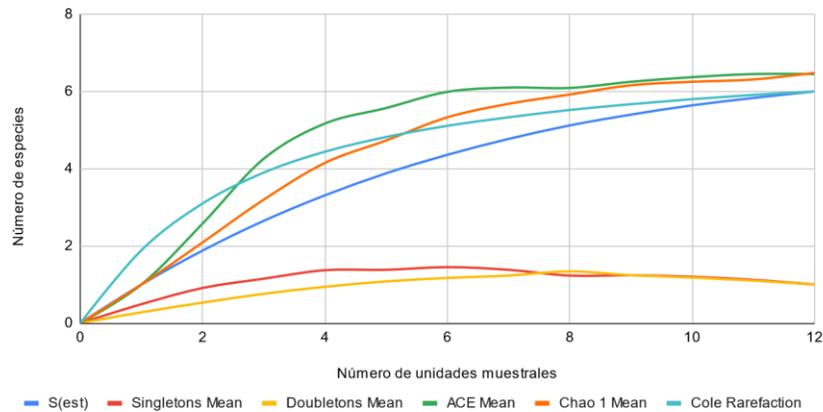


Figura 60. Curva de acumulación de especies vasculares obtenida para el total de los muestreos realizados en Vegetación secundaria alta
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58. Riqueza estimada para los levantamientos de flora vascular en veda en la cobertura de Vegetación secundaria alta.

Estimador	Riqueza esperada	Representatividad (%)
S (est)	6	-
ACE Mean	6,45	93,0
Chao 1 Mean	6,48	92,6
Cole Rarefaction	6	100,0

Fuente: Elaboración propia.

Riqueza, abundancia y frecuencia de No Vasculares

La composición de especies no vasculares en veda registrada la cobertura Vegetación secundaria alta se presenta en la Tabla 59. En total se registró una riqueza de 45 especies, distribuidas en 24 familias y 35 géneros. Tres de las especies encontradas corresponden a hepáticas, ocho son musgos y 34 líquenes.

Con respecto a la abundancia se encontró que las especies no vasculares ocupan una cobertura total de 45 270 cm². El sustrato donde se registró mayor presencia de especies no vasculares corresponde al epifito con 28 937 cm², seguido del sustrato rupícola con 15 743 cm². La especie más abundante fue la hepática *Lejeunea trinitensis* ocupando una cobertura de 7808 cm² (17,25%), seguida por el musgo *Pelekium involvens* con 6905 cm² (15,2%). De igual forma, la especie más frecuente fue hepática *Lejeunea trinitensis* con una frecuencia relativa del 10,5%, presentándose en 23 de los 41 muestreos realizados (Tabla 59).

Tabla 59. Abundancia y frecuencia de no vasculares en Vegetación secundaria alta.

Tipo no vascular	Familia epífita	Especie epífita	Abundancia total	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Epífita	Rupícola	Terrestre
Hepática	Frullaniaceae	<i>Frullania ericoides</i>	1935	4,27	14	6,39	x	x	
	Indeterminada	<i>Indeterminada sp. 3</i>	60	0,13	1	0,46			x
	Lejeuneaceae	<i>Lejeunea trinitensis</i>	7808	17,25	23	10,50	x	x	
Liquen	Arthoniaceae	<i>Chrysothrix xanthina</i>	180	0,40	1	0,46	x		
		<i>Cryptothecia sp. 1</i>	80	0,18	2	0,91	x	x	

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Tipo no vascular	Familia epifita	Especie epifita	Abundancia total	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Epifita	Rupicola	Terrestre
		<i>Cryptothecia striata</i>	2085	4,61	17	7,76	x		
		<i>Herpothallon sp. 1</i>	80	0,18	2	0,91	x		
	Candelariaceae	<i>Candelaria concolor</i>	226	0,50	7	3,20	x		
	Chrysothricaceae	<i>Chrysothrix xanthina</i>	60	0,13	1	0,46	x		
	Collemataceae	<i>Leptogium aff. chloromelum</i>	1480	3,27	14	6,39	x	x	
		<i>Leptogium cyanescens</i>	173	0,38	2	0,91	x	x	
	Graphidaceae	<i>Diploschistes aff. scruposus</i>	10	0,02	1	0,46		x	
		<i>Graphis aff. consimilis</i>	2765	6,11	11	5,02	x		
		<i>Graphis supracola</i>	34	0,08	2	0,91	x		
	Indeterminada	<i>Indeterminada sp. 1</i>	2002	4,42	5	2,28	x	x	
		<i>Indeterminada sp. 2</i>	175	0,39	2	0,91	x		
	Lecanoraceae	<i>Lecanora caesiorubella</i>	1595	3,52	6	2,74	x		
	Malmideaceae	<i>Malmidea leptoloma</i>	180	0,40	1	0,46	x		
	Megalariaceae	<i>Megalaria sp.</i>	72	0,16	1	0,46	x		
	Megalosporaceae	<i>Megalospora tuberculosa</i>	275	0,61	4	1,83	x		
	Pertusariaceae	<i>Pertusaria aff. epixantha</i>	21	0,05	1	0,46	x		
		<i>Pertusaria sp. 1</i>	800	1,77	1	0,46	x		
	Physciaceae	<i>Buellia aff. conspirans</i>	56	0,12	3	1,37	x		
		<i>Hyperphyscia aff. syncolla</i>	30	0,07	1	0,46	x		
		<i>Hyperphyscia confusa</i>	230	0,51	1	0,46	x		
		<i>Physcia errumpens</i>	120	0,27	1	0,46	x		
		<i>Physcia solediosa</i>	4212	9,30	19	8,68	x	x	
		<i>Pyxine cocoes</i>	130	0,29	1	0,46	x		
		<i>Pyxine subcinerea</i>	60	0,13	1	0,46	x		
	Ramalinaceae	<i>Bacidia aff. andita</i>	800	1,77	1	0,46		x	
		<i>Bacidia aff. beckausii</i>	190	0,42	4	1,83	x		
		<i>cf. Biatora sp. 2</i>	350	0,77	1	0,46	x		
		<i>Phyllopsora confusa</i>	350	0,77	1	0,46	x		
		<i>Phyllopsora sp. 1</i>	1002	2,21	5	2,28	x		
		<i>Ramalina complanata</i>	16	0,04	3	1,37	x		
Roccellaceae	<i>Lecanactis sp. 1</i>	65	0,14	2	0,91	x			
Teloschistaceae	<i>Caloplaca flavovirescens</i>	549	1,21	13	5,94	x			
Musgo	Entodontaceae	<i>Entodon sp. 1</i>	350	0,77	1	0,46	x		
		<i>Erythrodonium squarrosus</i>	3360	7,42	6	2,74	x	x	

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Tipo no vascular	Familia epifita	Especie epifita	Abundancia total	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Epifita	Rupicola	Terrestre
	Fabroniaceae	<i>Fabronia ciliaris</i>	1706	3,77	12	5,48	x	x	
	Fissidentaceae	<i>Fissidens angustifolius</i>	300	0,66	3	1,37	x	x	x
	Pottiaceae	<i>Barbula indica</i>	600	1,33	2	0,91		x	x
		<i>Hyophyla involuta</i>	583	1,29	5	2,28	x	x	x
	Stereophyllaceae	<i>Entodontopsis leucostega</i>	1210	2,67	6	2,74	x	x	
	Thuidiaceae	<i>Pelekium involvens</i>	6905	15,25	8	3,65	x	x	
Total			45270	100,00	219	100,00	41	16	4

Fuente: Elaboración propia.

Curva de acumulación de No Vasculares

La curva de acumulación de especies se construyó a partir de los datos de abundancia registrados durante la fase de campo (Figura 61). Los estimadores empleados predicen una riqueza esperada de 31 especies, de modo que el muestreo realizado presenta el 100% de las especies esperadas (Tabla 60). Estos valores de riqueza sumados al comportamiento presentado por los estimadores Cole rarefaction, ACE, CHAO 1, singletons y doubletons, en el que la curva tiende a la asíntota, permiten inferir que el muestreo realizado es representativo, teniendo en cuenta los criterios de Cultid *et al.*, 2012 y Villareal *et al.*, 2006 quienes indican que porcentajes de representatividad $\geq 80\%$ y $\geq 85\%$ respectivamente, pueden ser considerados como indicadores de un muestreo representativo.

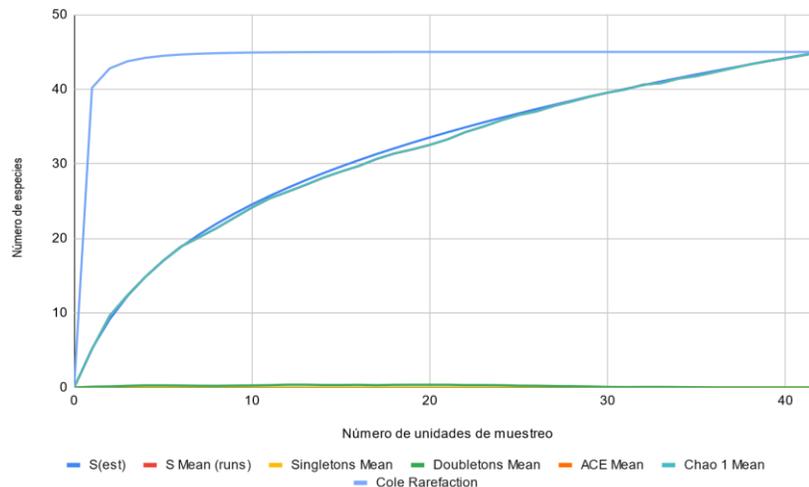


Figura 61. Curva de acumulación de especies no vasculares obtenida para el total de los muestreos realizados en Vegetación secundaria alta.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60. Riqueza estimada para los levantamientos de flora no vascular en veda en la cobertura de Vegetación secundaria alta.

Estimador	Riqueza esperada	Representatividad (%)
S (est)	45	-
ACE Mean	45	100,0
Chao 1 Mean	45	100,0

Estimador	Riqueza esperada	Representatividad (%)
Cole Rarefaction	45	100,0

Fuente: Elaboración propia.

Bosque de galería.

Riqueza, abundancia y frecuencia de Vasculares

La composición de especies vasculares en veda registrada en la cobertura Bosque de galería se presenta en la Tabla 61. En total se registró una riqueza de dos especies, distribuidas en dos familias y dos géneros. Una especie corresponde a una bromelia (terrestre) y la otra es una orquídea (terrestre).

Con respecto a la abundancia se encontró que las especies vasculares registraron un total de siete individuos. La especie más abundante fue la bromelia *Pitcairnia echinata* con cuatro individuos (57,1%), seguido por *Oeceoclades maculata* con tres individuos (42,8%), esta última se encontró en las dos unidades de muestreo (Tabla 61).

Tabla 61. Abundancia y frecuencia de vasculares en Bosque de galería.

Tipo no vascular	Familia epífita	Especie epífita	Abundancia total	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Hábito
Bromelia	Bromeliaceae	<i>Pitcairnia echinata</i>	4	57,14	1	33,33	Terrestre
Orquídea	Orchidaceae	<i>Oeceoclades maculata</i>	3	42,86	2	66,67	Terrestre
Total			7	100	3	100	2

Fuente: Elaboración propia.

Curva de acumulación de Vasculares

Debido a la baja cantidad de especies encontradas en esta cobertura no es posible elaborar una curva de acumulación de especies.

Riqueza, abundancia y frecuencia de No Vasculares

La composición de especies no vasculares en veda registrada la cobertura Bosque de galería se presenta en la Tabla 62. En total se registró una riqueza de nueve especies, distribuidas en ocho familias y ocho géneros. Dos de las especies encontradas corresponden a hepáticas, tres son musgos y cuatro son líquenes.

Con respecto a la abundancia se encontró que las especies no vasculares ocupan una cobertura total de 12 371 cm². El sustrato donde se registró mayor presencia de especies no vasculares corresponde al epífita con 2776 cm², seguido del sustrato terrestre 7930 cm² con y del rupícola con 1665 cm². La especie más abundante fue el musgo *Fissidens angustifolius* ocupando una cobertura de 5500 cm² (44,4%), seguida por el musgo *Hyophyla involuta* con 2550 cm² (20,6%) y por la hepática *Lejeunea trinitensis*, cuya cobertura absoluta es de 1220 cm² (9,8%). De igual forma, las

especies más frecuentes fueron *Frullania ericoides*, *Lejeunea trinitensis* y *Cryptothecia striata* presentándose en cuatro de los nueve puntos de muestreo realizados (Tabla 62).

Tabla 62. Abundancia y frecuencia de no vasculares en Bosque de galería.

Tipo no vascular	Familia epífita	Especie epífita	Abundancia total	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Epífita	Rupícola	Terrestre
Hepática	Frullaniaceae	<i>Frullania ericoides</i>	625	5,05	4	12,90	X		
	Indeterminada	<i>Indeterminada sp. 3</i>	30	0,24	1	3,23			X
	Lejeuneaceae	<i>Lejeunea trinitensis</i>	1220	9,86	4	12,90	X	X	
Líquen	Arthoniaceae	<i>Cryptothecia striata</i>	460	3,72	4	12,90	X		
	Collembataceae	<i>Leptogium aff. chloromelum</i>	127	1,03	2	6,45	X		
	Graphidaceae	<i>Graphis aff. consimilis</i>	7	0,06	1	3,23	X		
		<i>Ocellularia sp. 1</i>	98	0,79	1	3,23	X		
	Pertusariaceae	<i>Pertusaria sp. 1</i>	340	2,75	2	6,45	X		
	Physciaceae	<i>Pyxine sp. 1</i>	100	0,81	1	3,23		X	
	Ramalinaceae	<i>Bacidia aff. beckausii</i>	9	0,07	1	3,23	X		
Musgo	Fabroniaceae	<i>Fabronia ciliaris</i>	390	3,15	2	6,45	X	X	
	Fissidentaceae	<i>Fissidens angustifolius</i>	5500	44,46	2	6,45		X	X
	Indeterminada	<i>Indeterminada sp. 4</i>	300	2,43	1	3,23		X	
	Pottiaceae	<i>Hyophyla involuta</i>	2550	20,61	2	6,45		X	X
	Stereophyllaceae	<i>Entodontopsis leucostega</i>	200	1,62	1	3,23		X	
	Thuidiaceae	<i>Pelekium involvens</i>	415	3,35	2	6,45		X	X
Total			12371	100,00	31	100,00	9	8	4

Fuente: Elaboración propia.

