

TRANSFORMACIONES POSITIVAS Y SOSTENIBILIDAD EN TERRITORIOS MINEROS COLOMBIANOS

Documento Final

Diciembre de 2023

Equipo Universidad EAN

Rectora

Brigitte Baptiste Ballera

Director de Proyecto

Silvio López Barrantes

Investigadores

Nicolai Ciontescu Camargo
Helena Guayara Gutiérrez
Juan David Morales Barco
Iván Marín Pineda

Equipo ACM

Juan Camilo Nariño Alcocer
Ana Zamora del Castillo
Carolina Gutiérrez Hernández

Equipo Cerrejón

Luis Francisco Madriñan
Lorena Álvarez
Diana Cuevas

Equipo Mineros

Marcela Marín
Juana Pérez
Nelson Ochoa

Equipo Drummond

Amilcar Valencia
Jair Deluque
Fray Orozco

Equipo Cerromatoso

Sergio Petro
Alejandra Echeverri
Alexandra Castro
Diana Guevara
Valentina Navarro

Tabla de contenido

1. Introducción.....	1
2. Propósito del Estudio de Caso.....	2
3. Marco Conceptual.....	2
4. Metodología utilizada.....	17
4.1 coberturas y cambios.....	18
4.2 Componente Biodiversidad.....	20
4.3 Componente Cambio Climático.....	21
4.4 Componente Social.....	21
5. Caso Cerrejón – Producción de Carbón Térmico - Cuenca del Río Ranchería.....	22
5.1 Análisis multitemporal de coberturas.....	22
5.2 Cambio de coberturas.....	22
5.3 Cambio de coberturas corredor Wüin-Mana.....	29
5.4 Indicadores de cambio Corredor Wüin-Mana.....	32
5.5 Análisis de Abundancia y Riqueza de grupos taxonómicos en el corredor Wüin- Mana. .	33
5.6 Análisis de cambio de cobertura en áreas de Rehabilitación:.....	44
5.7 Indicadores de cambio áreas de rehabilitación.....	46
5.8 Análisis de abundancia riqueza de especies de fauna en las áreas de rehabilitación.....	48
5.9 Análisis de especies de importancia ecológica por grupo taxonómico.....	58
5.10. Cambio climático Departamento de La Guajira.....	67
5.11. Análisis componente Social.....	77
6. Caso Mineros – Extracción de Oro Aluvial – Cuenca del Río Nechí.....	82
6.1 Análisis multitemporal de coberturas.....	82
6.2 Cambio de coberturas.....	83
6.3 Indicadores de cambio.....	87
6.4 Abundancia Y Riqueza de especies de fauna en las Parcelas Agroforestales.....	89
6.5 Categoría de Amenaza.....	103
6.6 Análisis Cambio Climático.....	104
6.7. Análisis Componente Social.....	116
7. Caso Drummond – Carbón Térmico – Cuenca del Río Cesar.....	126
7.1 Cambio de coberturas <i>Botadero # 3</i>	126
7.2 Indicadores de cambio Botadero #3.....	131
7.3 Cambio de coberturas Botadero # 9.....	133
7.4 Indicadores de cambio Botadero #9.....	139
7.5 Análisis de Integridad Ecológica en áreas de recuperación ecosistémica.....	141
7.6 Cálculo de Integridad Ecológica mina Pribbenow.....	150
7.7 Análisis ecológico El Paujil.....	153
7.8 Áreas de Humedal y sus Servicios Ecosistémicos.....	158
7.9 Análisis Cambio Climático.....	166
7.10 Análisis Componente Social.....	178
8. Caso Cerro Matoso – Ferroníquel – Cuenca Alta del Río San Jorge.....	182
8.1 Cambio de coberturas Zona de Rehabilitación (Sajana - Depósito de Escoria sin metal)	182

8.2 Cambio de coberturas área de compensación El Botón y El Botón Montelíbano.....	188
8.3 Análisis de biodiversidad en áreas de rehabilitación.....	194
8.4 Análisis Cambio Climático.....	203
8.5 Análisis Componente Social.....	219
9. Conclusiones.....	221
10 . Bibliografía.....	222

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Etapas de un proyecto de restauración.....	7
Ilustración 2. Los 13 pasos de la restauración ecológica.....	8
Ilustración 3. Mapa coberturas de bosque seco tropical en Colombia.....	13
Ilustración 4. Coberturas área de influencia minera 1975.....	23
Ilustración 5. Coberturas área de influencia minera 1985.....	24
Ilustración 6. Coberturas área de influencia minera 2014.....	25
Ilustración 7. Coberturas área de influencia minera 2022.....	26
Ilustración 8. Cambio tendencial de las principales coberturas área de influencia minera.....	27
Ilustración 9. Coberturas corredor Wüin-Mana 2014.....	30
Ilustración 10. Coberturas corredor Wüin-Mana 2022.....	31
Ilustración 11. Cambio tendencial de las principales coberturas en el corredor Wüin-Mana.	31
Ilustración 12. Mapa de indicadores de cambio para el corredor Wüin-Mana.....	32
Ilustración 13. Indicadores de cambio de coberturas en corredor Wüin-Mana.....	33
Ilustración 14. Abundancia de individuos por grupo taxonómico - Aves.....	35
Ilustración 15. Riqueza de aves reportadas por año.....	36
Ilustración 16. Abundancia de individuos grupo - Mamíferos.....	38
Ilustración 17. Riqueza de mamíferos reportados por año.....	39
Ilustración 18. Abundancia de individuos grupo - Herpetos.....	40
Ilustración 19 Riqueza de Herpetos reportados por año.....	41
Ilustración 20. Abundancia de individuos grupo - Insectos.....	43
Ilustración 21. Riqueza de insectos reportados por año.....	44
Ilustración 22. Coberturas en áreas de rehabilitación 2022.....	45
Ilustración 23. Cambio tendencial de las principales coberturas en áreas de rehabilitación. .	46
Ilustración 24. Mapa de indicadores de cambio para las áreas de Rehabilitación.....	47
Ilustración 25. Indicadores de cambio de coberturas en zonas de rehabilitación.....	47
Ilustración 26. Abundancia de aves en áreas de rehabilitación.....	48
Ilustración 27. Riqueza de aves áreas de rehabilitación.....	49
Ilustración 28. Riqueza de aves áreas de rehabilitación.....	50
Ilustración 29. Abundancia de mamíferos áreas de rehabilitación.....	51
Ilustración 30. Riqueza de mamíferos áreas de rehabilitación.....	51
Ilustración 31. Riqueza de mamíferos áreas de rehabilitación.....	52
Ilustración 32. Abundancia de herpetos áreas de rehabilitación.....	53
Ilustración 33. Riqueza de herpetos áreas de rehabilitación.....	54
Ilustración 34. Riqueza de herpetos áreas de rehabilitación de individuos reportados	55
Ilustración 35. Abundancia de Insectos áreas de rehabilitación.....	56

Ilustración 36. Riqueza de entomofauna áreas de rehabilitación.....	56
Ilustración 37. Riqueza de entomofauna áreas de rehabilitación % de individuos reportados	57
Ilustración 38. Riqueza y Abundancia de especies de la familia Scarabaeidae reportados.....	62
Ilustración 39. Listado de especies y subespecies endémicas bosque seco tropical	64
Ilustración 40. Abundancia acumulada de especies endémicas de aves reportadas.....	66
Ilustración 41. Especies endémicas de aves representativas bosques secos de Colombia	67
Ilustración 42. Unidades territoriales de La Guajira.....	68
Ilustración 43. Porcentaje de vocación de uso del suelo.....	69
Ilustración 44. Mapas escenarios de cambio climático 2011-2100 (IDEAM 2015).....	71
Ilustración 45. Crecimiento poblacional Municipios de influencia - Cerrejón.....	78
Ilustración 46. Distribución espacial puntos poblados Municipio de Albania - Guajira.....	79
Ilustración 47. Distribución espacial puntos poblados Municipio de Barrancas - Guajira.....	79
Ilustración 48. Distribución espacial puntos poblados Municipio de Hatonuevo - Guajira.....	80
Ilustración 49. Fotografías Sendero ecológico.....	82
Ilustración 50. Coberturas en parcelas agroforestales 2009.....	83
Ilustración 51. Coberturas parcelas agroforestales 2012.....	84
Ilustración 52. Coberturas parcelas agroforestales 2014.....	85
Ilustración 53. Coberturas parcelas agroforestales 2023.....	86
Ilustración 54. Cambio tendencial de las principales coberturas en parcelas agroforestales..	87
Ilustración 55. Indicadores de cambio de coberturas Parcelas.....	88
Ilustración 56. Gráfica de Indicadores de cambio de coberturas en parcelas agroforestales..	89
Ilustración 57. Riqueza y abundancia de aves reportadas.....	93
Ilustración 58. Gráfica de abundancia de aves según clasificación basada en orden.....	94
Ilustración 59. Riqueza y abundancia de aves del orden paseriformes.....	95
Ilustración 60. Riqueza y abundancia de aves del orden Piciformes.....	98
Ilustración 61. Riqueza y abundancia de aves del orden Accipitriformes.....	100
Ilustración 62. Riqueza y abundancia de aves orden Pelecaniformes.....	102
Ilustración 63. Mapa del Departamento de Antioquia.....	104
Ilustración 64. Usos Actuales del Suelo en Antioquia.....	106
Ilustración 65. Áreas Protegidas en Antioquia.....	108
Ilustración 66. Temperatura Media (°C) Para el Periodo 1976-2005.....	110
Ilustración 67. Cobertura de Antioquia.....	111
Ilustración 68. Precipitación media (MM) Para el Periodo 1976-2005.....	113
Ilustración 69. Recurso Hídrico en la Subregiones.....	114
Ilustración 70. Comportamiento crecimiento poblacional Subregión del Bajo Cauca.....	118
Ilustración 71. Comportamiento histórico del precio del.....	119
Ilustración 72. Fotografías Intervención Margen Izquierdo Río Nechí.....	120
Ilustración 73. Amparos Administrativos.....	121
Ilustración 74. Modelo de parcelas agroforestales.....	122
Ilustración 75. Áreas de compensación aprobadas.....	123
Ilustración 76. Predios Vinculados iniciativas en áreas de compensación aprobadas.....	124
Ilustración 77. Áreas de compensación en aprobación.....	125