Curva de acumulación de No Vasculares

La curva de acumulación de especies se construyó a partir de los datos de abundancia registrados durante la fase de campo (Figura 62). Los estimadores empleados predicen una riqueza esperada de 16 especies, de modo que el muestreo realizado presenta el 100% de las especies esperadas (Tabla 63). Estos valores de riqueza sumados al comportamiento presentado por los estimadores Cole rarefaction, ACE, CHAO 1, singletons y doubletons, en el que la curva tiende a la asíntota, permiten inferir que el muestreo realizado es representativo, teniendo en cuenta los criterios de Cultid *et al.*, 2012 y Villareal *et al.*, 2006 quienes indican que porcentajes de representatividad $\geq 80\%$ y $\geq 85\%$ respectivamente, pueden ser considerados como indicadores de un muestreo representativo.

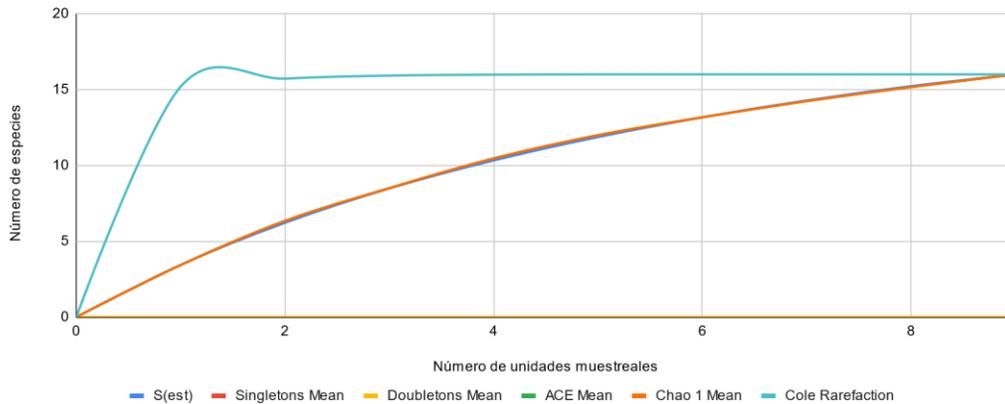


Figura 62. Curva de acumulación de especies no vasculares obtenida para el total de los muestreos realizados en Bosque de galería
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63. Riqueza estimada para los levantamientos de flora no vascular en veda en la cobertura de Bosque de galería

Estimador	Riqueza esperada	Representatividad (%)
S (est)	16	-
ACE Mean	16	100,0
Chao 1 Mean	16	100,0
Cole Rarefaction	16	100,0

Fuente: Elaboración propia.

Pastos arbolados.

Riqueza, abundancia y frecuencia de Vasculares

La composición de especies vasculares en veda registrada en la cobertura Pastos arbolados se presenta en la Tabla 64. En total se registró una riqueza de dos especies, distribuidas en dos familias y dos géneros. Una especie corresponde a una bromelia (terrestre) y la otra es una orquídea (terrestre).

Con respecto a la abundancia se encontró que las especies vasculares registraron un total de 15 individuos. La especie más abundante fue la bromelia *Pitcairnia echinata* con 12 individuos (80,0%), seguido por *Cyrtopodium sp.* con tres individuos (40,0%) Ambas especies se encontraron en una unidad de muestreo (Tabla 64).

Tabla 64. Abundancia y frecuencia de vasculares en Pastos arbolados.

Tipo no vascular	Familia epífita	Especie epífita	Abundancia total	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Hábito
Bromelia	Bromeliaceae	<i>Pitcairnia echinata</i>	12	80,00	1	25,00	Terrestre
Orquídea	Orchidaceae	<i>Cyrtopodium sp.</i>	3	20,00	2	50,00	Terrestre
Total			15	100	4	100	2

Fuente: Elaboración propia.

Curva de acumulación de Vasculares

Debido a la baja cantidad de especies encontradas en esta cobertura no es posible elaborar una curva de acumulación de especies.

Riqueza, abundancia y frecuencia de No Vasculares

La composición de especies no vasculares en veda registrada la cobertura Pastos arbolados se presenta en la Tabla 65. En total se registró una riqueza de 19 especies, distribuidas en 13 familias y 18 géneros. Una de las especies encontradas corresponde a hepáticas, dos son musgos y 16 son líquenes.

Con respecto a la abundancia se encontró que las especies no vasculares ocupan una cobertura total de 3878 cm². El sustrato donde se registró fue el epifito con 998 cm². La especie más abundante fue el líquen *Graphis aff. consimilis* ocupando una cobertura de 1150 cm² (29,6%), seguida de *Pyxine cocoes* con 650 cm² (16,7%). De igual forma, la especie más frecuente fue *Caloplaca flavovirescens*, presentándose en todos los puntos de muestreo realizados (Tabla 65).

Tabla 65. Abundancia y frecuencia de no vasculares en Pastos arbolados.

Tipo no vascular	Familia epífita	Especie epífita	Abundancia total	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Hábito
Hepática	Frullaniaceae	<i>Frullania ericoides</i>	50	1,29	1	5,26	Epífita
Liquen	Candelariaceae	<i>Candelaria concolor</i>	10	0,26	1	5,26	Epífita
	Chrysothricaceae	<i>Chrysothrix xanthina</i>	250	6,45	1	5,26	Epífita
	Collemataceae	<i>Leptogium aff. chloromelum</i>	15	0,39	1	5,26	Epífita
	Graphidaceae	<i>Glyphis cicatricosa</i>	10	0,26	1	5,26	Epífita
		<i>Graphis aff. consimilis</i>	1150	29,65	1	5,26	Epífita
	Lecanoraceae	<i>Lecanora caesiorubella</i>	450	11,60	1	5,26	Epífita
		<i>Lecanora tropica</i>	90	2,32	1	5,26	Epífita
	Megalosporaceae	<i>Megalospora tuberculosa</i>	35	0,90	1	5,26	Epífita
	Pertusariaceae	<i>Pertusaria sp. 1</i>	250	6,45	1	5,26	Epífita
	Physciaceae	<i>Buellia aff. conspirans</i>	25	0,64	1	5,26	Epífita
		<i>Physcia solediosa</i>	128	3,30	1	5,26	Epífita
		<i>Pyxine cocoes</i>	650	16,76	1	5,26	Epífita
	Ramalinaceae	<i>Bacidia aff. beckausii</i>	45	1,16	1	5,26	Epífita
		<i>Phyllopsora sp. 1</i>	169	4,36	1	5,26	Epífita
		<i>Ramalina complanata</i>	26	0,67	1	5,26	Epífita
	Teloschistaceae	<i>Caloplaca flavovirescens</i>	275	7,09	1	5,26	Epífita
Musgo	Fabroniaceae	<i>Fabronia ciliaris</i>	200	5,16	1	5,26	Epífita
	Pottiaceae	<i>Hyophyla involuta</i>	50	1,29	1	5,26	Epífita
Total			3878	100,00	19	100,00	19,00

Fuente: Elaboración propia.

Curva de acumulación de No Vasculares

La curva de acumulación de especies se construyó a partir de los datos de abundancia registrados durante la fase de campo (Figura 63). Los estimadores empleados predicen una riqueza esperada de 19 especies, de modo que el muestreo realizado presenta el 100% de las especies esperadas (Tabla 66). Estos valores de riqueza sumados al comportamiento presentado por los estimadores Cole rarefaction, ACE, CHAO 1, singletons y doubletons, en el que la curva tiende a la asíntota, permiten inferir que el muestreo realizado es representativo, teniendo en cuenta los criterios de Cultid *et al.*, 2012 y Villareal *et al.*, 2006 quienes indican que porcentajes de representatividad $\geq 80\%$ y $\geq 85\%$ respectivamente, pueden ser considerados como indicadores de un muestreo representativo.

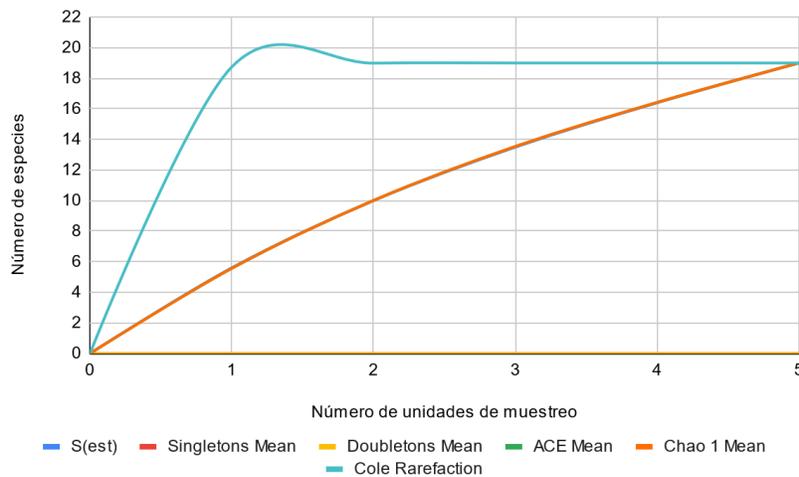


Figura 63. Curva de acumulación de especies no vasculares obtenida para el total de los muestreos realizados en Pastos arbolados

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66. Riqueza estimada para los levantamientos de flora no vascular en veda en la cobertura de Pastos arbolados

Estimador	Riqueza esperada	Representatividad (%)
S (est)	19	-
ACE Mean	19	100,0
Chao 1 Mean	19	100,0
Cole Rarefaction	19	100,0

Fuente: Elaboración propia.

Red vial y ferroviaria

Riqueza, abundancia y frecuencia de Vasculares

Para la cobertura (Red vial) solo hubo un registro de la especie *Bromelia karatas* de hábito terrestre. Por esta razón no es posible elaborar una curva de acumulación de especies.

Riqueza, abundancia y frecuencia de No Vasculares

La composición de especies no vasculares en veda registrada en la cobertura Red Vial se presenta en la Tabla 67. En total se registró una riqueza de cinco especies, distribuidas en cuatro familias y cinco géneros. Una de las especies encontradas corresponde a líquenes y cuatro son musgos. Con respecto a la abundancia se encontró que las especies no vasculares ocupan una cobertura total de 910 cm². El sustrato donde se registró fue el epifito con 660 cm². La especie más abundante fue el liquen *Hyophyla involuta* ocupando una cobertura de 290 cm² (31,8%), seguida de *Barbuda indica* con 250 cm² (27,4%). De igual forma, la especie más frecuente fue *Hyophyla involuta*, presentándose en dos puntos de muestreo realizados (Tabla 67).

Tabla 67. Abundancia y frecuencia de no vasculares en Red Vial.

Tipo no vascular	Familia epifita	Especie epifita	Abundancia total	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Epifita	Terrestre
Liquen	Physciaceae	<i>Physcia solediosa</i>	70	7,69	1	16,67	X	
Musgo	Entodontaceae	<i>Erythrodontium squarrosum</i>	200	21,98	1	16,67	X	
	Erpodiaceae	<i>Erpodium coronatum</i>	100	10,99	1	16,67	X	
	Pottiaceae	<i>Barbula indica</i>	250	27,47	1	16,67		X
		<i>Hyophyla involuta</i>	290	31,87	2	33,33	X	X
Total			910	100,00	6	100,00	4,00	2,00

Fuente: Elaboración propia.

Curva de acumulación de No Vasculares

Debido a la baja cantidad de especies encontradas en esta cobertura no es posible elaborar una curva de acumulación de especies.

Tierras desnudas y degradadas

Riqueza, abundancia y frecuencia de Vasculares

La composición de especies vasculares en veda registrada en la cobertura Tierras desnudas y degradadas se presenta en la Tabla 68. En total se registró una riqueza de dos especies, distribuidas en una familia y un género y son de hábito terrestre. Con respecto a la abundancia se encontró que las especies vasculares registraron un total de 16 individuos. La especie más abundante fue la bromelia *Pitcairnia megasepala* con 10 individuos (62,5%). Ambas especies se encontraron en una unidad de muestreo (Tabla 68.).

Tabla 68. Abundancia y frecuencia de vasculares en Tierras desnudas y degradadas

Tipo no vascular	Familia epifita	Especie epifita	Abundancia total	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Hábito
Bromelia	Bromeliaceae	<i>Pitcairnia echinata</i>	6	37,50	1	50,00	Terrestre
Bromelia	Bromeliaceae	<i>Pitcairnia megasepala</i>	10	62,50	1	50,00	Terrestre
Total			16	100	2	100	-

Fuente: Elaboración propia.

Curva de acumulación de Vasculares

Debido a la baja cantidad de especies encontradas en esta cobertura no es posible elaborar una curva de acumulación de especies.

Riqueza, abundancia y frecuencia de No Vasculares

La composición de especies no vasculares en veda registrada la cobertura Tierras desnudas y degradadas se presenta en la Tabla 69. En total se registró una riqueza de cuatro especies, distribuidas en cuatro familias y cuatro géneros. Una de las especies encontradas corresponde a líquenes, dos a hepáticas y un musgo. Con respecto a la abundancia se encontró que las especies no vasculares ocupan una cobertura total de 640 cm². La especie más abundante fue la hepática *Lejeunea trinitensis* ocupando una cobertura de 300 cm² (46,8%). Todas las especies registradas fueron encontradas en un punto de muestreo (Tabla 69).

Tabla 69. Abundancia y frecuencia de no vasculares en Tierras desnudas y degradadas

Tipo no vascular	Familia epífita	Especie epífita	Abundancia total	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)	Hábito
Hepática	Frullaniaceae	<i>Frullania ericoides</i>	100	15,63	1	100,00	Epífita
	Lejeuneaceae	<i>Lejeunea trinitensis</i>	300	46,88	1	100,00	Epífita
Liquen	Physciaceae	<i>Physcia solediosa</i>	230	35,94	1	100,00	Epífita
Musgo	Fabroniaceae	<i>Fabronia ciliaris</i>	10	1,56	1	100,00	Epífita
Total			640	100,00	1	400,00	4,00

Fuente: Elaboración propia.

Curva de acumulación de Vasculares

Debido a la baja cantidad de especies encontradas en esta cobertura no es posible elaborar una curva de acumulación de especies.

7.6. EMISIONES ATMOSFÉRICAS (AIRE Y RUIDO)

Por medio de la resolución 1859 del 26 de junio de 2018, Cortolima renovó permiso de emisiones atmosféricas otorgado mediante la resolución No. 2744 del 11 de julio de 2011, para la actividad de explotación, cargue y transporte de caliza en la mina La Esmeralda en el corregimiento de Payandé, municipio de San Luis, departamento del Tolima a favor de la sociedad CEMEX COLOMBIA S.A, por un término de cinco años¹³. Las fuentes que se tuvieron en cuenta en el permiso de emisiones atmosféricas corresponden a fuentes dispersas: extracción, explotación de material, erosión eólica, trituración, acopio de materiales; y fuentes lineales: tránsito vehicular pesado sobre vías destapadas internas.

Las instalaciones de apoyo minero (campamentos, talleres y beneficio de material) se encuentran instaladas y operando actualmente con los permisos correspondientes bajo el título minero 4205 del complejo minero de La Esmeralda (Resolución No. 00855 del 24 de julio de 2017 - Plan de Manejo Ambiental Título Minero 4205 - ANLA). Los sitios de disposición de material estéril propuestos se encuentran autorizados en la Resolución No. 00855 del 24 de julio de 2017. Así mismo, el beneficio del material explotado se va a dar en las trituradoras instaladas actualmente, las cuales ya tienen

¹³ Se resalta que el informe de modelación de calidad de aire presentado para la renovación del permiso de emisiones atmosféricas también se contempló un frente de extracción de puzolana.

permiso de emisiones atmosféricas vigente (resolución 1859 del 26 de junio de 2018) y los volúmenes de funcionamiento específicos de cada una no se incrementan.

No obstante, para el título 6823 se proyecta la solicitud del permiso de emisiones atmosféricas para fuentes fijas exclusivamente para el pit de explotación de caliza del proyecto. Este permiso está regido bajo el Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el Capítulo 1, Título 5, Parte 2, Libro 2, y en la Resolución 619 de 1997 del Ministerio de Medio Ambiente (hoy MADS). Como requisito técnico para la solicitud del permiso de emisiones, se elaboró el respectivo Formulario Único Nacional (FUN), el cual se presenta en el Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.020. En este mismo anexo se presentan los documentos legales de la empresa solicitante.

El modelo de calidad del aire, el inventario de emisiones atmosféricas y la caracterización de calidad del aire, se presentan y desarrollan en el Capítulo 5.1.8 Atmósfera y Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.038 Modelo de Dispersión. En el Plano CAP07-DRRN-LES6823-DRNA-005 se presenta la localización de cada una de las fuentes de emisión del proyecto.

De acuerdo con la estructura de los Términos de Referencia TdR-13 y como parte de la caracterización del área de influencia e insumo para la evaluación de impactos, a continuación se presenta la información relacionada con fuentes de generación de ruido y su modelación.

7.6.1. Fuentes de Generación de Ruido.

7.6.1.1. Inventario de fuentes potenciales y receptoras.

Para el inventario de fuentes de emisión se identificaron 8 fuentes fijas, en su gran mayoría fuentes puntuales asociadas a la planta de Caracolito.

Por otra parte, como fuentes móviles se identificó la maquinaria perteneciente al título 4205 la cual opera dentro del complejo minero y la maquinaria que opera dentro de las escombreras. Para un mayor detalle ver Capítulo 5.1. Medio Abiótico 6823 numeral 5.1.9.6.1. Inventario de fuentes de generación de ruido.

A continuación, se presentan las tablas con las fuentes de emisión identificadas. Ver Tabla 70 y Tabla 71.

Tabla 70. Inventario de fuentes de emisión visita técnica

Nombre fuente de emisión	Descripción	Coordenadas	
		X	Y
Trituradora primaria	Título 4205	4766394,22	2032979,8
Trituradora secundaria	Título 4205	4766349,35	2033034,1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71. Maquinaria Título 4205

Maquinaria	Descripción
Dumper Articulado 730 Caterpillar / Camión	Título 4205
Excavadora hidráulica 345C L Caterpillar	Título 4205

Maquinaria	Descripción
Bulldozer Caterpillar D6H	Título 4205
Motoniveladora 120H Caterpillar	Título 4205
Carrotanque International Workstar 7600 6x4	Título 4205
Trituradora	Título 4205

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 72. Maquinaria para el manejo estéril

Maquinaria	Descripción
Dumper Articulado 730 Caterpillar / Camion	Escombrera
Excavadora hidráulica 345C L Caterpillar	Escombrera
Bulldozer Caterpillar D6H	Escombrera
Motoniveladora 120H Caterpillar	Escombrera
Carrotanque International Workstar 7600 6x4	Escombrera

Fuente: Elaboración propia.

Para la definición de los puntos receptores, las modelaciones de ruido pretenden identificar como los radios de propagación acústica (isófonas), producto de las emisiones de las fuentes de ruido, pueden llegar a afectar las áreas circundantes al proyecto.

Es por esto, que dadas las características del proyecto es necesario identificar en campo los puntos en los cuales sea importante conocer con exactitud cómo estos receptores perciben las emisiones de las diferentes fuentes. De esta manera, el análisis no solo se limita a comparar los resultados con la norma para los usos del suelo, sino ser más contundentes con el análisis de resultados de las modelaciones respecto a los límites permisibles de puntos o sectores en específico.

Las áreas circundantes al proyecto presentan predominancia en la calificación del sector. Es decir, que el sector predominante es el sector B. Tranquilidad y ruido moderado. Es por esto que es muy importante aclarar que se debe ajustar las comparaciones con el sector predominante. Ver Tabla 73.

A continuación, se muestran los receptores que fueron ubicados en las áreas colindantes al proyecto, como también se muestra un mapa con su respectiva ubicación. Ver Tabla 73.

Tabla 73. Coordenadas de los receptores

Fuente Receptora	Coordenadas	
	Este	Norte
Institución Educativa San Miguel Payandé	4766710,314	2033405,358
Parque La Virgen Parte Alta	4766939,284	2033430,027
Centro de Salud Payandé Serafín Montaña Cuellar	4767177,949	2033241,744
Iglesia Santa Bárbara - Payandé	4767256,842	2033181,65

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Fuente Receptora	Coordenadas	
Coliseo Payandé	4767280,845	2033188,615
Parque Principal Payandé	4767282,809	2033163,619
I.E. San Miguel (escuela)	4767323,816	2033176,557
Ancianato Hogar de Vida San Martín	4767322,812	2033173,56
Casa Cultural Payandé	4767210,765	2033117,734
Cementerio Payandé	4767680,344	2032915,13
Cancha de Fútbol	4767537,652	2032394,481
Club Campestre y Recreacional Chicalá	4767405,311	2032835,54
Estación Policía Payandé	4767408,333	2032851,532
Centro de Desarrollo Infantil Mi Bohío 2	4767071,911	2033192,908
Cancha Barrio Santa Bárbara	4767264,049	2033329,598
Servicio de Piscinas	4766980,093	2033303,006

Fuente: Elaboración propia.

7.6.1.2. Aforo vehicular

Se realizó la medición de dos vías en 3 puntos de aforo vehicular con el fin de conocer el flujo de vehículos en las fuentes de emisión lineales. La primera vía corresponde a la conexión del corregimiento Payandé con la mina La Esmeralda, en esta se ubicaron dos puntos de medición: el primero en la entrada de la mina por el sur este y el segundo en la entrada de la mina en el noroeste (municipio de Payandé). La segunda vía se ubica en la cabecera municipal del corregimiento Payandé, corresponde a la vía San Luis-Guamo, en el punto conocido como la Virgen. Esta intersección es el punto de salida del corregimiento hacia el puente Payandé que hace la conexión con el municipio de Ibagué. Ver Tabla 74 y Figura 64.

Tabla 74. Ubicación de puntos de aforo

Vía	Punto de aforo	Coordenadas origen único nacional	
		Este	Norte
Mina -Payandé	Punto 1a – Entrada Mina Payandé	4766724,46	2033509,31
	Punto 1b – Paso Mular		

Vía	Punto de aforo	Coordenadas origen único nacional	
San Luis - Guamo	Punto 2 – Entrada Payandé (La Virgen)	4767102,29	2033465,79

Fuente: Elaboración propia.

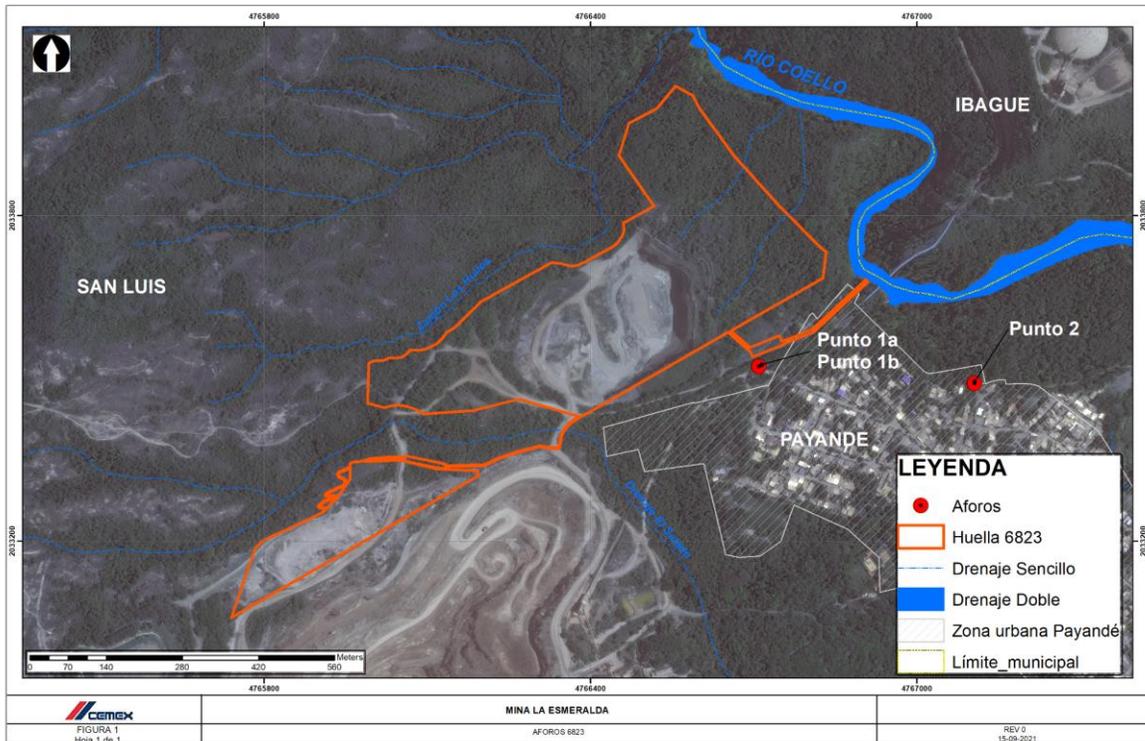


Figura 64. Ubicación de aforos vehiculares

Fuente: Elaboración propia.

El aforo se realizó en jornadas continuas de 24 horas para un día hábil correspondiente al día 7 de octubre del 2020 empezando a las 2 pm y finalizando a las 2 pm del día 8 de octubre del 2020. Asimismo, se realizó el aforo para un día festivo correspondiente al día 11 de octubre comenzando a las cero horas.

Este aforo se realizó por medio de conteo de vehículos los cuales se discretizó en vehículos livianos y pesados. Los vehículos livianos se componen por motos, automóviles, camionetas y microbuses. Los vehículos pesados se conforman por camiones de dos ejes pequeños (C2P), camiones de 2 ejes grandes (C2G), camiones de tres ejes (C3), camiones de cuatro ejes (C4) y camiones de cinco ejes (C5).

Finalmente, se discretizó el conteo de las motos según su motor, es decir de dos tiempos y de cuatro tiempos, como también los automóviles y camionetas según su combustible diésel o gasolina

Por otra parte, la vía aforada en el punto 1 se caracteriza por ser una vía en material granular más conocida como una vía destapada, donde sus números de carriles se reduce a uno ya que es una vía terciaria.

Para mayor detalle ver el numeral 7.6.1.2. Aforo vehicular

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

A continuación se presentan los resultados de los aforos. Ver Tabla 75, Tabla 76, Tabla 77 y Tabla 78.