Ilustración 78. Coberturas Botadero # 3 – Año 1990.....	126
Ilustración 79. Coberturas Botadero # 3 – Año 2006.....	127
Ilustración 80. Coberturas Botadero # 3 – Año 2015.....	128
Ilustración 81. Coberturas Botadero # 3 – Año 2022.....	129
Ilustración 82. Cambio Tendencial de las principales coberturas en el Botadero # 3.....	130
Ilustración 83. Coberturas en Detalle Botadero # 3 año 2022.....	131
Ilustración 84. Mapa Indicadores de Cambio Botadero # 3.....	132
Ilustración 85. Gráfico Indicadores de Cambio Botadero # 3.....	133
Ilustración 86. Cambio de coberturas en Botadero # 9 año 2005.....	134
Ilustración 87. Cambio de coberturas en Botadero # 9 año 2011.....	135
Ilustración 88. Cambio de coberturas en Botadero # 9 año 2015.....	136
Ilustración 89. Cambio de coberturas en Botadero # 9 año 2022.....	137
Ilustración 90. Cambio Tendencial de las principales coberturas en Botadero # 9.....	138
Ilustración 91. Cobertura en detalle en Botadero # 9 para el año 2022.....	139
Ilustración 92. Mapa de indicadores de cambio en Botadero # 9.....	140
Ilustración 93. Grafica de indicadores de cambio en Botadero # 9.....	141
Ilustración 94. Mapa de Coberturas zona El Paujil año 1980.....	154
Ilustración 95. Mapa de Coberturas zona El Paujil año 2022.....	156
Ilustración 96. Comparación de las principales Coberturas entre 1980 y 2022.....	157
Ilustración 97. Servicios Ecosistémicos: Relación Sistemas Naturales y Sistemas Sociales.....	159
Ilustración 98. Perfil generalizado estructurales de vegetación en un humedal	163
Ilustración 99. Registros Fotográficos El Paujil.....	165
Ilustración 100. División político-administrativa.....	166
Ilustración 101. Actividades económicas de mayor importancia en el Cesar.....	168
Ilustración 102. Escenarios de cambio climático para el departamento del Cesar.....	170
Ilustración 103. Uso del agua en el departamento del Cesar.....	172
Ilustración 104. Ecosistemas estratégicos del departamento Cesar.....	175
Ilustración 105. Crecimiento Poblacional Área de influencia Drummond.....	179
Ilustración 106. Viveros Transitorios y Siembra de especies nativas compensación.....	180
Ilustración 107. Zonas de compensaciones proyecto la Loma, Mina Pribbenow.....	181
Ilustración 108. Zonas de compensaciones conectividad ecosistémica áreas protegidas ...	182
Ilustración 109. Coberturas Sajana 2012.....	183
Ilustración 110. Coberturas Sajana 2019.....	184
Ilustración 111. Coberturas Sajana 2022.....	185
Ilustración 112. Cambio tendencial de la principales coberturas en Sajana.....	186
Ilustración 113. Mapa Indicadores de cambio de coberturas en Sajana.....	187
Ilustración 114. Gráfico Indicadores de cambio de coberturas en Sajana.....	188
Ilustración 115. Coberturas zona de compensación para el año 2012.....	189
Ilustración 116. Coberturas zona de compensación para el año 2019.....	190
Ilustración 117. Coberturas zona de compensación para el año 2022.....	191
Ilustración 118. Cambio tendencial de la principales en zona de compensación.....	192
Ilustración 119. Mapa de indicadores de cambio en zonas de compensación.....	193
Ilustración 120. Gráfico indicadores de cambio de coberturas en zona de compensación...	194

Ilustración 121. Abundancia y riqueza de especies reportadas en GBIF en área de estudio..	198
Ilustración 122. Distribución según hábito de especies de plantas reportadas.....	198
Ilustración 123. Perfil vertical de un bosque.....	199
Ilustración 124. Distribución de individuos por hábito de la especie.....	199
Ilustración 125. Especies dominantes en el área reportada.....	200
Ilustración 126. Abundancia de individuos años 2020 a 2022 en parcelas forestales	201
Ilustración 127. Subregiones del Departamento de Córdoba.....	204
Ilustración 128. Valores de temperatura en el municipio de Montería.....	209
Ilustración 129. Crecimiento poblacional área de influencia del proyecto Cerro Matoso.....	220
Ilustración 130. Resultados Estrategias de restauración y compensación Cerro Matoso.....	221

Lista de Tablas

Tabla 1. Impulsores de transformación y pérdida de la biodiversidad en Colombia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).....	6
Tabla 2. Principales determinantes de los ecosistemas de bosque seco tropical.....	11
Tabla 3. Agrupación de coberturas según su condición.....	18
Tabla 4. Indicadores de cambio.....	19
Tabla 5. Cambio de coberturas en zona de influencia minera.....	26
Tabla 6. Cambio de coberturas en corredor Wüin-Mana.....	29
Tabla 7. Indicadores de cambio de coberturas en corredor Wüin-Mana.....	32
Tabla 8. Cambio de coberturas en áreas de rehabilitación.....	45
Tabla 9. Atributos de hábitat y requerimientos Caimán Crocodilus.....	60
Tabla 10. Reporte de riqueza y abundancia especies Scarabaeidae corredor Wüin Mana.....	61
Tabla 11. Abundancia de individuos reportados especies de aves endémicas Wüin Mana....	65
Tabla 12. Cambio de coberturas en parcelas agroforestales.....	83
Tabla 13. Indicadores de cambio de coberturas Parcelas.....	88
Tabla 14. Listado Abundancia y Riqueza de aves en parcelas agroforestales según orden....	90
Tabla 15. Tasa de crecimiento intercensal para el municipio de El Bagre 1964 y 2018.....	117
Tabla 16. Cifras de crecimiento poblacional Subregión del Bajo Cauca Antioqueño.....	117
Tabla 17 Cambio de coberturas Botadero # 3.....	127
Tabla 18. Indicadores de Cambio de coberturas Botadero # 3.....	132
Tabla 19. Cambio de coberturas Botadero # 9.....	133
Tabla 20. Indicadores de Cambio de coberturas Botadero # 9.....	140
Tabla 21. Valoración y descripción propuesta para indicadores utilizados.....	144
Tabla 22. Calificación de estado según valores asignados a cada indicador.....	145
(Adaptado de Parrish et al. 2003).....	145
Tabla 23. Valoración de integridad de un área protegida atributos ecológicos clave.....	145
Tabla 24. Calificación de integridad para el área evaluada	146
Tabla 25 Calificación y valor asignado para los indicadores biológicos de insectos	148
Tabla 26. Calificación y valor asignado para los indicadores biológicos Herpetofauna.....	149
Tabla 27. Calificación y valor asignado para los indicadores biológicos de Avifauna.....	149

Tabla 28. Resultados de Integridad Ecológica para la orden Coleópteros mina Pribbenow..	150
Tabla 29. Resultados de Integridad Ecológica para la Herpetofauna mina Pribbenow.....	151
Tabla 30. Resultados de Integridad Ecológica para la Avifauna mina Pribbenow.....	151
Tabla 31. Cálculo de Integridad Ecológica áreas de recuperación de la mina Pribbenow.....	152
Tabla 32. de coberturas de la tierra zonal el Paujil años 1980 y 2022.....	155
Tabla 33. Cambio de coberturas entre 1980 y 2022.....	158
Tabla 34. Clasificación Ecosistemas de Humedal acogida por la Convención RAMSAR.....	161
Tabla 35. Cambio de coberturas Sajana.....	183
Tabla 36. Indicadores de cambio de coberturas en Sajana.....	186
Tabla 37. Cambio de coberturas en zona de compensación.....	189
Tabla 38. Indicadores de cambio de zona de compensación.....	192
Tabla 39. Especies de plantas reportadas en GBIF en áreas de recuperación Cerromatoso	195
Tabla 40. Ejemplo de atributos para tener en cuenta en la selección de especies.....	202

1. Introducción

Como resultado de las obligaciones normativas que establece el marco regulatorio ambiental para el sector económico de la Minería, las empresas mineras adelantan acciones de recuperación y rehabilitación orientadas a generar transformaciones positivas y de sostenibilidad socioambiental en los territorios objeto de intervención y en aquellas áreas y predios cercanos de acuerdo a las autorizaciones otorgadas por parte de la autoridad minera ambiental (Agencia Nacional de Licencias Ambientales, ANLA)

En tal sentido, a partir de un análisis de indicadores del paisaje, asociado a datos de Biodiversidad, este documento busca visibilizar los efectos positivos que las acciones de rehabilitación de áreas disturbadas por la operación minera y de compensación adelantadas históricamente por cada una de las empresas, han tenido sobre el ecosistema de referencia de la región intervenida y la posibilidad efectiva de que se establezca un corredor de conectividad biológica entre ecosistemas estratégicos.