Tabla 75. Resultados día hábil, vía 1

Punto de muestreo	Punto 1a Entrada Mina Payandé						Punto 1b Paso Mular						Total	
	7 de octubre 2020						7 de octubre 2020							
	14:00 - 22:00		22:00 - 06:00		06:00 - 14:00		14:00 - 22:00		22:00 - 06:00		06:00 - 14:00			
Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	
A - Automóviles camionetas y microbuses	9	16	5	6	31	24							45	46
B - Buses					1	1							1	1
E - Buses especiales													0	0
C2G - Camión de 2 ejes pequeño	2	2			1								3	2
C2G - Camión de 2 ejes grande	2	2			1	1							3	3
C3 - Camión de 3 ejes													0	0
C4 - Camión de 4 ejes	1												1	0
C5 - Camión de 5 ejes		1				1							0	2
Bicicletas		5	1	2	2		7	7					10	14
Motos	28	17	12	9	29	12	48	89	4		98	50	219	177
Otros														

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 76. Resultados día no hábil, vía 1

Punto de muestreo	Punto 1a Entrada Mina Payandé						Punto 1b Paso Mular						Total	
	7 de octubre 2020						7 de octubre 2020							
	14:00 - 22:00		22:00 - 06:00		06:00 - 14:00		14:00 - 22:00		22:00 - 06:00		06:00 - 14:00			
Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	
A - Automóviles camionetas y microbuses	15	7	7	7	14	19							36	33
B - Buses			1	1									1	1

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Punto de muestreo	Punto 1a Entrada Mina Payandé						Punto 1b Paso Mular						Total	
	7 de octubre 2020													
	14:00 - 22:00		22:00 - 06:00		06:00 - 14:00		14:00 - 22:00		22:00 - 06:00		06:00 - 14:00			
E - Buses especiales					2	2							2	2
C2G - Camión de 2 ejes pequeño													0	0
C2G - Camión de 2 ejes grande													0	0
C3 - Camión de 3 ejes													0	0
C4- Camión de 4 ejes													0	0
C5- Camión de 5 ejes													0	0
Bicicletas	3				3		1		6	7	3	4	16	11
Motos	10	5	14	8	42		40	12	70	70	42	68	218	163
Otros													9	15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77. Resultados día hábil, vía 2

Punto de muestreo	Punto 2 La virgen entrada a Payandé						Total	
	7 de octubre 2020							
	14:00 - 22:00		22:00 - 06:00		06:00 - 14:00			
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
A - Automóviles camionetas y microbuses	351	320	31	37	394	299	776	656
B - Buses	9	10					9	10
E - Buses especiales								
C2G - Camión de 2 ejes pequeño	40	19	6	4	24	30	70	53
C2G - Camión de 2 ejes grande	14	13	4	6	45	46	63	65
C3 - Camión de 3 ejes	8	7		4	20	23	28	34
C4- Camión de 4 ejes					2		2	0
C5- Camión de 5 ejes	7	20			1	3	8	23

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Punto de muestreo	Punto 2 La virgen entrada a Payandé						Total	
	Fecha							
	7 de octubre 2020							
Hora	14:00 - 22:00		22:00 - 06:00		06:00 - 14:00			
Bicicletas	6				20	19	26	19
Motos	275	222	31	40	256	278	562	540
Otros							1	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78. Resultados día no hábil, vía 2

Punto de muestreo	Punto 2 La virgen entrada a Payandé						Total	
	Fecha							
	12 de octubre 2020							
Hora	00:00 - 08:00		08:00 - 16:00		16:00 - 00:00			
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
A - Automóviles camionetas y microbuses	95	60	1470	243	184	1006	1749	1309
B - Buses	6	4	19	4	6	5	31	13
E - Buses especiales			2	2	3	2	5	4
C2G - Camión de 2 ejes pequeño	5	4	17	4	1	7	23	15
C2G - Camión de 2 ejes grande	5	9	8	2		5	13	16
C3 - Camión de 3 ejes							0	0
C4 - Camión de 4 ejes							0	0
C5 - Camión de 5 ejes							0	0
Bicicletas	114	22	54	65	2	5	170	92
Motos	98	73	873	155	127	576	1098	804
Otros			2				2	

Fuente: Elaboración propia.

7.6.1.3. Modelo de ruido.

Los mapas de ruido resultantes de las modelaciones de un proyecto en el cual interactúan ambientes sonoros dependen de características tales como la topográfica, el tipo de suelo, densidad de edificaciones, densidad de cobertura vegetal (bosques), el tipo de fuentes de emisión y sus respectivas potencias acústicas. Estas características físicas pueden absorber, dependiendo de su material y densidad, más o menos ruido y de esta manera, reducir la propagación del sonido. Construcciones como edificios, casas, hangares y coberturas vegetales como bosques y montañas, pueden actuar como barreras acústicas naturales contribuyendo con la atenuación del ruido.

Entonces, con base a toda la información anteriormente descrita y acogiéndose a las normativas y estándares regidos por la propagación de los niveles en ambientes exteriores (absorción atmosférica, efectos de la divergencia geométrica, condiciones del terreno, la reflexión de los medios de propagación y la difracción) a continuación, se muestra la descripción de los escenarios de modelación, la pre-configuración que se empleó para la modelación de la propagación de ruido de cada escenario, los métodos de cálculo y los resultados de cada modelación. En el Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.009 se adjuntan los archivos de entrada y salida del modelo desarrollado.

En una primera instancia, para la modelación de ruido en la zona donde se llevará a cabo La Modificación Licencia Ambiental Mina La Esmeralda Título 6823 se planteó cuatro modelaciones definidas por el escenario Actual sin proyecto, futuro con proyecto sin medidas de control, futuro con proyecto con medidas de control y futuro con proyecto voladuras.

7.6.1.4. Metodología.

La metodología general para el desarrollo de los modelos se realizó bajo los siguientes procedimientos:

- Configuración general del proyecto.
 - Carretera: NMPB 2008
 - Industria ISO 9613-2: 1996
 - Evaluación Resolución 0627
- Periodos: 7-21; 21-7
- Creación y cálculo del modelo digital del terreno (MDT).
- Aforos vehiculares discretizado en periodo diurno (7-21) y nocturno (21-7)
- Introducción de fuentes de ruido (Fuentes móviles de ruido).
- Introducción y cálculo de niveles de ruido en puntos receptores.
- Cálculo del Mapa Acústico Reticulado.
- Generación de salidas gráficas

La base de entrada para el cálculo de los modelos se configura mediante la compilación de la siguiente información:

- Cartografía digital del área de análisis: Curvas de nivel, ubicación de fuentes, receptores, vías existentes, edificaciones con atributo de altura, absorción del terreno, Zonas boscosas,
- Características de fuentes móviles: Aforos vehiculares, distribución de vehículos en livianos y pesados, velocidades de circulación, número de carriles, ancho de banda, dirección, longitud del tramo (Plano/ Ascendente/Descendente), tipo de superficie, entre otros.
- Ubicación de receptores. Edificaciones, usos de suelo, receptores de interés, entre otros.
- Velocidades promedio: Km/h
- Número de carriles
- Ancho de la vía: promedio de cuatro m
- Tipo de superficie: terreno destapado/Superficie porosa

7.6.1.4.1. Software para el modelo ruido

El software utilizado para la simulación acústica es SOUNDPLAN® 8.1, el cual permite el cálculo, evaluación y predicción de niveles de ruido ambiental sobre las áreas de análisis. Este software incluye dentro de sus módulos de cálculo, reconocidos métodos para propagación de ruido en exteriores e industria, como lo son familia de normativas ISO 9613 y métodos para propagación de fuentes móviles, RLS-90(Alemania); SP-48, SP-96 (Países Nórdicos); NMPB-ROUTES-2008 (Francia), en cumplimiento con los requerimientos y especificaciones establecidos en la Resolución 0627 de 2006. Ver Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.009 Modelo de ruido.

7.6.1.4.1.1. Método fuentes móviles de ruido

Los métodos de cálculo del ruido en ambientes exteriores corresponden a la aplicación de las siguientes normativas de uso internacional para el cálculo de la propagación acústica para fuentes fijas y móviles en espacios exteriores.

NMPB Routes: Estándar francés para la predicción del ruido sobre ejes viales.

El método francés para la predicción del ruido sobre ejes viales permite la definición de las emisiones de ruido del tráfico vial, a partir de los términos la contribución de la unidad de potencia o motor del vehículo y la contribución del ruido de rodadura. El componente motor depende de la velocidad, la aceleración y la pendiente de la carretera. Para vehículos ligeros (LV) su contribución se calcula como:

$$L (m w/m, LV) (v) = L (LV) (90) + b. \log(v/90) \tag{Ecuación 16.}$$

Fuente: Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health, and Policy - Enda Murphy Eoin King, 2014.

Dónde: LLV (90) y b son diferentes según velocidad constante, acelerada o desacelerada, para vehículos pesados (HV) se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$L (m w/m, HV) (v) = L (HV) (80) + b. \log(v/80) \tag{Ecuación 17.}$$

Fuente: Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health, and Policy - Enda Murphy Eoin King, 2014.

Dónde: LHV (80) y b son diferentes según velocidad constante, acelerada o desacelerada, la componente de rodadura (Lr w/m) depende de la velocidad del vehículo y del tipo de superficie de la carretera. Las superficies se clasifican en 3 tipos (R1, R2, R3) según las características del asfalto. La siguiente tabla muestra las ecuaciones para el cálculo del nivel sonoro debido al componente de rodadura en función de la velocidad del vehículo. Ver Tabla 79.

Tabla 79. Cálculo de emisión Media debido al Componente Rodadura.

Tipo de superficie	L (r,LV)	L (r,Hv)
R1	53,4+21log (v/90)	61,5+20log (v/80)
R2	55,4+20.1log (v/90)	63,3+20log (v/80)
R3	53,7+21.4log (v/90)	64,4+20log (v/80)

Fuente: Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health, and Policy - Enda Murphy Eoin King, 2014.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

La propagación del ruido en espacios exteriores para fuentes puntuales, presentan el comportamiento descrito en las normativas internacionales: ISO 9613-1:1993 – Acústica: Atenuación del sonido en espacios exteriores – Parte 1: Cálculo de la absorción del sonido por la atmósfera e ISO 9613-2:1996 Acústica: Atenuación del sonido en espacios exteriores – Parte 2: Método general de cálculo.

El cálculo de la propagación de ruido hacia puntos receptores en condiciones de propagación homogénea se realiza de manera separada y tiene en cuenta la suma de las condiciones de atenuación existentes en la trayectoria fuente/receptor de acuerdo a la siguiente expresión:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

Ecuación 18.

Fuente: ISO 9613-2:1996 Acústica: Atenuación del sonido en espacios exteriores – Parte 2: Método general de cálculo.

Donde:

A_{div} = atenuación debido a la divergencia geométrica.

A_{atm} = atenuación debido a la absorción atmosférica.

A_{gr} = atenuación por efecto del suelo.

A_{bar} = atenuación por efecto de barreras.

A_{misc} = atenuación por otros efectos similares.

Las condiciones y parámetros incluidos en el método de cálculo del modelo, bajo la normativa ISO 9613, se presentan a continuación:

A continuación, en la Tabla 80 se presentan las ecuaciones utilizadas en el cálculo de dispersión.

Tabla 80. Ecuaciones utilizadas en el cálculo de dispersión

Nombre	Fórmula
Divergencia geométrica (A _{div})	$A_{div} = 20 * \log(d/d_0) + 11$
Absorción atmosférica (A _{atm})	$A_{atm} = ad/1000$
Efecto del suelo (A _{gr})	$A_{gr} = A_s + A_r + A_m$ Cuando el sonido no es un tono puro. En estos casos la atenuación podría ser calculada mediante la ecuación: $A_{gr} = 4.8 - (2hm/100)[10 + (300/d)]$ > 0
Apantallamiento (A _{bar})	$A_{bar} = Dz - A_{gr} > 0$ $A_{atm} = Dz > 0$
Reflexiones	El valor del coeficiente de reflexiones irá en función del objeto que produzca el apantallamiento, el cual puede variar entre diferentes absorciones según la constitución

Nombre	Fórmula
	mecánica de dicho material

Fuente: ISO 9613-2:1996 Acústica: Atenuación del sonido en espacios exteriores – Parte 2: Método general de cálculo.

Tabla 81. Condiciones de atenuación del sonido en el espacio libre ISO 9613-2

Propiedad de atenuación	Propiedad de atenuación
P1 – Divergencia geométrica	Diferencia máx. GND + Difracción 1,0 dB
P2 – Absorción atmosférica	ISO 9613-1 a 20 °C; Presión atmosférica 1013,3 mbar
P3 – Perfil del terreno	Plano medio del perfil del terreno
P4 – Efecto del suelo	Función de coeficiente G adimensional del terreno
P5 – Reflexiones	Consideradas en efecto del suelo
P6 – Difracciones	Dependiente de la longitud de onda y la diferencia de trayectorias
P7 – Condición meteorológica	Homogénea, ISO 9613-1 a 20 °C y 70% humedad; Presión atmosférica 1013,3 mbar

Fuente: ISO 9613-1:1993 – Acústica: Atenuación del sonido en espacios exteriores – Parte 1: Cálculo de la absorción del sonido por la atmósfera.

7.6.1.4.1.2. Configuraciones para el modelo

Las normativas y estándares de cálculo para la propagación acústica de las fuentes fijas y móviles son basadas en cálculos a partir de la información referente a la emisión de ruido de las fuentes, así como las propiedades de la propagación de los niveles en ambientes exteriores (efectos de la divergencia geométrica, absorción atmosférica, condiciones del terreno, la difracción y la reflexión de los medios de propagación). La Tabla 82, se presenta la configuración general para el desarrollo de los modelos:

Tabla 82. Configuración de Cálculo

Ítem	Descripción
Estándares Internacionales utilizados para la simulación de fuentes fijas e industriales	ISO 9613-1:1993 Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere ISO 9613-2:1996 Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 2: General method of calculation
Estándares Internacionales utilizados para la simulación vial	NMPB Routes-2008: para Vías
Orden de reflexión	El orden de reflexión 1.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Ítem	Descripción
Método de cálculo utilizado	RayTracing
Factor de absorción de terreno	0,5 (suelo mixto)
Máximo error permitido	Cero (0)
Periodos de referencia	Diurno/Nocturno
Días de referencia	Hábil y No hábil
Modelo digital de terreno	Modo triangulación
Radio de búsqueda de fuentes	2800 m. Esta condición permitió que cada receptor estime los posibles aportes de fuentes de emisión de ruido a una distancia de 0,5 km
Grilla simétrica de receptores	Malla de 9 x 9
Características de las vías	Carriles únicos, con flujos promedios continuo, en superficie destapada/Porosa Y pavimentada
Altura de cálculo de los modelos	4 m

Fuentes: Elaboración propia.

- Escenario Actual sin proyecto

Para el escenario Actual sin proyecto se modeló la operación actual de la mina 4502 donde se contempló las actividades de transformación de material (Trituradora primaria y secundaria), el acarreo de material dentro de la mina y las actividades de disposición de material estéril (Escombrera).

Para cada fuente de emisión (maquinaria) se hizo una homologación de las potencias acústicas con la biblioteca de emisión del Software SOUNDPLAN 8.1. Ver Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.009 Modelo de ruido.

A continuación, en la Tabla 83 se presenta la maquinaria empleada en la modelación del escenario Actual sin proyecto sin medidas de control según el frente de trabajo.

Tabla 83. Maquinaria Título 4205

Maquinaria	Cantidad	Lugar de operación
Dumper Articulado 730 Caterpillar / Camión	4	Título 4205
Excavadora hidráulica 345C L Caterpillar	3	Título 4205
Bulldozer Caterpillar D6H	1	Título 4205
Motoniveladora 120H Caterpillar	1	Título 4205
Carrotanque International Workstar 7600 6x4	1	Título 4205
Trituradora	2	Título 4205

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 84. Maquinaria para el manejo estéril

Maquinaria	Cantidad	Lugar de operación
------------	----------	--------------------

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Dumper Articulado 730 Caterpillar / Camión	3	Escombrera
Excavadora hidráulica 345C L Caterpillar	1	Escombrera
Bulldozer Caterpillar D6H	1	Escombrera
Motoniveladora 120H Caterpillar	1	Escombrera
Carrotanque International Workstar 7600 6x4	1	Escombrera

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, para el aforo de la vías internas y externas de la mina se tuvo en cuenta la información establecida en informe ...CEMEX Colombia (2019). Modelo de dispersión mina de caliza la esmeralda.

Tabla 85. Aforo (TPD) vías externas

Tipo de vehículo	Cantidad de vehículos	
	Vía Mina-Payandé	Vía San Luis Guamo
A - Automóviles camionetas y microbuses	91	1432
B - Buses	2	19
E - Buses especiales	0	0
C2G - Camión de 2 ejes pequeño	5	123
C2G - Camión de 2 ejes grande	6	128
C3 - Camión de 3 ejes	0	62
C4- Camión de 4 ejes	1	2
C5- Camión de 5 ejes	2	31
Motos	396	1102

Fuente: Elaboración propia.

- Escenario de Operación sin y con medidas de control

Por otra parte, la maquinaria empleada en la modelación del escenario de Operación sin y con medidas de control contempló la operación actual de la mina 4502, las actividades de transformación de material (Trituradora primaria y secundaria), el acarreo de material dentro de la mina, las actividades de disposición de material estéril (Escombrera) y las actividades de operación en Título 6823.

A continuación, en la Tabla 86 y Tabla 87 se presenta la maquinaria empleada en la modelación para el escenario de Operación sin y con medidas de control.

Tabla 86. Maquinaria Título 4205

Maquinaria	Cantidad	Lugar de operación
------------	----------	--------------------

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Dumper Articulado 730 Caterpillar / Camión	4	Título 4205
Excavadora hidráulica 345C L Caterpillar	3	Título 4205
Bulldozer Caterpillar D6H	1	Título 4205
Motoniveladora 120H Caterpillar	1	Título 4205
Carrotanque International Workstar 7600 6x4	1	Título 4205
Trituradora	2	Título 4205

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 87. Maquinaria Título 6823

Maquinaria	Cantidad	Lugar de operación
Dumper Articulado 730 Caterpillar / Camión	4	Título 745
Excavadora hidráulica 345C L Caterpillar	2	Título 745
Bulldozer Caterpillar D6H	1	Título 745
Motoniveladora 120H Caterpillar	1	Título 745
Carrotanque International Workstar 7600 6x4	1	Título 745

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 88. Maquinaria para el manejo estéril

Maquinaria	Cantidad	Lugar de operación
Dumper Articulado 730 Caterpillar / Camión	3	Escombrera
Excavadora hidráulica 345C L Caterpillar	1	Escombrera
Bulldozer Caterpillar D6H	1	Escombrera
Motoniveladora 120H Caterpillar	1	Escombrera
Carrotanque International Workstar 7600 6x4	1	Escombrera

Fuente: Elaboración propia.

- Escenario de Operación voladura Título 4205

Finalmente, para el escenario de Operación de la voladura, se modeló las voladuras llevadas a cabo en el Título 4502. Para esto, se empleó la configuración de la voladura con mayor cercanía a la población de Payandé. Esta voladura hacer referencia a la voladura C780 la cual se encuentra representada en el informe de voladuras del 26 de enero de 2017 (ANÁLISIS Y MONITOREO DE VOLADURAS CONTRATO DE CONCESIÓN 8-4205) llevado a cabo por CEMEX COLOMBIA. Ver Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.009 Modelo de ruido. Cabe mencionar que, el Título 4502 no hace parte del análisis de la Licencia de modificación del título 6823 sin embargo, este Título (4502) se contempla como ruido acumulativo dentro del análisis debido a que este genera un aporte en los niveles de ruido ambiental.

Este escenario se modeló de manera independiente, donde las únicas fuentes de emisión de ruido estuvieron representadas por la operación normal de las trituradoras, la emisión de la voladura y el paso vehicular de las vías alledañas al proyecto.

A continuación, en la Figura 65 se presenta el esquema de la voladura C780.

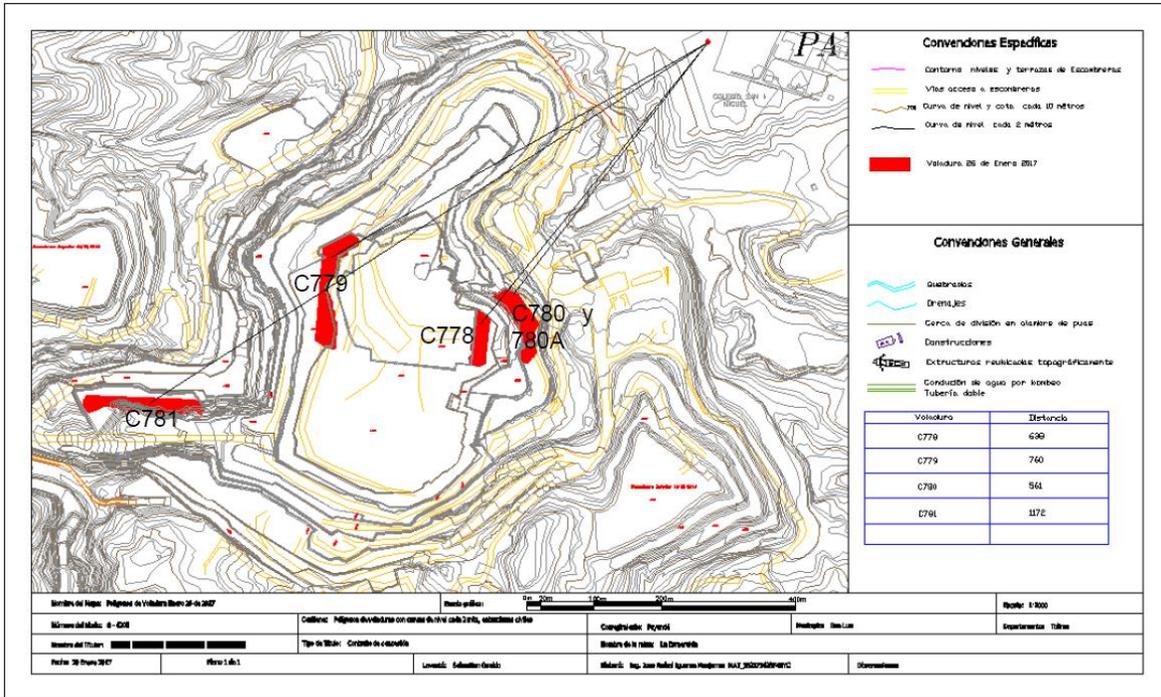


Figura 65. Ubicación áreas de voladura
Fuente: Elaboración propia.

7.6.1.5. Meteorología.

7.6.1.5.1. Temperatura

La temperatura establecida en el modelo fue la temperatura media la cual fue obtenida con los registros de las estaciones Aeropuerto Perales y Chicoral. La estación Aeropuerto Perales cuenta con un periodo de registro de 1977 a 2017 exceptuando los años 1979, 2014 y 2015, mientras que la estación Chicoral cuenta con registros de 1977 a 2017 exceptuando los años 2014 y 2015. Para la estación Aeropuerto Perales la temperatura media registrada es de 24,01 °C y para la estación Chicoral la temperatura media registrada es de 27,32 °C. Para mayor detalle ver Capítulo 5.1. medio Abiótico 6823 numeral 5.1.9.4.2. Metodología.

7.6.1.5.2. Humedad relativa

La humedad relativa establecida en el modelo fue la humedad relativa media mensual la cual fue obtenida con los registros de las estaciones Aeropuerto Perales y Chicoral. La humedad relativa media mensual multianual, de acuerdo con la información disponible en la estación Aeropuerto Perales es de 76,76% en promedio. La humedad relativa media mensual multianual, de acuerdo con la información disponible en las estaciones Chicoral es del 71,63% en promedio. Para mayor detalle ver Capítulo 5.1. medio Abiótico 6823 numeral 5.1.9.4.2. Metodología donde se establece el numeral con los lineamientos para la Meteorología.

7.6.1.5.3. Presión atmosférica

Debido a que no se tienen registros de este parámetro en las estaciones cercanas a la zona del proyecto, la presión atmosférica se estimó a partir de la relación que existe entre la temperatura media y la elevación en el sitio de las estaciones Aeropuerto Perales y Chicoral. Para mayor detalle ver Capítulo 5.1. medio Abiótico 6823 numeral 5.1.9.4.2. Metodología donde se establece el numeral con los lineamientos para la Meteorología.

Los resultados de presión atmosférica estimada se presentan en la Tabla 89.

Tabla 89. Presión atmosférica estimada para las estaciones climatológicas.

Estación	Temperatura Media (°C)	Temperatura Media (K)	Elevación (msnm)	Presión Atmosférica (mm Hg)
Aeropuerto Perales	24,01	297,01	928	683,6
Chicoral	27,32	300,32	475	720,3

Fuente: Elaboración propia.

7.6.1.5.4. Viento

La velocidad del viento media mensual multianual, de acuerdo con la información disponible en la estación Aeropuerto Perales es de 2,04 m/s.

Para la caracterización de velocidad y dirección de los vientos se elaboraron las tablas de frecuencia de velocidad de acuerdo con la escala de Beaufort y de dirección, ver Capítulo 5.1. medio Abiótico 6823 numeral 5.1.9.4.2. Metodología, donde se establece el numeral con los lineamientos para la Meteorología, a partir de registros horarios de la estación Aeropuerto Perales, para el periodo 2002-2019.

Con esta información se elaboraron las rosas de vientos diurnas (entre las 6 a.m. y las 5 p.m.) y nocturnas (entre las 6 p.m. y las 5 a.m.) de la estación Aeropuerto Perales para el periodo de información horaria disponible (2002-2019), como se presenta en el Capítulo 5.1. medio Abiótico 6823 numeral 5.1.9.4.2. Metodología.

De lo anterior se observa que los vientos predominantes provienen del sur y sureste durante el día con frecuencias del 19,1% y 20,4% respectivamente y del oeste y el norte durante la noche con frecuencias de 26,4% y 18,3% respectivamente. Las velocidades medias registradas son en su mayoría menores a 5,4 m/s y las clasificaciones de los vientos que más se presentan son ventolina (0,2-1,5 m/s) y viento ligero (1,5-3,3 m/s) tanto en el día como en la noche.

7.6.1.6. Topografía (Modelo digital de elevación de terreno).

El modelo digital de terreno se obtuvo bajo el cálculo geométrico del modelo digital de terreno del Software SOUNDPLAN 8.1. Este se obtuvo por medio de las curvas de elevación asociadas al proyecto y el DEM de Colombia. En el Anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.009 Modelo de ruido.

A continuación, se presenta una figura del modelo digital de terreno resultante del cálculo geométrico de las curvas de elevación asociadas al proyecto.

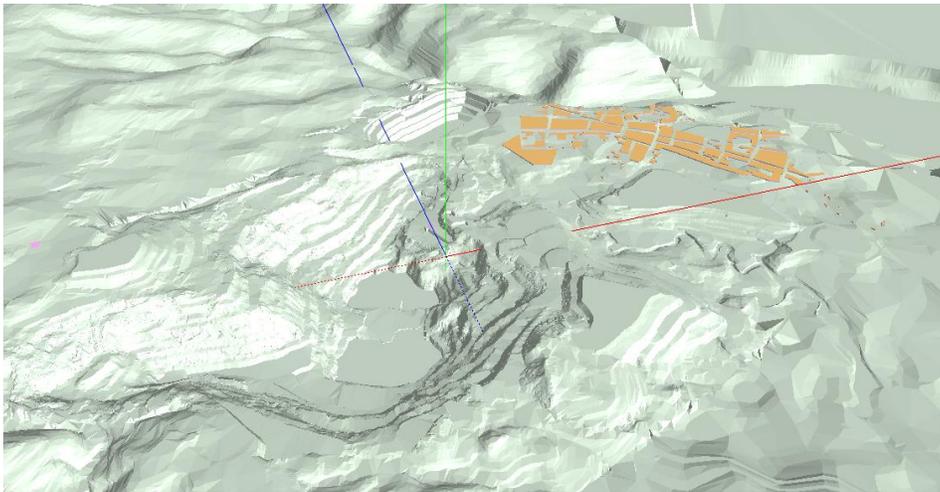


Figura 66. Modelo digital de terreno Mina La Esmeralda
Fuente: Elaboración propia.

7.6.1.7. Resultados.

Los mapas de ruido producidos por las interacciones de las fuentes de emisión respecto a las características de su entorno muestran la propagación de ruido sobre las zonas colindantes a las fuentes de emisión.

Estas modelaciones dan a conocer los contornos de las isófonas que representan el comportamiento espectral de las diferentes fuentes de emisión.

Los resultados de cada una de las modelaciones nos permiten hacer comparaciones respecto a la norma establecida por la Resolución 0627 del 2006 del MAVDT (Hoy Ministerio de Ambiente), y de esta manera poder analizar si hay o no cumplimiento de los límites permisibles de emisión de ruido y ruido ambiental según el uso del suelo.

Por otra parte, los resultados obtenidos muestran los niveles de ruido bajo un escenario actual Línea base, en el cual se establece el aporte de ruido del paso vehicular sobre las vías colindantes al proyecto y la operación actual de la mina 4205. Asimismo, proyecta los niveles de ruido que se generarían por las actividades que se llevarán a cabo durante la operación del título 6823.

A continuación, en los siguientes numerales se muestran los resultados de las modelaciones para los niveles de ruido ambiental calculados para cada uno de los escenarios.