Para ello, la Universidad EAN y la Asociación Colombiana de Minería - ACM, han establecido una alianza estratégica para realizar cuatro estudios de caso, a partir de los cuales se puedan evaluar los diferentes elementos de paisaje a través de un análisis de transformación de coberturas, y de acuerdo a la información disponible, evaluar algunos indicadores de biodiversidad que sintetizen el estado de avance de esas transformaciones, para cada caso particular.

Bajo este entendido, cabe destacar que las coberturas de la tierra son las características físicas y biológicas que cubren la superficie terrestre, como la vegetación, el agua, el suelo, la roca, los cultivos, las construcciones, etc. (Di Gregorio & Jansen, 2005). Estas coberturas reflejan la interacción entre los procesos naturales y las actividades humanas sobre el territorio. La cobertura de la tierra es diferente del uso de la tierra, que implica la utilidad que presta un tipo de cobertura al ser humano, como el uso urbano, industrial, agrícola, forestal, etc. La cobertura de la tierra puede variar en el espacio y en el tiempo, dependiendo de factores climáticos, geológicos, biológicos y socioeconómicos (IDEAM, 2023).

En el caso de Colombia, la evaluación de los cambios multitemporales de coberturas de la tierra ha sido objeto de varios estudios y evaluaciones. Dada la gran diversidad de ecosistemas y la presencia de diversos factores de cambio, como la expansión de la frontera agrícola, la minería, la deforestación y los conflictos armados, comprender la evolución de las coberturas de la tierra en este país es de vital importancia.

Estos análisis han proporcionado información clave para la identificación de áreas prioritarias de conservación, la planificación del uso del suelo, la gestión de recursos naturales y la toma de decisiones en políticas ambientales. Además, han permitido evaluar los impactos de los cambios en las coberturas de la tierra en la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y el bienestar humano.

En este documento se presenta el análisis multitemporal de coberturas en zonas mineras de carbón térmico, Oro aluvial y Ferroníquel operadas por la empresa Carbones del Cerrejón Limited, Drummond Ltda, Mineros Aluviales y Cerromatoso, siendo este tipo de análisis una herramienta útil y eficaz para comprender las dinámicas espaciales y temporales de los procesos ecológicos del territorio de la cuenca media del Río Ranchería, la cuenca del Río Cesar, la cuenca del Río Nechí - Bajo Cauca y de la cuenca del Bajo San Jorge.

Asimismo, es una base para identificar las estrategias de conservación, restauración y gestión sostenible de los recursos naturales y los servicios ecosistémicos que han sido implementadas y que se ven reflejadas a partir de los cambios de coberturas de la tierra que se encuentran en dichas zonas y que se asocian a la intervención directa e indirecta de cada una de las compañías.

2. Propósito del Estudio de Caso

Realizar un análisis y evaluación de los cambios en las coberturas a través del tiempo de las zonas intervenidas por la actividad minera de explotación de Carbón térmico, extracción de Oro aluvial y producción de Ferroníquel, inmersas en diferentes cuencas hidrográficas de Colombia. De igual forma, realizar un análisis de los cambios en la biodiversidad en dicha zona, así como evidenciar las acciones y/o proyectos sociales que viene adelantando las empresas mineras y que generan transformaciones positivas en el territorio.

3. Marco Conceptual

Planes de Compensación - Fundamentos Normativos

La gestión integral de los recursos naturales y del ambiente incluye la definición de medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación, cuando en desarrollo de actividades económicas como proyectos hidroeléctricos, de infraestructura vial, construcción de aeropuertos - puertos marítimos, proyectos mineros y de hidrocarburos, entre otros, que son objeto de licenciamiento ambiental, se generan procesos de transformación y pérdida de ecosistemas y hábitats naturales, como resultado de la actividad desarrollada.

En este sentido, según lo establecido en el artículo 2 de la Ley 99 de 1993, el hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, es el organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de impulsar una relación de respeto y armonía del hombre con la naturaleza y de definir, en los términos de la citada ley, las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente, a fin de asegurar el desarrollo sostenible.

Inicialmente, en concordancia con las definiciones señaladas en el artículo 57 de la Ley 99 de 1993, se avanzó en la reglamentación para la asignación de compensaciones ambientales para el componente biótico, instrumento que se concretó mediante la Resolución 1517 de 2012, por medio de la cual se adoptó un “Manual de asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad”, aplicable a los proyectos, obras, o actividades sujetos a licenciamiento ambiental de competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

La metodología propuesta en este instrumento, significó un avance en el enfoque de las medidas de compensaciones en el país, al pasar de una visión de reforestación (árbol por árbol) a una visión ecosistémica que permite un análisis integral de la afectación sobre los atributos del ecosistema (ecosistema por ecosistema). Además, promueve la aplicación de la jerarquía de la mitigación, lo que permite desestimular la generación de impactos ambientales negativos sobre ecosistemas estratégicos y así aportar al diseño y planificación sectorial del país (Sáenz, 2016 en MADS 2018).

Posteriormente, con base en las experiencias de la implementación de este instrumento y con la experticia y apoyo de entes públicos y organismos de financiación internacional para la conservación, así como institutos de investigación, se buscó la actualización de esa propuesta metodológica y se formuló el “Manual de Compensaciones del Componente Biótico” que fue finalmente publicado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, adoptado mediante resolución 256 de 2018 “Por la cual se adopta la actualización del Manual de Compensaciones Ambientales del Componente Biótico y se toman otras determinaciones”, y cuya actualización está fundamentada en:

- “(...) Hacer extensiva la aplicación de la metodología de compensaciones para el otorgamiento de licencias ambientales de competencia de las corporaciones autónomas regionales y de las de desarrollo sostenible, los grandes centros urbanos de que trata el artículo 66 de la Ley 99 de 1993 y establecimientos públicos ambientales creados mediante la Ley 768 de 2002 y la Ley 1617 de 2013.
- Fortalecer elementos conceptuales relacionados con el contenido del plan de compensación, mecanismos de implementación, presentación de medidas agregadas o unificadas, seguimiento, monitoreo y cierre de las obligaciones, entre otros.
- Lineamientos para la formulación e implementación de las medidas de compensación derivadas de la sustracción de áreas de reserva forestal por el cambio en el uso del suelo.
- Lineamientos para la formulación e implementación de las medidas de compensación derivadas de las autorizaciones o permisos de aprovechamiento único forestal.
- Actualización de los factores de compensación teniendo en cuenta los ajustes cartográficos del Mapa de Ecosistemas de Colombia en escala 1:100.000 (IDEAM et al., 2017) (...)”

Restauración Ecológica como instrumento de compensación

Según Hobbs y Harris (2001), la restauración ecológica es una estrategia de carácter interdisciplinario, que busca, a partir del conocimiento científico, restablecer los ecosistemas degradados y prevenir futuros daños mediante procesos de gestión y manejo de los sistemas biofísicos y sociales. En las últimas décadas, los crecientes cambios ambientales en el planeta, han aumentado la demanda para el establecimiento de planes de restauración; lo cual se ve reflejado en objetivos ambientales a nivel mundial, en los cuales la restauración se ha convertido en el eje central para los planes de manejo ambiental, forestal, compensación, y una estrategia para contrarrestar la pobreza (Evaluación de Ecosistemas del Milenio - MEA, 2005).

En Colombia, se ha avanzado en el establecimiento de un marco conceptual y de gestión, cuyo proceso, a lo largo de los años, ha llevado a la formulación del Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Degradadas (PNR), que tiene como objetivo a 20 años, orientar y promover procesos integrales de restauración ecológica que busquen recuperar las condiciones de los ecosistemas como su estructura, su composición o sus funciones y garantizar la prestación de servicios ecosistémicos en áreas degradadas de especial importancia ecológica para el país.

En este sentido, para las prácticas de la restauración es fundamental considerar la ecología desde las fases iniciales de cualquier intervención, pues se deben comprender los procesos que ocurren en los diferentes componentes, como las interacciones entre, la geomorfología, los suelos, la hidrología, la biota (flora - fauna - microorganismos), así como los procesos del uso de la tierra, lo que en conjunto determinan el estado actual de un ecosistema.

De acuerdo a las condiciones particulares, las necesidades locales de las comunidades y los procesos históricos de transformación en el uso de la tierra, hacen que los objetivos de un proceso de restauración estén orientados de manera diferencial hacia: la **restauración ecológica** para iniciar o acelerar procesos de restablecimiento de un área degradada, en relación a su función, estructura y composición; la **rehabilitación** para recuperar la productividad y/o los servicios del ecosistema en relación con los atributos funcionales o estructurales; y la **recuperación o reclamación** para retornar la utilidad del ecosistema respecto a la prestación de servicios ambientales diferentes a los del ecosistema original, integrándolo ecológica y paisajísticamente a su entorno.

De acuerdo a lo anterior, la restauración ecológica debe considerarse como una estrategia de manejo de tipo adaptativo, cuyo enfoque no se define únicamente en base a un ecosistema de referencia sino también al contexto real del lugar y en donde se deben evaluar los escenarios posibles hacia los que se direccionaría la restauración.