7.6.1.7.1. Escenario Actual sin proyecto

En primer lugar, se presentan los mapas de ruido resultantes de la modelación del escenario Actual sin proyecto para el periodo diurno y nocturno vista 3D y vista superior. Ver Figura 67, Figura 68, Figura 69 y Figura 70

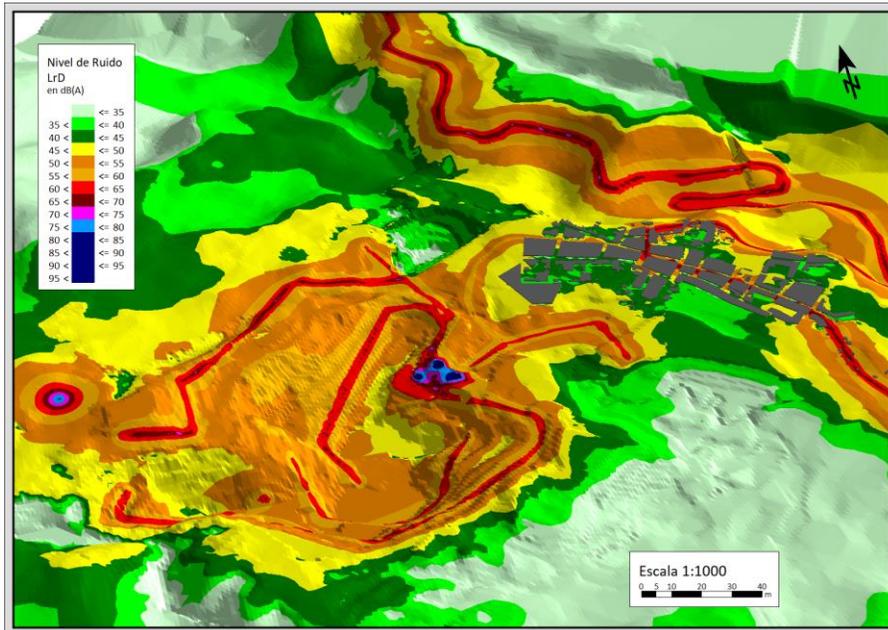


Figura 67. Mapa de ruido vista 3D Actual sin proyecto periodo diurno
Fuente: Elaboración propia.

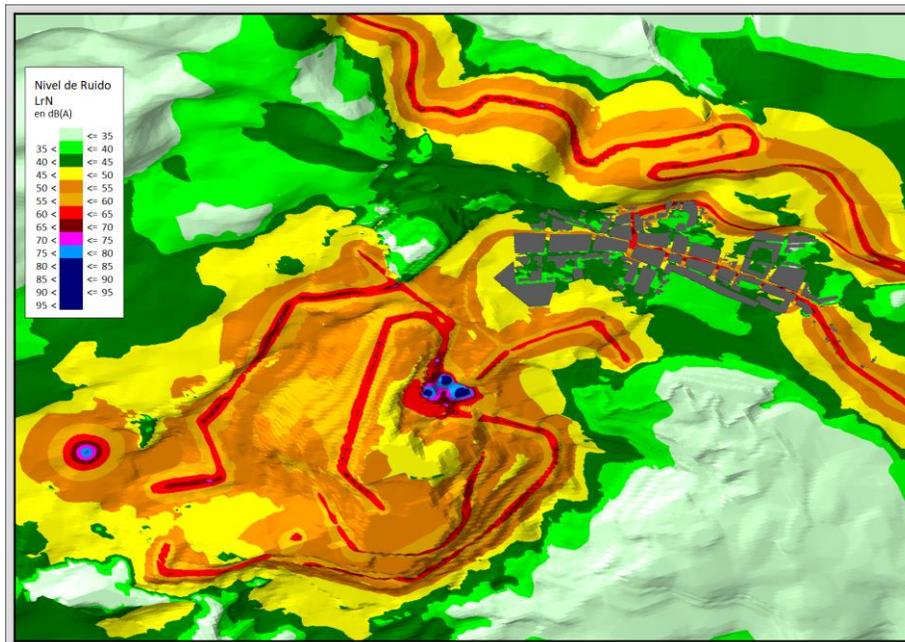


Figura 68. Mapa de ruido vista 3D Actual sin proyecto periodo nocturno
Fuente: Elaboración propia.

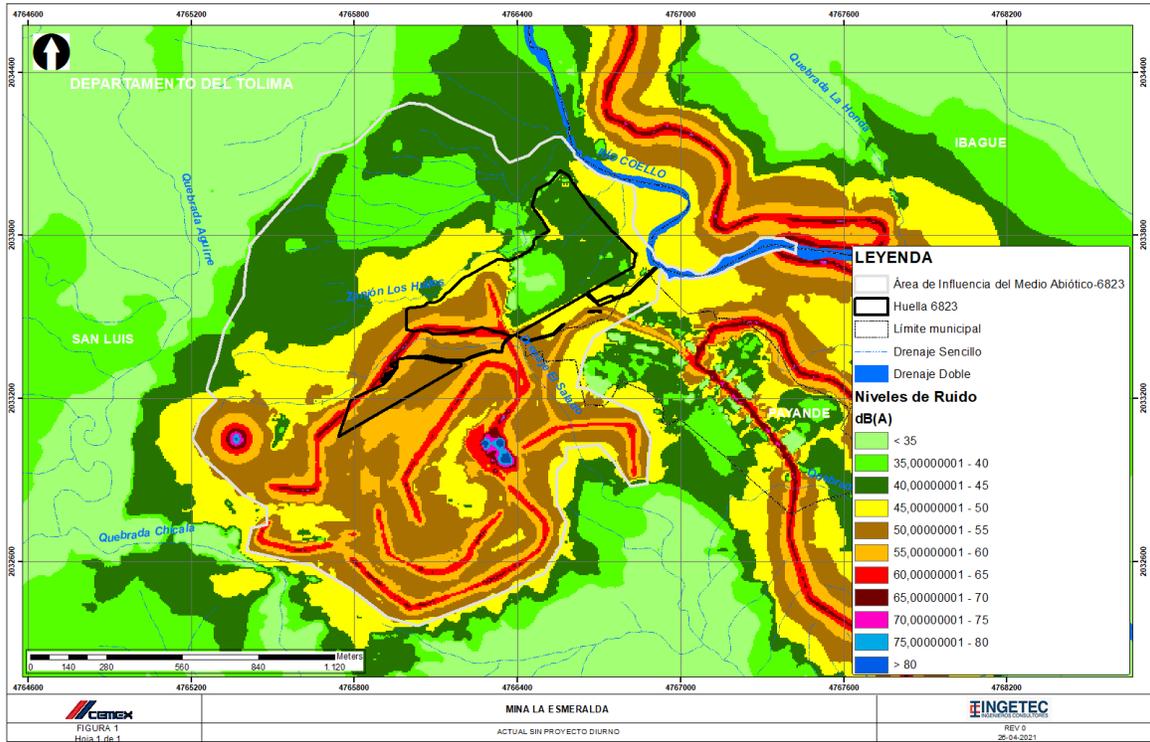


Figura 69. Mapa de ruido Actual sin proyecto periodo diurno
Fuente: Elaboración propia.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

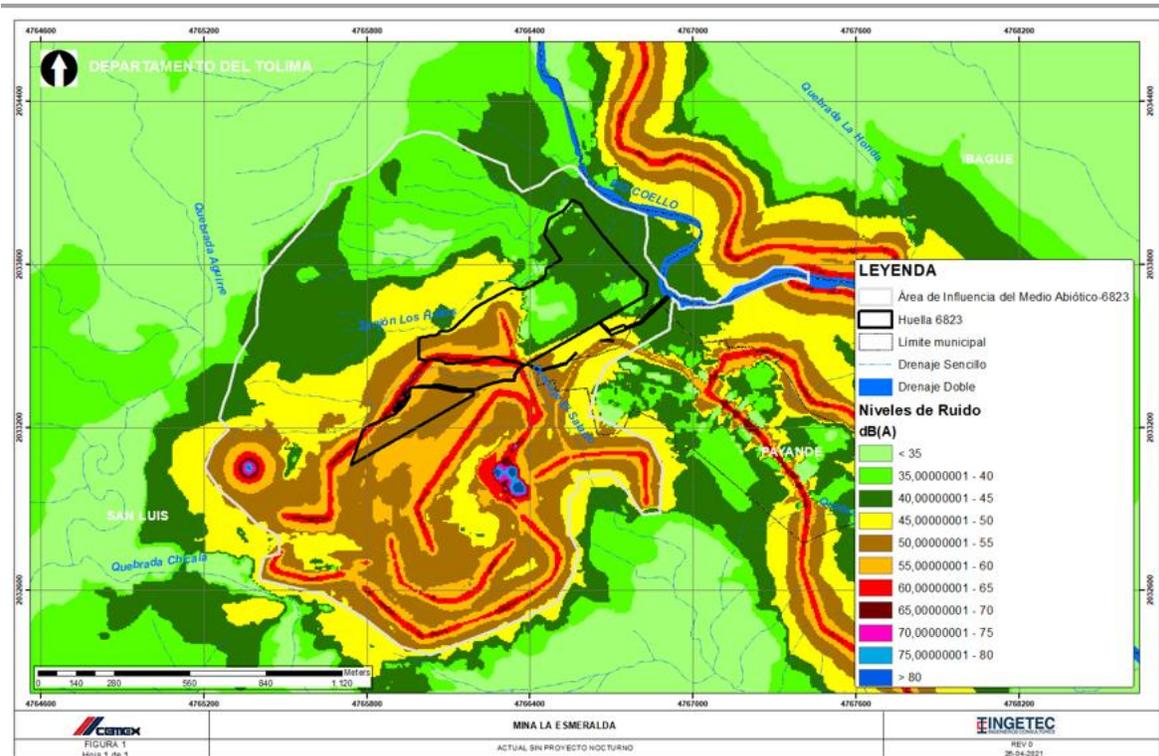


Figura 70. Mapa de ruido Actual sin proyecto periodo nocturno
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los resultados de los niveles de ruido calculados en los diferentes receptores y puntos de monitoreo llevados a cabo en el proyecto y alrededores al mismo. Cabe resaltar que, los puntos receptores son aquellos inventariados dentro de las vistas realizadas. Ver Tabla 73.

Por otra parte, los puntos de monitoreo de ruido son aquellos puntos realizados bajo las campañas entre el 14 y 20 de noviembre de 2019 por la firma CCA COMPAÑÍA DE CONSULTORÍA AMBIENTAL LTDA y la segunda campaña entre el 30 de octubre y el 1 de noviembre de 2020 la cual fue realizada por la firma AGQ PRODYCON COLOMBIA S.A.S. Ver Capítulo 5.1. Medio Abiótico 6823 numeral 5.1.9.6.2.

Es importante resaltar que, adicional a los receptores inventariados en el numeral 5.1.9.6.1. Inventario de fuentes de generación de ruido, para los modelos de ruido se adicionaron 21 receptores los cuales coinciden con la ubicación de los puntos de monitoreos de ruido ambiental realizados en la campaña 2019 y 2020. Ver Capítulo 5.1. Medio Abiótico 6823 numeral 5.1.9.6.2.

A continuación, en la Figura 71 se presenta la ubicación de los receptores empleados en las modelaciones de los diferentes escenarios.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

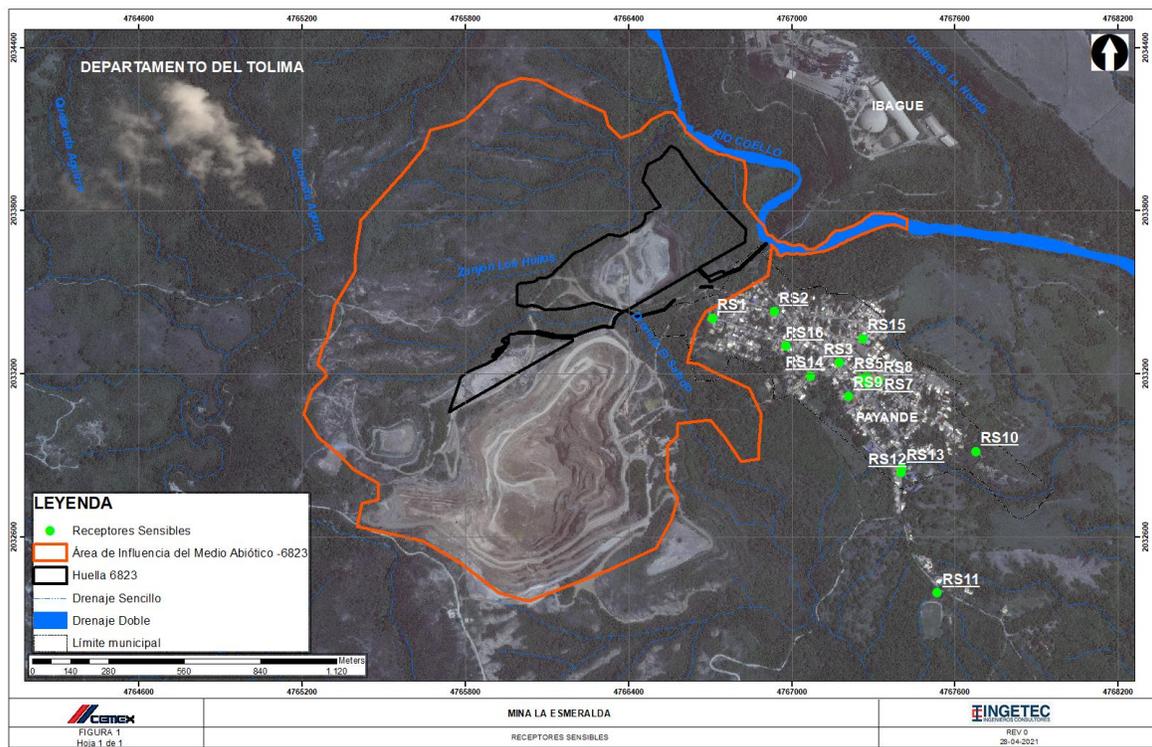


Figura 71. ubicación de los receptores modelo de ruido
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los niveles de ruido obtenidos en los receptores ubicados a lo largo del proyecto y en la población de Payandé y los niveles máximos permisibles para cada receptor según la Resolución 0627 del 2006 del MADS. Ver Tabla 90.