Según el Plan Nacional de Restauración Ecológica, los objetivos de esta estrategia son (MADS, 2015):

Restauración Ecológica (ecological restoration):

restablecer el ecosistema degradado a una condición similar al ecosistema predisturbio respecto a su composición, estructura y funcionamiento. Además, el ecosistema resultante debe ser un sistema autosostenible y debe garantizar la conservación de especies, del ecosistema en general, así como de la mayoría de sus bienes y servicios.

Rehabilitación ecológica (rehabilitation):

llevar al sistema degradado a un sistema similar o no al sistema predisturbio, éste debe ser autosostenible, preservar algunas especies y prestar algunos servicios ecosistémicos.

Recuperación ecológica (reclamation):

recuperar algunos servicios ecosistémicos de interés social. Generalmente los ecosistemas resultantes no son autosostenibles y no se parecen al sistema predisturbio.

Además del tipo de intervención a realizar, existen otros factores fundamentales a considerar como lo es la participación y vinculación de la población local, lo cual permite generar procesos de apropiación y gobernanza que ayudan a garantizar el éxito de las actividades en el tiempo.

Las intervenciones en el proceso de restauración varían de un proyecto a otro y dependen de la extensión, duración de las perturbaciones pasadas, condiciones culturales que han transformado el territorio, así como de las oportunidades y limitaciones de cada caso (SER, 2004). Como los procesos de restauración son de largo aliento, es necesario adelantar acciones de seguimiento y monitoreo adaptativo que permitan ajustar las acciones a las necesidades que surjan en el tiempo.

Los procesos de restauración pueden darse de manera activa o pasiva, las actividades de **restauración asistidas (activas)** son aquellas en donde existen intervenciones directas de manejo mediante plantaciones con especies del ecosistema de referencia, como enriquecimiento, remoción o traslado del material vegetal. Los procesos de **restauración espontánea (pasiva)**, son aquellos en los que se suprimen los agentes causantes de la degradación y se deja el área sin otro tipo de actividad directa permitiendo procesos de sucesión natural (McIver y Starr, 2001, en PNR MADS 2015), en estos casos, el

encerramiento de las áreas, como instrumento de control, basta para que se promueva el proceso de regeneración del ecosistema.

Si bien, desde el punto de vista de costo - beneficio, la restauración pasiva es una alternativa interesante, es necesario considerar que puede tardar mucho más tiempo en generar resultados plausibles y además debe incorporar un análisis que contemple el grado de alteración del ecosistema, su capacidad de resiliencia y las condiciones del paisaje, buscando identificar los núcleos y parches naturales que funcionen como fuentes semilleras cercanas del área a recuperar (Redi et ál., 2005). Un elemento que en gran medida influye en el éxito de la restauración espontánea o pasiva es el tipo de disturbio que afectó al ecosistema y la severidad del mismo. La restauración espontánea puede ser inefectiva bajo condiciones particulares de disturbio, como en el caso de la restauración post-minería (Laycock, 1995; Guerrero y da Rocha, 2010)

Antes de considerar la restauración espontánea como única estrategia de manejo de un ecosistema degradado o como una estrategia integrada dentro del proyecto de restauración, es recomendable evaluar el potencial de restauración existente (oferta física, potencial biótico y componente socioeconómico) y el objetivo o meta que se quiere alcanzar con el proyecto de restauración (Holl y Aide, 2011).

De acuerdo a las definiciones del Plan Nacional de Restauración (MADS, 2015), cualquier iniciativa de restauración debería partir de:

- Un análisis de los factores humanos relacionados con la degradación, destrucción o daño del sitio. Este análisis proporciona una idea clara del historial de degradación de la zona.
- Una valoración de las limitaciones que impone y las oportunidades que ofrece el entorno social.
- La comprensión de las preferencias, gustos y expectativas de las comunidades con relación al proceso de restauración, su interpretación del entorno y las pérdidas o ganancias a nivel ecosistémico.
- La identificación con la comunidad de los alcances y estrategias del proyecto.

Frente a la participación de las comunidades en la restauración se pueden considerar varios niveles, por ejemplo:

- ✓ Participación directa en la ejecución de proyectos de restauración: empleo local, oportunidades de negocio y capacitación, planificación a escala de paisaje.
- ✓ Valoración y aplicación del conocimiento ecológico tradicional.
- ✓ Generación de conocimiento a través de la investigación participativa.
- ✓ Monitoreo posterior de los proyectos ya implementados.

Por otra parte, la identificación de los factores de transformación de los ecosistemas es un elemento fundamental a incorporar en el análisis previo a la restauración, según Whithe & Jentsch (2001) un disturbio es un evento no planeado, de origen natural o antrópico que afecta la composición estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. Después de su ocurrencia, los disturbios ocasionan en el ecosistema afectado, una dinámica (fluctuaciones, claros, parches y sucesiones) impredecible la cual tendrá consecuencias espacio-temporales y su severidad dependerá del tipo, de la magnitud y de la frecuencia del disturbio. (Money & Godron 1983, Bender 1984, Grime 1989, Beeby 1993, Brown & Lugo 1994, Turner et ál. 1998, Rapport & Whitford 1999, Whithe & Jentsch 2001 en MADS 2015).

Como consecuencia de los disturbios y perturbaciones se generan áreas disturbadas en las que se habrán modificado parcial o totalmente atributos tales como estructura, composición, función, productividad, interacciones y consecuentemente sus servicios ecosistémicos. De acuerdo a la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (2012), existen 5 motores principales de degradación ecológica, transformación y pérdida de ecosistemas, la sobreexplotación de recursos biológicos, las invasiones biológicas, la contaminación y el cambio climático.

Tabla 1. Impulsores de transformación y pérdida de la biodiversidad en Colombia comparados con los motores considerados a escala global (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

IMPULSORES IDENTIFICADOS EN COLOMBIA (PNR, 2015)	IMPULSORES A ESCALA GLOBAL (MEA, 2005)
1. Cambio de uso de la tierra, ocupación del territorio y fragmentación de los ecosistemas que producen transformación o pérdida de biodiversidad 1.1. Transformación directa y pérdida de ecosistemas naturales o seminaturales 1.2. Transformación de sistemas productivos que mantienen elementos y procesos de la biodiversidad 1.3. Desarrollo de infraestructura lineal 1.4. Represamientos	Transformación y pérdida de ecosistemas y hábitats naturales
2. Disminución, pérdida o degradación de elementos de los ecosistemas nativos y agro ecosistemas 2.1. Sobre utilización de poblaciones de especies 2.2. Pastoreo, fuego o erosión 2.3. Pérdida de diversidad genética de cultígenos y variedades	Sobre-explotación
3. Invasiones biológicas	Invasiones biológicas
4. Contaminación y toxificación 4.1. Contaminación orgánica de aguas y eutroficación (nitrógeno y fósforo) 4.2. Contaminación química y otras	Contaminación
5. Cambio climático	Cambio climático

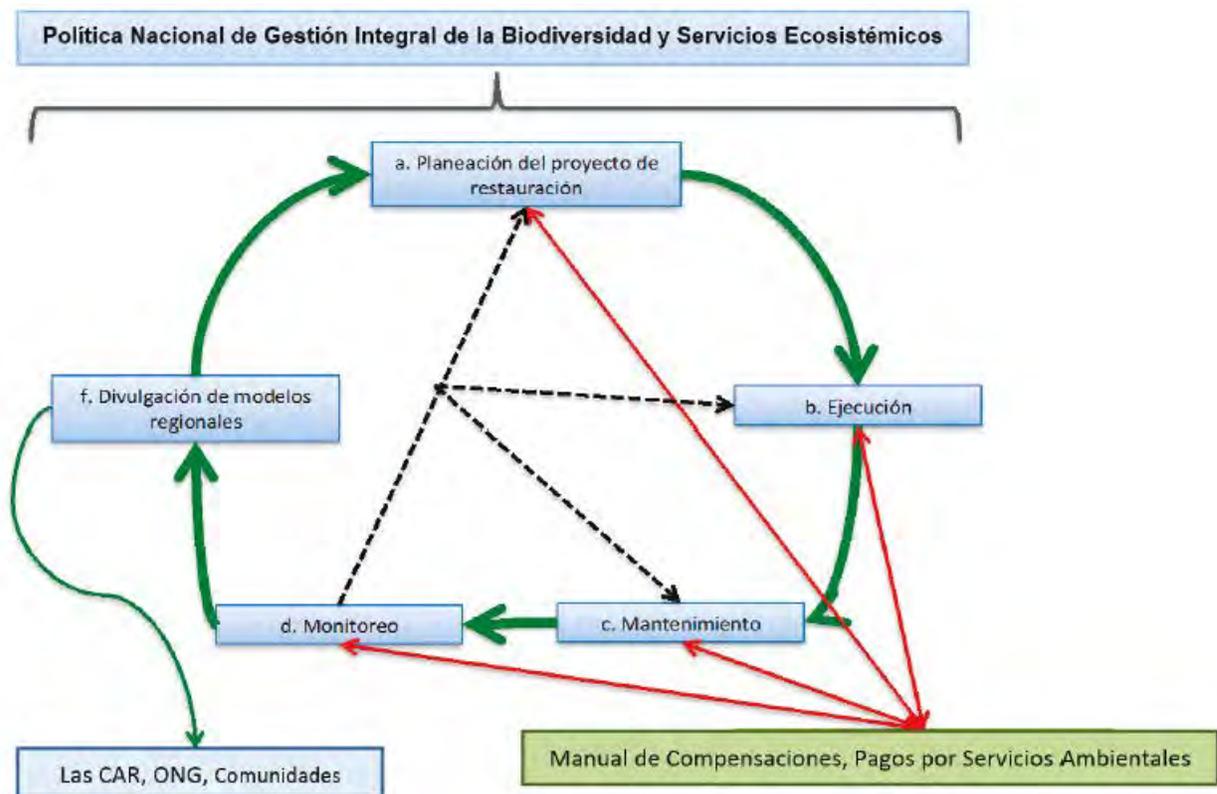
En el Plan Nacional de Restauración, las actividades mineras están consideradas dentro de los impulsores de cambio asociados a la pérdida y transformación ecosistémica, de hábitats naturales y cambios en el uso del territorio, los cuales se caracterizan por generar afectaciones drásticas en todos los componentes y las condiciones del ecosistema, a escala micro, meso y macro climáticas, afectando la composición, estructura y función de la biota y del suelo, la dinámica hídrica, los flujos de nutrientes y la capacidad regenerativa natural de los ecosistemas, compactación del suelo, lixiviación de nutrientes y pérdida de materia orgánica, lo cual puede generar comunidades propias de sucesiones secundarias o desviadas que se expresan en ecosistemas degradados.

En relación con las **áreas disturbadas por minería**, si bien la afectación varía dependiendo del mineral que se extrae y de los métodos para obtenerlo, en términos generales esta actividad genera cambios drásticos en la estructura del suelo, ejemplificados en la compactación generada por el uso de

maquinaria y la erosión de los mismos, fenómeno acelerado por factores climáticos como el viento y la precipitación. Los efectos producidos por la minería en los ecosistemas incluyen degradación del paisaje, pérdida de cobertura vegetal, aumento de niveles de ruido y material particulado, sedimentación, erosión, hundimientos e inestabilidad del terreno por explosiones. En relación con el recurso hídrico, la minería tiene como consecuencias la afectación de la dinámica de las aguas superficiales y subterráneas, la interrupción o redireccionamiento de flujos, la extracción y desecación de acuíferos, el cambio en la capacidad de almacenamiento y regulación del agua; el incremento en la sedimentación y la contaminación (MADS, 2015).

Para el caso de las intervenciones adelantadas para ecosistemas terrestres el Plan Nacional De Restauración define los diferentes pasos para aplicar este proceso en los cuales contemplan:

Ilustración 1. Etapas de un proyecto de restauración

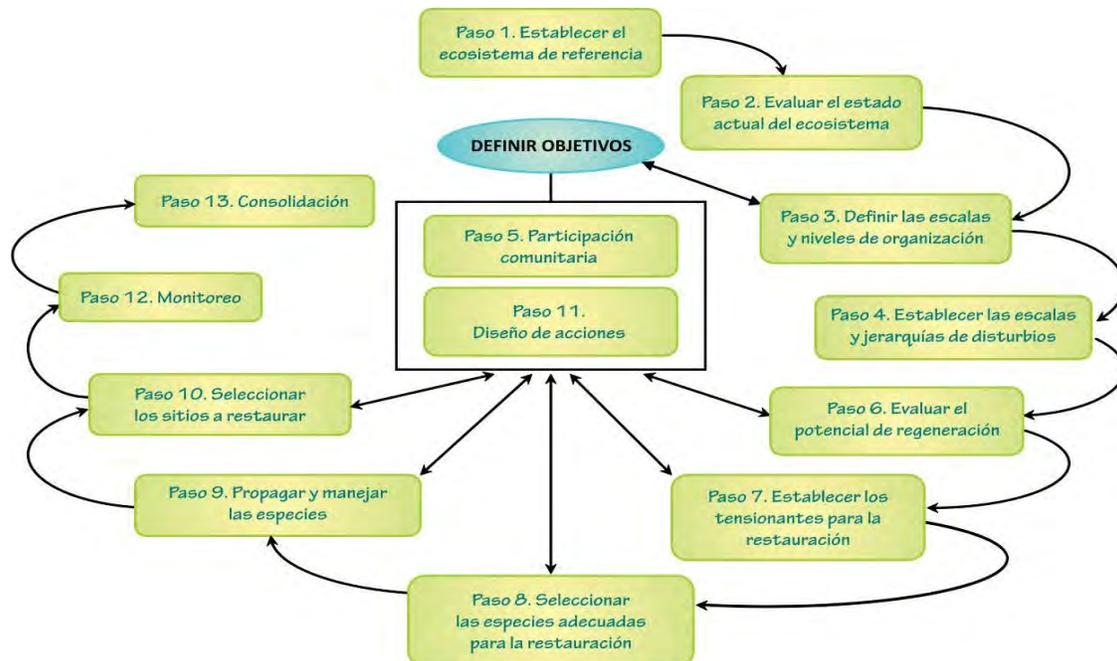


Fuente: Plan Nacional de Restauración, MADS 2015

Como se observa en la ilustración 1, para adelantar procesos de restauración, se definen 5 etapas principales: Planeación del Proyecto, Ejecución, Mantenimiento, Monitoreo y Divulgación de Modelos Regionales.

Al respecto, el documento del ministerio de ambiente, define unas fichas asociadas a los diferentes ecosistemas presentes en el país, en el marco de las cuales estas etapas, se describen con mayor detalle y definiendo 13 pasos a tener en cuenta para los proyectos de restauración ecológica.

Ilustración 2. Los 13 pasos de la restauración ecológica



Fuente: Vargas 2007, en MADS 2015

A continuación, se describen brevemente cada uno de los pasos propuestos para proyectos de restauración ecológica:

Paso 1. Establecer el ecosistema de referencia. El ecosistema de referencia debe ser en lo posible un ecosistema de la misma ubicación geográfica en buen estado de conservación, y con las mismas condiciones naturales del ecosistema degradado. Es fundamental procurar que el ecosistema de referencia corresponda a la misma cuenca hidrográfica y tomar en cuenta la distribución geográfica del cauce de los cursos de agua.

Paso 2. Evaluación y análisis del estado actual del sitio. Corresponde a la planeación del proceso de restauración. En este paso se realiza la evaluación de aspectos ecológicos y sociales del lugar, para plantear un modelo de respuesta que abra paso a las opciones de restauración, y decidir las metas y objetivos del plan. La evaluación de aspectos ecológicos incluye el estudio de condiciones físico-bióticas del ecosistema principalmente en cuanto a geomorfología y cobertura de la tierra. La evaluación de aspectos sociales se refiere al estudio previo de las comunidades humanas existentes en el sitio, su relación con el ecosistema y su potencial participación en el proceso.

Paso 3. Definir las escalas y niveles de organización. Los proyectos de restauración ecológica abarcan diferentes niveles de organización, desde poblaciones de especies y comunidades hasta ecosistemas o paisajes (Ehrenfeld 2000, Lake 2001). En cada nivel se definen objetivos de trabajo diferentes y consecuentemente los procesos críticos que se deben tener en cuenta para la restauración, cambian según la escala y el nivel de análisis. Para definir los objetivos de un proyecto de restauración es necesario primero precisar escalas y su relación con los niveles de organización.

Paso 4. Establecer las escalas y jerarquías de disturbio. Todos los ecosistemas están sujetos a un régimen de disturbios naturales y antrópicos, la combinación de éstos establece una dinámica espacial y temporal en los paisajes (Pickett & White 1985, Collins 1987). Por ejemplo, algunos ecosistemas presentan un régimen de disturbio complejo que incluye fuego, pastoreo y disturbio del suelo por animales; cada uno de los cuales difiere en escala, frecuencia e intensidad.

Paso 5. Participación comunitaria. La participación comunitaria es un paso transversal que garantiza el logro de los pasos subsiguientes. Esta no involucra exclusivamente a comunidades campesinas u organizaciones comunitarias urbanas, sino que también vincula instituciones educativas, entidades públicas y empresas privadas. Debe propiciarse la articulación de la participación y acción comunitaria para lograr con éxito la restauración de los ecosistemas de agua dulce. En Colombia esta situación es especial por cuanto humedales y ríos son fuertemente afectados por el desarrollo industrial y urbanístico y sus consecuentes efectos.

Paso 6. Evaluación del potencial de regeneración del ecosistema. La evaluación del potencial de regeneración del ecosistema se logra a partir de la medición de indicadores de estado. Estos indicadores pueden ser físico-químicos o biológicos. Los ecosistemas deben contar con suficiente libertad de exhibir su dinámica natural.

Paso 7. Establecer los tensionantes. Por tensionantes o barreras a la restauración ecológica se entiende todos aquellos factores que impiden, limitan o desvían la sucesión natural en áreas alteradas por disturbios naturales y antrópicos (Vargas et al. 2007).

Los tensionantes para la restauración ecológica pueden clasificarse en dos tipos: ecológicos y socioeconómicos. Los de tipo ecológico se relacionan con los factores bióticos y abióticos resultantes del régimen de disturbios natural y antrópico, los cuales influyen en los diferentes mecanismos de regeneración y colonización de las especies, es decir, los procesos necesarios para que ocurra la dispersión de propágulos (principalmente semillas), el establecimiento de las plántulas y la persistencia de los individuos y las poblaciones de plantas. Los de tipo socioeconómico son todos los factores políticos, económicos y sociales que limitan los procesos de regeneración natural, principalmente los tipos de uso de la tierra.