Tabla 90. Niveles de ruido registrados en cada receptor Actual sin proyecto

Receptor	LrD dB(A)	LrN dB(A)	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
			Diurno	Nocturno
1A	44,3	44,2	75	70
2A	51,3	51,3	75	70
3A	57,1	55	75	70
4A	57,4	57,4	75	70
5A	54,9	54,9	75	70
6A	47,2	47,1	75	70
7A	56,5	54,4	65	50
8A	57,5	55,3	65	50

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Receptor	LrD dB(A)	LrN dB(A)	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
			Diurno	Nocturno
9A	30,5	29,6	65	50
10A	39,2	37,1	65	50
11A	53,2	51	65	50
12A	38,8	36,9	65	50
13A	55	55	75	70
14A	44,4	44,1	65	50
15A	41,5	39,4	65	50
16A	45,1	43,2	65	50
17A	49,2	47	65	50
Ancianato Hogar de vida san martín	48,6	46,5	55	45
Cancha barrio Santa Barbara	44	41,8	65	50
Cancha de futbol	59,1	56,9	65	50
Casa Cultural Payandé	46,1	43,9	65	50
Cementerio Payandé	37,8	35,7	65	50
Centro de desarrollo Infantil mi bohio 2	42	40	55	45
Centro de salud Payandé Serafín	66,9	64,7	55	45
Club campestre y recreacional Chicalá	61,1	58,8	65	55
Coliseo Payandé	52,4	50,2	65	55
Estación de policía de Payandé	61,4	59,2	65	55
I.E. San Miguel (Escuela)	48	45,8	65	55
Institución educativa San miguel Payandé	45,6	45,1	65	55
Parque La virgen Parte Alta	55,7	53,5	65	55
Parque Principal Payandé	59	56,8	65	55
RA2	47,6	45,6	65	55
RA3	44,6	42,6	65	55
RA4	40,6	38,5	65	55

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Receptor	LrD dB(A)	LrN dB(A)	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
			Diurno	Nocturno
Servicio de Piscinas	39,7	38,2	65	55
Sismógrafo el colegio	45	44,3	65	55

Fuente: Elaboración propia.

Dadas las condiciones actuales del proyecto Mina La Esmeralda Título 6823, los mapas de ruido resultantes son generados por todos los aportes del tráfico vial existente de los vehículos livianos y pesados que transitan por las vías aledañas a la mina y las vías internas de la misma. Sumado a esto, para los resultados de los mapas de ruido se incluyó los aportes del Título 4205, donde las fuentes generadoras son aquellas inscritas en las diferentes actividades de operación de la Mina. Finalmente, como mapa resultante se modeló de manera independiente las voladuras asociadas a la operación del título 4205.

En primer lugar, analizando los resultados obtenidos en la Tabla 90, se puede observar que la gran mayoría de los incumplimientos se dan para el periodo nocturno. Cabe resaltar que, el periodo nocturno es más restrictivo en comparación a los límites máximos permisibles del periodo diurno. Asimismo, es importante entender que los receptores que presentaron incumplimiento son aquellos que se encuentran más cercanos a las vías que atraviesan la población de Payandé.

Por otra parte, los altos niveles de ruido reportados por los receptores que se encuentran en incumplimiento se dan por la dinámica actual de flujo vehicular en la zona, la cual reporta una alta cantidad de vehículos para el periodo nocturno. Ver 7.6.1.2. Aforo Vehicular.

Es importante entender que los mapas de ruido resultantes arrojaron niveles de ruido que varían dentro de un rango de decibeles, donde los valores máximos se registran sobre la fuente de emisión (centro de la vía o centroide de la maquinaria) y estos niveles de ruido se atenúan conforme las isófonas se alejan radialmente de la fuente de emisión hasta llegar a los valores de cumplimiento normativo.

Asimismo, la propagación del sonido depende de factores como el tipo de fuente de emisión, ambientales, topográficos y estructurales, que puede contribuir con la propagación, como hay otros que la atenúan y la restringen.

El proyecto Mina La Esmeralda Título 4205 está ubicado sobre un terreno que presenta grandes desniveles topográficos lo cual va a contribuir con la atenuación del ruido y mitigar de cierto modo la propagación de las isófonas resultantes. Es muy importante entender que el contorno de una misma isófona tiene una geometría irregular ya que la dispersión de la misma se ve afectada por las condiciones topográficas del terreno o por barreras acústicas que estén presentes entre la fuente de emisión y el medio de propagación.

Por otra parte, analizando la totalidad de los receptores sensibles que se encuentran en la población de Payandé, ver 7.6.1.1. Inventario de fuentes potenciales y receptoras..., se puede observar que ciertos receptores presentan incumplimiento normativo dada la dinámica actual del flujo vehicular. El bajo aporte de niveles de ruido de la operación de la mina al incumplimiento normativo por la dinámica de emisión de ruido de las fuentes establecidas dentro de la mina se puede justificar por medio de los contornos producidos por las fuentes de emisión de la mina los cuales se atenúan de tal manera que llegan a su cumplimiento antes de llegar a algunos de los receptores sensibles.

Para el frente de trabajo más cercano a la población de Payandé, el cual se encuentra ubicado en el Título 4205, se puede observar que se requieren 35 m de distancia medidos de forma radial desde el centroide de la fuente de emisión hasta al contorno de 65 dB(A)(contorno de cumplimiento diurno), para llegar al cumplimiento normativo. Cabe resaltar

que, estas actividades modeladas hacen referencia a las actividades de explotación minera las cuales aportan a las emisiones de ruido existentes en la zona de estudio.

El receptor sensible más cercano a esta fuente de emisión se encuentra a unos 510 m aproximadamente medidos igualmente de forma radial desde la fuente de emisión. Es decir que, bajo este análisis se puede deducir que los aportes de ruido por la operación de la maquinaria perteneciente al frente de obra del Título 4502 no contribuyen con niveles de ruido percibidos por la población de Payandé. Para el periodo nocturno donde los límites son más restrictivos, el contorno de la isófona de cumplimiento de 55 dB(A) se da para una distancia de 60 m medidos de forma radial desde el centroide de la fuente de emisión. Asimismo se puede observar que esta distancia se encuentra por debajo de la distancia a la cual se encuentra el receptor más cercano.

Finalmente, analizando los aportes de ruido por las vías más cercanas a la población de Payandé pertenecientes al proyecto por las cuales transitan vehículos asociados a la operación de la mina, se puede observar que la propagación del contorno de cumplimiento para el periodo diurno, medido de forma radial desde la fuente de emisión, se da para distancias máximas de 20 m. El receptor sensible que se encuentra más cercano a esta fuente de emisión se encuentra ubicado aproximadamente a una distancia de 266 m. Esto nos permite afirmar que los aportes de ruido por el tránsito de vehículos asociados a la operación de la mina no tienen injerencia alguna sobre la percepción del ruido que tienen los receptores sensibles de la dinámica actual de ruido en zona. Para el periodo nocturno, la distancia máxima a la cual se registró el inicio del cumplimiento normativo fue de 85 m medidos desde la fuente emisión (la vía) hasta el contorno de 50 dB(A). Esta distancia se encuentra muy por debajo de la distancia en la cual se encuentra el receptor sensible más cercano.

7.6.1.7.2. Escenario Operación sin medidas de control

En primer lugar, se presentan los mapas de ruido resultantes de la modelación del escenario Operación sin medidas de control para el periodo diurno. Ver Figura 72 y Figura 73.

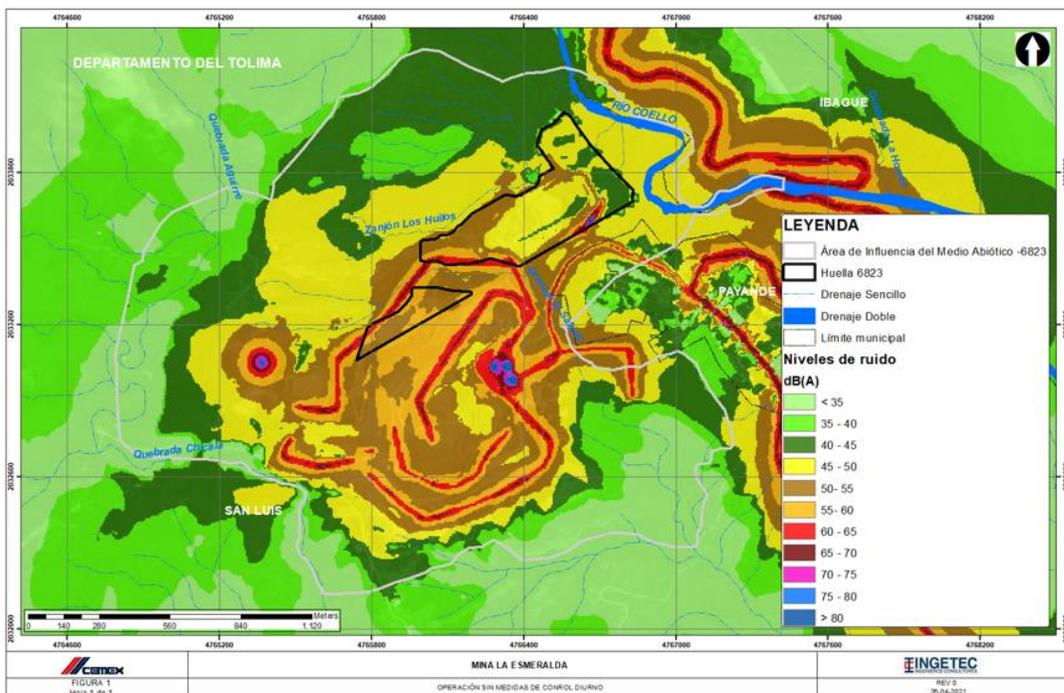


Figura 72. Mapa de ruido escenario de operación sin medidas de control periodo diurno
Fuente: Elaboración propia.

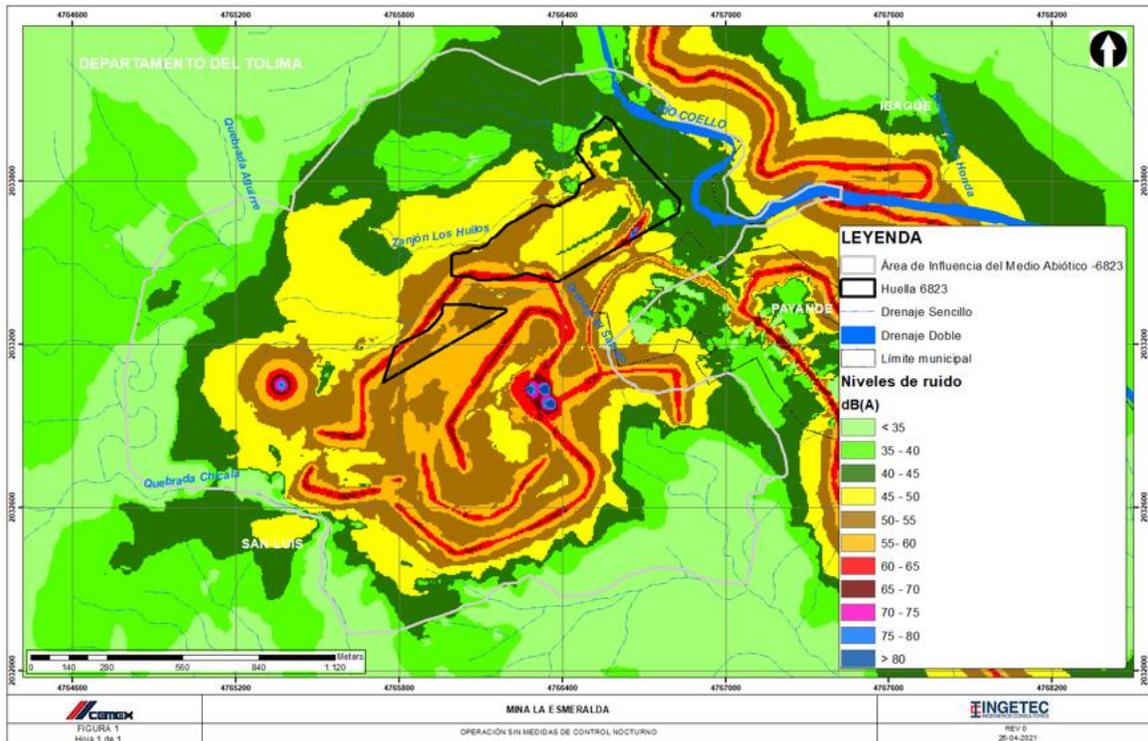


Figura 73. Mapa de ruido escenario de operación sin medidas de control periodo nocturno
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en este escenario comprendieron un análisis detallado de las características acústicas de las fuentes fijas y móviles tanto de las actividades actuales del Título 4205 y de las actividades proyectadas del Título 6823. De esta manera se obtuvo una representación gráfica de la propagación del ruido para los periodos de operación diurno y nocturno.

El ruido producido durante esta etapa es un factor muy influyente en el medio ya que puede llegar a alterar las condiciones actuales dentro del proyecto como en las zonas circundantes del mismo. Lo que origina la necesidad imperiosa de predecir los niveles de emisión de ruido con aras de entender, en cuales zonas hay o no cumplimiento de la Resolución 0627 del 2006 del MAVDT (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). Es por esto, que los mapas de ruido se correlacionan directamente con las operaciones y actividades que se llevarán a cabo dentro de ambos Títulos como también en las zonas de disposición de material estéril (Escombreras).

Para el desarrollo de la modelación se identificó que el escenario más crítico es aquel en el cual operará toda la maquinaria en simultáneo tanto fijas como móviles.

Los valores máximos registrados en el modelo ascienden a 93,1 dB(A) para el periodo diurno y 93,07 dB(A) para el periodo nocturno. En comparación a los niveles máximos registrados en el Título 745 (91,9 dB(A) diurno y 91,86 dB(A) nocturno), podemos ver un aumento en los niveles máximos. Es importante resaltar que los tiempos de operación de un periodo a otro varían en apenas unas horas. Es decir, que en su gran mayoría, se va a tener una operación continua de 24 horas para la operación de la planta de beneficio y una reducción en horas de operación para las fuentes móviles. Ver 7.6.1.1. Inventario de fuentes potenciales y receptoras.