Paso 8. Seleccionar las especies adecuadas para la restauración. La selección de especies para la restauración es un aspecto muy importante, puesto que el éxito de los proyectos depende de la capacidad para dicha selección (Tabla 2). Del listado de especies y sus trayectorias sucesionales registrado en el potencial de regeneración, se seleccionan las especies más importantes bajo una escala de atributos o rasgos que pueden ser útiles en los sitios que se van a restaurar. Por ejemplo, para áreas en donde hay que recuperar el suelo es muy importante combinar especies fijadoras de nitrógeno con especies que produzcan gran cantidad de hojarasca. En esta fase es necesario combinar el conocimiento de la gente y el conocimiento de expertos locales y científicos.

Paso 9. Propagar y manejar las especies. Una vez seleccionadas las especies se presenta el problema de la consecución del material, dado que muchas especies no se consiguen en los viveros locales, o las cantidades no son suficientes para las necesidades del proyecto. La propagación es la capacidad de las plantas para reproducirse, ya sea de forma sexual o vegetativa (asexual); la primera de estas se da por medio de las semillas y la segunda mediante células, tejidos y órganos.

Paso 10. Seleccionar los sitios. La selección de los sitios a restaurar, o donde se van a realizar experimentos, debe hacerse cuidadosamente. En este paso ya hay un conocimiento de lo que sucede a diferentes escalas, principalmente cómo actúa el régimen de disturbios naturales y antrópicos. El conjunto de recomendaciones para la selección de los sitios hace referencia principalmente a una combinación de factores abióticos, bióticos y las poblaciones humanas locales (Vargas 2007).

Paso 11. Diseño de acciones para la restauración. Se plantean cinco conjuntos de acciones dependiendo del tipo de disturbio y sus tensionantes (Brown & Lugo 1994, Vargas 2007):

1. Basadas en la remoción y control de los tensionantes leves (frecuencia de tasa de cosecha, erosión moderada).
2. Basadas en la adición de especies (plantas, animales o microorganismos) o materiales (fertilizantes, materia orgánica, agua).
3. Basadas en la regulación de la tasa de procesos ecosistémicos, es decir, los flujos entre los compartimientos (ej: regular la composición y estructura del suelo para sincronizar liberación de nutrientes y captación vegetal de estos).
4. Basadas en la remoción de los tensionantes severos.
5. Basadas en la regulación de las fuentes de entradas de energía.

Paso 12. Evaluación y monitoreo. Dentro de un proceso de restauración ecológica, el monitoreo consiste en el seguimiento y evaluación continuos de los cambios que experimenta el ecosistema, bajo los diferentes tratamientos de restauración aplicados. Tiene como objetivo final asegurar el éxito en la restauración ecológica, brindando información necesaria para evaluar y ajustar las prácticas de restauración, de modo que puedan ser modificadas en cualquier momento; de esta manera, si los resultados obtenidos en los tratamientos aplicados son negativos o indeseables, dichos tratamientos se modifican o detienen; por el contrario, si se obtienen resultados positivos, estos tratamientos se continúan, multiplican, y si es posible, se mejoran (Brunner & Clark 1997, Block et al. 2001, Díaz 2007). Existen dos alternativas para medir el éxito de la restauración: evaluación y monitoreo. En la evaluación los parámetros escogidos solo se miden una vez mientras que en el monitoreo se hace una repetición sistemática de la evaluación en tiempo.

Paso 13. Consolidar el proceso de restauración. La consolidación de un proyecto de restauración implica que se han superado todos los tensionantes del disturbio y que el ecosistema marcha de acuerdo a los objetivos planteados, las labores de mantenimiento y monitoreo deben indicar que el proceso marcha satisfactoriamente y el ecosistema empieza a mostrar variables de autosostenimiento, como el enriquecimiento de especies, la recuperación de la fauna, el restablecimiento de servicios ambientales relacionados con la calidad del agua y el suelo.

Bosque Seco Tropical

Los bosques secos tropicales y subtropicales, de acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdrige, se encuentran en áreas donde la temperatura anual es mayor a 17°C, y la Evapotranspiración supera a la precipitación, la cual está entre 250 y 2000 mm por año, (Holdrige 1967, Murphy y Lugo 1986, en Pizano y García 2014). En este amplio rango de condiciones climáticas, se pueden encontrar gran variedad de ecosistemas incluyendo desiertos, sabanas, y bosques semihúmedos y húmedos con sus respectivas transiciones. Según Brown y Lugo (1982), originalmente, de estas áreas

en esta zona de vida, el 40 % representaba bosques con dosel cerrado y semicerrado del cual el 42% era bosque seco, el 33% era bosque semihúmedo y el 25% bosque húmedo.

Hernández C. y Sánchez (1992), definen los Bosques Secos en Colombia como formaciones vegetales ubicadas entre 0 y 1000 m de altitud, en áreas donde existen dos períodos de sequía: uno prolongado entre diciembre o enero hasta marzo o abril y uno más corto (conocido como veranillo de San Juan) entre junio hasta julio o agosto. A continuación, se presentan algunas determinantes de temperatura, precipitación y edáficas, que definen características en la estructura y composición de especies, productividad y adaptaciones morfológicas y fisiológicas de los bosques secos tropicales.

Tabla 2. Principales determinantes de los ecosistemas de bosque seco tropical.

Determinante	Bosque Seco
Precipitación	Entre 700 y 2000 mm anuales. La evapotranspiración supera ampliamente la precipitación durante el año, generando un déficit de agua.
Temperatura	La temperatura es superior a 24°C, con un valor máximo de 38°C.
Suelos	Suelos muy fértiles, por lo que han sido objeto de intensa transformación.
Productividad	La mayor parte de la hojarasca anual se produce en la estación seca.
Estructura y Composición	La altura del dosel oscila entre 15 y 25 m, y se presentan hasta cuatro estratos vegetativos, incluyendo el herbáceo; altos niveles de endemismo.
	Sus índices de diversidad corresponden a 1/2 la diversidad de bosques húmedos y a 1/3 de la diversidad de bosques muy húmedos del trópico. A excepción de familias como Cactaceae, Capparidacea y Zygophyllaceae, se presenta familias de plantas, similares a las que se encuentran en los bosques húmedos y muy húmedos.
Otras	Adaptaciones fisiológicas al déficit hídrico: pérdida total o parcial del follaje en época seca, hojas compuestas y folíolos pequeños y presencia de aguijones o espinas.

Fuente: Adaptado de Grubb 1977, Hernández y Sánchez (1992), Álvarez et al. (1997), Etter 1998, IAvH (2000), Cavellier et al. 2001, Rodríguez et al. 2006.

Los Bosques Secos Tropicales (BST) se consideran unos de los biomas tropicales más amenazados del mundo, su ubicación en áreas relativamente planas, con suelos fértiles y pH moderados, sumados a la baja pérdida de nutrientes por lixiviación y desarrollo pedogénico, han hecho de estos ecosistemas lugares aptos para soportar asentamientos humanos, lo cual ha generado altos índices de transformación y afectación (Vargas and Allen 2008 en Pizano y García 2014).

La expansión agrícola, la ganadería, el fuego y la minería, son las principales causas de pérdida de este ecosistema que se ha venido reduciendo y fragmentando al punto de encontrar actualmente, parches reducidos y discontinuos en lo que antes era una matriz continua que cubría extensiones desde

México hasta Argentina y cerca del 97% del BST en el mundo, se encuentra actualmente amenazado por factores antrópicos (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa 2010)

Se estima que más de la mitad (54,2%) de los bosques secos tropicales del mundo se encuentran en Suramérica y el resto del área está dividida entre Centro y Norte América, África y Eurasia, con una pequeña porción en Asia Sur oriental y Australasia (3,8%) (Miles et al. 2006). La principal característica del bosque seco tropical, independiente de una definición específica, es la estacionalidad marcada de lluvias que incluye varios meses de sequía (precipitación menor a 100 mm) (Gentry 1995, Pennington et al. 2009, Dirzo et al. 2011). Esta característica en la estacionalidad, limita la productividad primaria y la biodiversidad de plantas, las cuales son menos altas en este bioma que en bosques tropicales más húmedos (Pennington et al. 2000).

De igual manera, dicha condición ha resultado en una serie de adaptaciones morfológicas, fisiológicas, y de comportamiento de plantas, animales, hongos, y organismos del suelo, que determina los procesos ecosistémicos de estos bosques (productividad y ciclaje de agua, nutrientes y carbono) (Pennington et al. 2009, Dirzo et al. 2011).

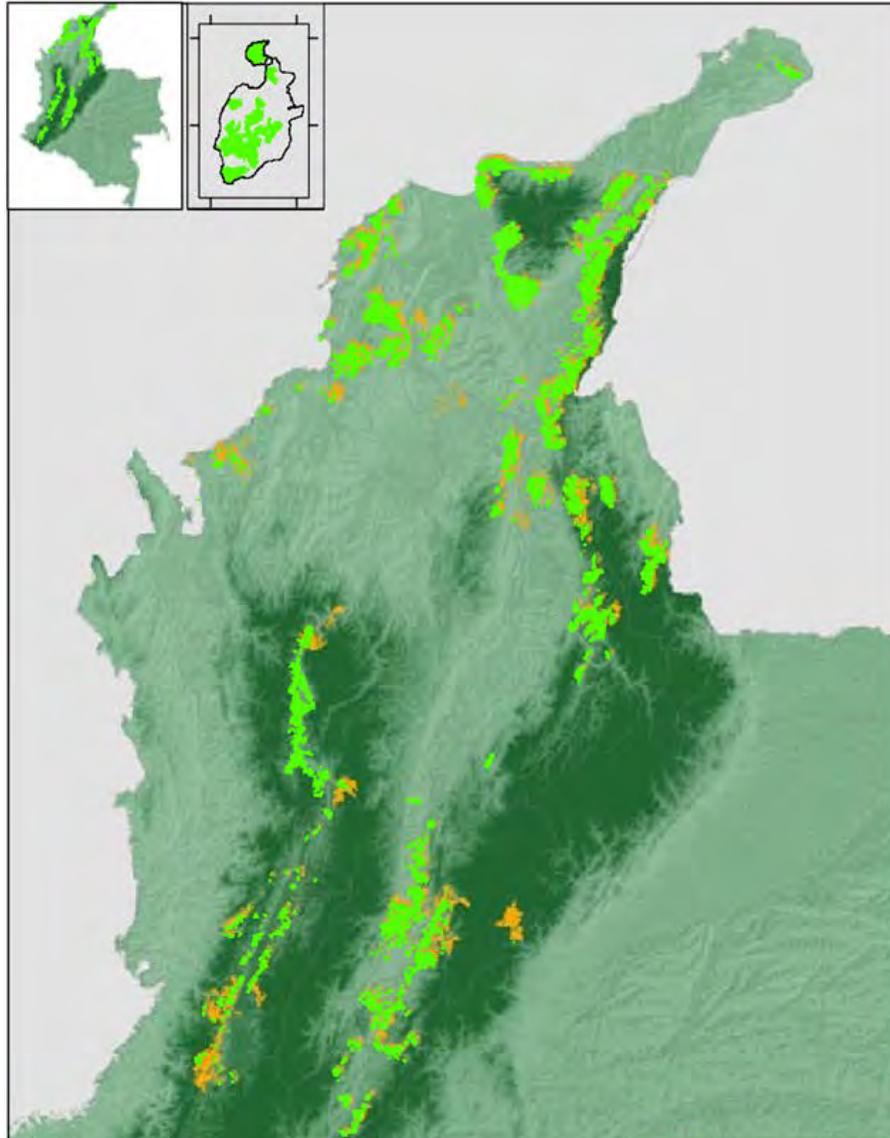
Por ejemplo, muchas plantas de BST presentan la particularidad de ser caducifolias, y pierden sus hojas en la estación de sequía, mientras que mantienen sus hojas en la estación de lluvias (Dirzo et al. 2011). Como consecuencia, en la época de sequía el sol penetra hasta el sotobosque y seca la hojarasca, generando una acumulación de materia orgánica en el suelo que previene la descomposición. Adicionalmente, hay muchas plantas que presentan espinas y que han sincronizado su floración y fructificación a la época de sequía o de lluvias (Pennington et al. 2000).

Por su parte, los animales de los BST también han generado mecanismos adaptativos para sobrevivir a las condiciones de altas temperaturas, limitada disponibilidad de agua, y la alta competencia que caracteriza a los bosques secos tropicales (Stoner y Timm 2011). Los mamíferos de BST, por ejemplo, muestran adaptaciones fisiológicas como cambios de temperatura corporal, hibernación estacional, conservación de agua y reproducción tardía.

De igual manera, se identifican adaptaciones comportamentales relacionadas con flexibilidad en la dieta, migración y cambio en la época de forrajeo y reproducción, parecidas a las de los mamíferos de los desiertos (Stoner y Timm 2004, 2011). Algunos insectos de BST presentan mecanismos fisiológicos que les permiten reducir la pérdida de agua por respiración (Duncan et al. 2002), mientras otros modifican su dieta para alimentarse de plantas ricas en agua y así sobrevivir a las altas temperaturas y a la falta de agua en la época de sequía (Hanson 2011).

En el mapa a continuación, se presenta la distribución actual de coberturas de bosques seco tropical en Colombia, excluyendo el área de bosque seco de los Llanos. En verde se muestra la distribución de bosque, mientras que en anaranjado se muestran los bosques en varios estadios de sucesión inmersos en mosaicos como pastizales y cultivos agrícolas.

Ilustración 3. Mapa coberturas de bosque seco tropical en Colombia



Fuente: Adaptado de Pizano y García, 2014

Según Etter (1993), la distribución original del bosque seco en Colombia comprendía seis regiones: el Caribe, los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena, los enclaves secos del norte de los Andes, los valles de los ríos Dagua y Patía en el sur occidente del país, y el piedemonte y los afloramientos rocosos de los Llanos. Se estima que su extensión original era de unos 80,000 km², lo que representaba algo más del 7% del territorio nacional (Díaz 2006).

Para el caso de los Bosques Secos ubicados en el área de influencia del Cerrejón, estos corresponden a la región Norandina, aquellos que están en la zona norte de la cordillera Oriental en las inmediaciones de Cúcuta, los valles de Convención y Ocaña y el valle medio del río Chicamocha (Valencia-Duarte et al. 2012)

El BST presenta una tendencia de rápida transformación que persiste en el tiempo, actualmente se le suman a la agricultura y a la ganadería actividades históricas y con impacto desde la colonia, presiones como la minería, el desarrollo urbano y el turismo (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa 2010), lo cual ha resultado en que el BST en Colombia no sólo este completamente fragmentado, sino que además se encuentre en estados sucesionales intermedios, rodeado por matrices de transformación (Miles et al. 2006, Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa 2010).

Dicha tendencia, genera un alto riesgo a la biodiversidad asociada al BST y por consiguiente, a los procesos ecológicos que aseguran la funcionalidad de este ecosistema, así como los servicios de captura de carbono, ciclaje de nutrientes, protección del suelo a la erosión, regulación de agua, polinización, control biológico de plagas y provisión de alimentos y madera que proveen (Maass et al. 2005, Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa 2010). Para asegurar la conservación de los bosques secos, es necesario incrementar los esfuerzos de investigación que permitan un mejor entendimiento sobre su ecología, funcionamiento, y valor ecosistémico.

Bosque Húmedo Tropical - Selvas Bajas Inundables del Bajo Cauca

El Bosque Húmedo Tropical (bh-T) y el Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T), según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, se ubican latitudinalmente, como su nombre lo indica, en las zonas tropicales del planeta y altitudinalmente entre los 0 y los 500 metros sobre el nivel del mar (msnm). Se caracterizan por tener una temperatura promedio anual de 24°C o más grados centígrados, los valores promedio de precipitación anual oscilan entre 2000 y 4000 mm al año para el bh-T y entre 4000 y 8000 mm al año para el bmh-T. Por su parte la relación de evapotranspiración potencial se encuentra en los rangos de 1 a 0,5 para el bh-T y entre el 0,5 y 0,25 para el bmh-T (Holdridge, 1967).

En el planeta, el bosque húmedo tropical se distribuye en Centro y Suramérica, África Central, el Sudeste Asiático y el Nororiente de Australia y ocupa una superficie aproximada de más de 9 millones de kilómetros cuadrados (Burguess, 1993 en IAvH, 1997). En la Amazonía y la Orinoquía se encuentran las mayores extensiones de bh-T continuas con un área aproximada de cerca de 6 millones de kilómetros cuadrados.

La extensión del bh-T en Colombia es de 415.000 km² (Etter 1993) lo cual equivale al 36.5% del territorio nacional, el 10% del bosque húmedo tropical de Sudamérica y cerca del 7 % de este tipo de ecosistemas a nivel mundial. En Colombia, este tipo de bosque se distribuye a través de las principales regiones biogeográficas del país, como lo son las tierras bajas del Pacífico o Chocó Biogeográfico (con cerca de 4.6000.000 ha) la Amazonía y algunos sectores de la Orinoquía (con cerca de 36.400.000 ha) y las estribaciones de los Andes, en los valles medios de los ríos Magdalena y Sinú, en los valles bajos de los ríos Cauca y San Jorge y en la cuenca del río Catatumbo (con cerca de 1.650.000 ha) (IAvH 1997).

Una de las características principales de los bosques húmedos tropicales es su alta complejidad estructural, su gran estratificación y su alta diversidad de especies, concentrando cerca del 50% de las especies de flora descritas (Gentry 1993). En términos de la composición de formas de vida que presentan los bh-T en el neotrópico se establece que un 25% son lianas y bejuocos, un 25% son hierbas terrestres, un 25% son epífitas y sólo un 25% son árboles y arbustos.

Respecto de las características geomorfológicas, la mayoría de los ecosistemas de bh-T en Colombia, se ubica en planicies bajas con altitudes menores de 300 m, si bien existe gran variabilidad de condiciones de relieve que van desde planas hasta colinas y en algunos casos estas condiciones de

colinas bajas premontanas pueden alcanzar los 500 metros de altitud sobre el nivel del mar como ocurre en los piedemontes de las cordilleras, la Serranía del Baudó y algunos cerros y colinas en la Amazonía (IAvH 1997).

Por su parte, respecto de la geología de estos ecosistemas en el país, son igualmente diversos y se observan diferentes tipos de substratos que incluyen suelos de origen sedimentarios, ígneos y metamórficos, si bien los que predominan son los sedimentos arenosos y arcillosos provenientes del Terciario o Cuaternario. Estas características hacen que en general estos suelos presenten una fertilidad potencial baja con excepción de los sedimentos aluviales recientes provenientes de las cordilleras como por ejemplo en los valles de los ríos Magdalena, Cauca, Putumayo y Guaviare entre otros (IGAC 1983; Etter 1992).

Una de las características importantes para determinar la fertilidad edáfica y por ende la productividad y biodiversidad, consiste en la condición de drenaje del suelo, ya que esto puede determinar el balance y el régimen de humedad presente en el substrato, lo que a su vez suele ser una determinante de la complejidad y desarrollo de la vegetación.