A continuación, en la Tabla 91 se presentan los niveles de ruido registrados en cada receptor para el periodo diurno y nocturno.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Tabla 91. Niveles de ruido registrados en cada receptor escenario de Operación sin medidas de control

Receptor	Operación sin medidas de control		Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
	LrD dB(A)	LrN dB(A)	Diurno	Nocturno
1A	45,3	45,2	75	70
2A	51	51	75	70
3A	58,7	56,7	75	70
4A	57,4	57,4	75	70
5A	55	55	75	70
6A	48,1	48,1	75	70
7A	62,6	60,5	65	50
8A	57,5	55,3	65	50
9A	32,6	32,1	65	50
10A	39,3	37,1	65	50
11A	53,1	50,9	65	50
12A	38,9	37	65	50
13A	55,4	55,4	75	70
14A	44,2	43,9	65	50
15A	41,6	39,4	65	50
16A	45	43	65	50
17A	49,2	47	65	50
Ancianato Hogar de vida san martín	48,6	46,5	55	45
Cancha barrio Santa Barbara	44	41,8	65	50
Cancha de futbol	59,6	57,4	65	50
Casa Cultural Payandé	46,2	44	65	50
Cementerio Payandé	37,7	35,6	65	50
Centro de desarrollo Infantil mi bohio 2	42	40	55	45
Centro de salud Payandé Serafín	66,9	64,7	55	45

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Receptor	Operación sin medidas de control		Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
	LrD dB(A)	LrN dB(A)	Diurno	Nocturno
Club campestre y recreacional Chicalá	61,2	59	65	55
Coliseo Payandé	52,5	50,2	65	55
Estación de policía de Payandé	61,5	59,3	65	55
I.E. San Miguel (Escuela)	48	45,8	65	55
Institución educativa San miguel Payandé	46	45,6	65	55
Parque La virgen Parte Alta	58,8	56,6	65	55
Parque Principal Payandé	59	56,8	65	55
RA2	47,6	45,6	65	55
RA3	44,7	42,7	65	55
RA4	40,5	38,5	65	55
Servicio de Piscinas	40	38,4	65	55
Sismógrafo el colegio	45	44,4	65	55

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 91 los niveles de ruido registrados en el periodo diurno son mayores que en el periodo nocturno. Esto coincide con la reducción de operación en horas para el periodo nocturno.

Por otra parte, se puede observar que los receptores que presentan incumplimiento de los límites máximos permisibles coinciden con los receptores del escenario actual sin proyecto.

Si comparamos los resultados obtenidos en los receptores del escenario actual / Línea base día hábil con los resultados obtenidos en los receptores del escenario de Futuro con proyecto / Operación, podemos ver un cambio significativo en los niveles de ruido registrados en cada receptor, mostrando un aumento en los niveles para el escenario de Operación sin medidas de control. Ver Tabla 92.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Tabla 92. Comparación de los resultados del escenario Actual sin proyecto respecto al escenario operación sin medidas de control.

Receptor	Operación sin medidas de control		Actual sin proyecto		Diferencia diurno	Diferencia nocturno
	LrD dB(A)	LrN dB(A)	LrD dB(A)	LrN dB(A)		
1A	45,3	45,2	44,3	44,2	1	1
2A	51	51	51,3	51,3	-0,3	-0,3
3A	58,7	56,7	57,1	55	1,6	1,7
4A	57,4	57,4	57,4	57,4	0	0
5A	55	55	54,9	54,9	0,1	0,1
6A	48,1	48,1	47,2	47,1	0,9	1
7A	62,6	60,5	56,5	54,4	6,1	6,1
8A	57,5	55,3	57,5	55,3	0	0
9A	32,6	32,1	30,5	29,6	2,1	2,5
10A	39,3	37,1	39,2	37,1	0,1	0
11A	53,1	50,9	53,2	51	-0,1	-0,1
12A	38,9	37	38,8	36,9	0,1	0,1
13A	55,4	55,4	55	55	0,4	0,4
14A	44,2	43,9	44,4	44,1	-0,2	-0,2
15A	41,6	39,4	41,5	39,4	0,1	0
16A	45	43	45,1	43,2	-0,1	-0,2
17A	49,2	47	49,2	47	0	0
Ancianato Hogar de vida san martin	48,6	46,5	48,6	46,5	0	0
Cancha barrio Santa Barbara	44	41,8	44	41,8	0	0
Cancha de futbol	59,6	57,4	59,1	56,9	0,5	0,5
Casa Cultural Payandé	46,2	44	46,1	43,9	0,1	0,1
Cementerio Payandé	37,7	35,6	37,8	35,7	-0,1	-0,1
Centro de desarrollo Infantil mi bohio 2	42	40	42	40	0	0

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Receptor	Operación sin medidas de control		Actual sin proyecto		Diferencia diurno	Diferencia nocturno
Centro de salud Payandé Serafín	66,9	64,7	66,9	64,7	0	0
Club campestre y recreacional Chicalá	61,2	59	61,1	58,8	0,1	0,2
Coliseo Payandé	52,5	50,2	52,4	50,2	0,1	0
Estación de policía de Payandé	61,5	59,3	61,4	59,2	0,1	0,1
I.E. San Miguel (Escuela)	48	45,8	48	45,8	0	0
Institución educativa San miguel Payandé	46	45,6	45,6	45,1	0,4	0,5
Parque La virgen Parte Alta	58,8	56,6	55,7	53,5	3,1	3,1
Parque Principal Payandé	59	56,8	59	56,8	0	0
RA2	47,6	45,6	47,6	45,6	0	0
RA3	44,7	42,7	44,6	42,6	0,1	0,1
RA4	40,5	38,5	40,6	38,5	-0,1	0
Servicio de Piscinas	40	38,4	39,7	38,2	0,3	0,2
Sismógrafo el colegio	45	44,4	45	44,3	0	0,1

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar se registró un aumento en los niveles de ruido registrados en ciertos receptores sin embargo, los contornos de las isófonas resultantes aún conservan su distanciamiento respecto a los receptores sensibles. Es decir que para el frente de trabajo más cercano a la población de Payandé, el cual se encuentra ubicado en el Título 6823, se puede observar que se requieren 41 m de distancia medidos de forma radial desde el centroide de la fuente de emisión hasta al contorno de 65 dB(A) (contorno de cumplimiento diurno), para llegar al cumplimiento normativo. El receptor sensible más cercano a esta fuente de emisión se encuentra a unos 235 m aproximadamente medidos igualmente de forma radial desde la fuente de emisión. Es decir que, bajo este análisis se puede deducir que los aportes de ruido por la operación de la maquinaria perteneciente al frente de obra del Título 6823 no contribuyen con niveles de ruido percibidos por la población de Payandé. Para el periodo nocturno donde los límites son más restrictivos, el contorno de la isófona de cumplimiento de 55 dB(A) se da para una distancia de 65 m medidos de forma radial desde el centroide de la fuente de emisión. Asimismo se puede observar que esta distancia se encuentra por debajo de la distancia a la cual se encuentra el receptor más cercano. Los aportes de ruido por las vías más cercanas a la población de Payandé pertenecientes al proyecto por las cuales transitan vehículos asociados a la operación de la mina, se puede observar que la propagación del contorno de cumplimiento para el periodo diurno medido de forma radial desde la fuente de emisión, se da para distancias máximas de 24 m. El receptor sensible que se encuentra más cercano a esta fuente de emisión se encuentra ubicado aproximadamente a una distancia de 266 m. Esto nos permite afirmar que los aportes de ruido por el tránsito de vehículos asociados a la operación de la mina no tienen injerencia alguna sobre la percepción del ruido que tienen los receptores sensibles de la dinámica actual de ruido en zona. Para el periodo nocturno, la distancia máxima a la cual se registró el inicio del cumplimiento normativo fue de 88 m medidos desde la fuente emisión (la vía) hasta el contorno de 50 dB(A). Esta distancia se encuentra muy por debajo de la distancia a la cual se encuentra el receptor sensible más cercano.

7.6.1.7.3. Escenario Operación con medidas de control

Es de suma importancia resaltar que, los resultados obtenidos en el escenario proyectado de operación sin medidas de control arrojó cumplimiento normativo para todos los receptores sensibles ubicados en el municipio de Payandé, ver Tabla 917. Es por esto, que para el escenario más crítico el cual corresponde al escenario modelado sin control, se modeló la operación de toda la maquinaria perteneciente al proyecto con aras de proyectar todos los aportes de ruido de la misma y de esta manera, poder entender cómo los receptores sensibles percibirán esta propagación del ruido.

Entonces, al emplear el escenario más crítico para estimar los cumplimientos normativos y así obtener cumplimiento en todos los receptores sensibles, nos permite indicar que el proyecto bajo las características de operación proyecta del Título Minero 6823 no requiere medidas de control para mitigar la propagación del ruido producto de las actividades mineras proyectadas para el periodo de mayor extracción.

Sin embargo, los controles deben ser dirigidos a la operación propia del proyecto donde se deben establecer medidas de control in situ para el movimiento de tierras, adecuación patio taller, patios de almacenamientos, excavaciones, relleno y obras civiles en general, donde la maquinaria y vehículos utilizados para cada una de las actividades debe tener una revisión previa a cualquier operación o actividad con aras de garantizar la integridad y el buen funcionamiento de la maquinaria. De esta manera, poder hacer mantenimiento preventivo y correctivo si así lo requiere. Es importante que a la maquinaria se le haga un control de latas, piezas sueltas que generen vibraciones que se traduzcan en aporte de ruido innecesarios al medio ambiente.

Por otra parte, los vehículos que así lo requieran cuenten con sus respectivos silenciadores que actúen de manera eficiente y que se encuentre en estado favorable de funcionamiento. Las diferentes medidas de prevención y mitigación de los exceso de ruido deben estar dirigidas o establecidas en la fuente de emisión con el fin de generar protección a los trabajadores. Estas medidas deben establecerse por medio de una hoja de vida donde se presenten los mantenimientos realizados a los vehículos y maquinaria presentes dentro del proyecto. Del mismo modo, la maquinaria y vehículos no podrán contar con sirenas, resonadores o pitos que alteren los niveles máximos establecidos por la norma. Únicamente podrán hacer uso de estos, la maquinaria o aparatos que tengan como función la activación de planes de emergencia.

7.6.1.7.4. Escenario de Operación Voladura

A continuación, se presenta el mapa de ruido resultante para el escenario con voladura del Título 6823. Ver Figura 74.

Tabla 93. Niveles de ruido registrados en cada receptor escenario operación Voladura Título 6823

Receptor	Voladura	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A) Diurno
	LrD dB(A)	
1A	80,3	75
2A	85,9	75
3A	79,7	75
4A	78,5	75
5A	81,7	75
6A	62,3	75
7A	78,7	65
8A	69,1	65
9A	75,2	65
10A	54	65
11A	68,8	65
12A	65,2	65
13A	65,4	75
14A	65	65
15A	64,1	65
16A	62,3	65
17A	60,4	65
Ancianato Hogar de vida san martín	64	55
Cancha barrio Santa Barbara	65,5	65
Cancha de futbol	61,5	65
Casa Cultural Payandé	64,6	65
Cementerio Payandé	59,3	65
Centro de desarrollo Infantil mi bohío 2	67,4	55
Centro de salud Payandé Serafín	71	55

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Club campestre y recreacional Chicalá	63,9	65
Coliseo Payandé	64,8	65
Estación de policía de Payandé	64,2	65
I.E. San Miguel (Escuela)	64	65
Institución educativa San miguel Payandé	76,4	65
Parque La virgen Parte Alta	74,2	65
Parque Principal Payandé	67,9	65
RA2	73,3	65
RA3	63	65
RA4	60,6	65
Servicio de Piscinas	69,4	65
Sismógrafo el colegio	72,1	65

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 43, a pesar la operación de la voladura solo el 50% de los receptores sensibles presenta incumplimiento normativo. Es decir, que la operación de la voladura solo tendrá incidencia en una parte de la población. Del mismo modo, los niveles de ruido se mantuvieron por debajo de lo estipulado, según la resolución 1569 de 1998 emitida por Cortolima. El valor del Sismógrafo El Colegio registró un valor de 72,1 dB(A) lo que es aproximadamente 89,5 dB. Al comparar este valor con el obtenido en los monitoreos de ruido del informe ANÁLISIS Y MONITOREO DE VOLADURAS CONTRATO DE CONCESIÓN 8-4205 ENERO 26 DE 2017, se puede ver que para el mismo punto de monitoreo se tiene un valor de 88 dB(A). Por otro lado, se puede ver que los resultados son bastante similares en la modelación respecto a los monitoreados en el Sismógrafo ubicado en El colegio San Miguel Sede Secundaria, esta similitud permite establecer que la modelación es una muy buena aproximación de la percepción de los niveles de ruido por parte de los receptores sensibles.

7.7. PERMISO DE RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD

El permiso de recolección de especímenes de flora, fauna y ecosistemas acuáticos se tramita para una superficie que incluye las zonas en donde se realizarán las actividades de manejo como de monitoreo y seguimiento, que implicarán la captura y manipulación de especímenes de la diversidad biológica.

En el anexo CAP7-DRRN-LES6823-AN#7.017 solicitud de permiso recolección se encuentra la siguiente información:

- Formato 11 A Formato de Solicitud Permiso Individual de Recolección.
- Perfil de los profesionales que llevarán a cabo las actividades de recolección de especímenes de la biodiversidad.
- Metodologías de extracción temporal (captura) o definitiva de especímenes/muestras en campo, laboratorio y desplazamiento, acordes con los grupos biológicos objetivo de recolección. Metodologías de manejo de los especímenes ex situ (condiciones y tiempo), en el caso de que aplique.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

- Superficie donde se ubicaran los muestreos, la cual corresponde a la superficie a intervenir, ecosistemas aledaños donde se reubicará fauna y flora y las posibles superficies donde se realizará la compensación por pérdida de componente biótico

7.8. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Considerando que la modificación del plan de manejo ambiental corresponde únicamente a la ampliación de la zona de explotación de caliza, dentro de las áreas autorizadas en el título minero, y no se proyecta la construcción o modificación de la infraestructura existente en el complejo minero La Esmeralda, este estudio no demanda la solicitud de materiales de construcción, por lo que no se solicita este permiso.