En suelos údicos (con buen drenaje), en los cuales se presentan perfiles donde el suelo permanece seco y los periodos de acumulación de agua no superan los 90 días consecutivos, suele haber una mayor y más compleja estratificación y profusión y diversidad de formas de vida lo que a su vez se correlacionan con altos valores de acumulación de biomasa y de diversidad biológica. En suelos perúdicos donde por los altos niveles de precipitación los suelos se lavan permanentemente o en suelos ácuicos, donde por condiciones del nivel freático los suelos permanecen encharcados e inundados por largos periodos de tiempo y varias veces en el año, la vegetación es menos compleja como igualmente lo es la estratificación del bosque y la producción de biomasa es menor (Duivenvoorden 1996).

Otra característica destacada en los ecosistemas de bh-T es su rápido y eficiente reciclaje de nutrientes, lo cual se explica por una rica comunidad de descomponedores y fijadores de nutrientes y una densa capa de raíces superficiales, lo cual genera condiciones para el desarrollo de una biota compleja y diversa bajo circunstancias generales de baja fertilidad (Duivenvoorden 1996).

Una clasificación fisionómica general de los ecosistemas boscosos tiene en cuenta los siguientes aspectos (UNESCO 1973; Fosberg 1967):

Altura	Densidad
Bosques altos: mayores a 25 metros	Bosques densos: mayor a 70% de cobertura
Bosques medios: entre 10 y 25 metros	Bosques semidensos: entre 40 y 70% de cobertura
Bosques bajos: menores de 10 metros	Bosques abiertos: menores a 40% de cobertura
Estratificación	Características de las Hojas
Muy estratificados: 3 o más estratos definidos	Mesófilas: delgadas y suaves
Poco estratificados: menos de 3 estratos	Esclerófilas: gruesas y acartonadas

Fuente: Adaptado de IAvH 1997, tomado de UNESCO 1973 y Fosberg 1967

Otra clasificación de tipo funcional que se aplica normalmente para ubicar los bosques húmedos tropicales y demás ecosistemas del planeta, consiste en la definición de los biomas a los que pertenecen. Los biomas se definen como aquellos conjuntos de ecosistemas muy similares entre sí por sus rasgos estructurales y funcionales, los cuales se diferencian por la fisonomía de la vegetación (Hernández,

1997). Un bioma corresponde a un área homogénea en términos biofísicos, ubicable dentro de un zonobioma, orobioma o pedobioma, cada uno de los cuales abarca un conjunto de ecosistemas más específicos.

Los zonobiotomas o biomas zonales son unidades delimitadas por las zonas climáticas que determinan tipos característicos de vegetación. Los orobiomas son los biomas definidos por la presencia de montañas que cambian el régimen hídrico y forman cinturones o fajas de vegetación de acuerdo con su incremento en altitud y la respectiva disminución de la temperatura y pueden subdividirse en franjas altitudinales. Los pedobiomas o biomas azonales resultan de condiciones anormales dentro de los zonobiotomas, originadas por un característico tipo de suelo, en este caso la vegetación y los procesos ecológicos, en general, están más directamente influenciados por las condiciones edáficas e hidrológicas que por las climáticas (Instituto A. v. Humboldt, 1998, IDEAM et al., 2007).

En relación con los ecosistemas de referencia dentro del área de intervención, de la empresa Mineros S.A., ubicada en la cuenca baja del río Nechí en la zona del bajo Cauca, corresponde a la zona de Bosque Húmedo y Bosque muy húmedo tropical. A partir de la información de Ecosistemas Terrestres para Colombia a escala 1:500.000 efectuada por el IDEAM y otras instituciones en 2007 (IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, I. Sinchi e IIAP, 2007), se observan para el área de intervención minera de las planicies aluviales de río Nechí y bajo Cauca, la presencia de tres Biomas Terrestres además de los cuerpos de agua; dichos ecosistemas corresponden a (Corantioquia, 2019):

- Aguas continentales naturales del helobioma Magdalena y Caribe
- Bosques Naturales del Helobioma Magdalena y Caribe
- Bosques Naturales del Orobioma de la serranía de San Lucas
- Bosques Naturales del Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe

De acuerdo con los biomas identificados por IDEAM en 2007 (IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, I. Sinchi e IIAP, 2007), se destaca que para los tres biomas existe una predominancia de Bosques naturales.

El Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe presenta 2 tipos de clima, cálido húmedo y cálido muy húmedo, con una precipitación anual promedio superior a los 2.000 mm en elevaciones desde 0 a 500 metros sobre el nivel del mar. Se ubica en las zonas bajas del Nordeste antioqueño, el valle medio del Río Magdalena y las zonas bajas de los ríos Cauca y Nechí, regiones localizadas en las Territoriales Panzenú y Zenufaná y, en menor proporción en el municipio de Anorí, de la Territorial Tahamíes (Toro, 2009). Este zonobioma se localiza, entre otros, en lomeríos estructurales erosionales y fluviogravitacionales y planicies aluviales, tal como los que se observan en el área de extracción minera.

En estas regiones existen masas boscosas de alta importancia por su extensión, heterogeneidad, existencia de maderas y biodiversidad, en general; igualmente son las áreas de mayor presión, debido a la deforestación por la ampliación de la frontera agropecuaria y por el aprovechamiento de madera, actividades desarrolladas por parte de grupos campesinos asentados en ellas y de flujos migratorios de otras regiones del país.

El Helobioma del Magdalena Caribe, que corresponde a un pedobioma donde se presentan lugares con mal drenaje, encharcamiento permanente o con prolongado periodo de inundación, corresponde en el área jurisdicción de Corantioquia, a las selvas bajas inundables del bajo Cauca y a las áreas de las planicies aluviales de los ríos Cauca, Nechí, Cimitarra y Magdalena en las Territoriales Panzenú y Zenufaná; ocupa una extensión de 1852,41 km², equivalente al 5,14% del total. Presenta los pastos como principal cobertura (27,8%), seguida por aguas continentales (24,8%) y bosques naturales (18,3%).

El Orobioma San Lucas, corresponde a la Serranía de San Lucas y sus estribaciones en altitudes superiores a 500 msnm. Esta serranía está ubicada en el nordeste antioqueño en límites con el departamento de Bolívar, en jurisdicción de los municipios de El Bagre, Nechí, Remedios y Segovia. Ocupa 534,65 km² que equivalen al 1,48% de todo el territorio de la jurisdicción de Corantioquia y es un área que está cubierta en su totalidad por bosques naturales.

4. Metodología utilizada

Es importante, hacer énfasis en lo esencial que es la evaluación de las coberturas de la tierra para comprender los impactos ambientales y socioeconómicos de las actividades humanas. El rápido crecimiento demográfico, la urbanización, la deforestación, la expansión agrícola y otras actividades humanas han generado transformaciones significativas en la superficie terrestre a nivel global. Estos cambios pueden tener consecuencias directas e indirectas en los ecosistemas, la disponibilidad de recursos naturales, la calidad del agua, la biodiversidad y el clima. Por lo tanto, comprender la evolución de las coberturas de la tierra se ha convertido en una herramienta clave para la planificación del desarrollo sostenible y la toma de decisiones informadas en diversos sectores (Ruiz et al., 2014).

Una forma de evaluar las coberturas de la tierra es mediante el análisis multitemporal, que consiste en comparar imágenes satelitales o aéreas de diferentes fechas para identificar las transformaciones que han ocurrido en un área determinada. El análisis multitemporal permite cuantificar y clasificar los cambios de cobertura, así como determinar sus causas, consecuencias, dinámica y tendencias.

Estos análisis utilizan datos obtenidos de diferentes fuentes, como imágenes de satélite, fotografías aéreas ya mencionadas, al igual que datos censales y otros registros, para identificar y mapear los cambios en las coberturas de la tierra en diferentes momentos. Al comparar y analizar estos datos, es posible determinar patrones, tendencias y tasas de cambio, lo que permite comprender mejor los procesos que han dado lugar a las transformaciones observadas. Además, el análisis multitemporal facilita la elaboración de mapas temáticos, modelos predictivos y escenarios futuros de las coberturas de la tierra (Gameiro et al., 2022; Kumar et al., 2020).

Para el análisis multitemporal de coberturas del área objeto de este análisis, se trabajó con mapas de coberturas interpretadas bajo la leyenda y metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia como: Corine Land Cover Colombia. La Metodología "CORINE" (Coordination of Information on the Environment), es un procedimiento para levantamiento e inventario homogéneo de la ocupación del suelo con características técnicas específicas y que tiene como objetivo fundamental la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos a diferentes escalas sobre la cobertura y uso del territorio y de su seguimiento a través del tiempo, mediante la interpretación visual de imágenes satelitales y el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Esta metodología presenta entre otras las siguientes ventajas:

- Permite obtener una capa de cobertura de la tierra de una manera relativamente rápida y sencilla, teniendo una de las mejores relaciones calidad-costos existente.

- Su aplicación permite la comparación de datos y porcentajes de uso y ocupación del territorio.
- Permite hacer análisis multitemporales de ocupación de territorio de una manera relativamente sencilla y rápida.
- Usa una Leyenda jerárquica que se adapta a diferentes temáticas y escalas de trabajo que nos permiten establecer y cuantificar distintos indicadores.

4.1 coberturas y cambios

Para cada uno de los años de análisis se identificaron todas las tipologías de coberturas que permitió el sensor utilizado, para algunas clases se llegó hasta el nivel 5 de la leyenda, mientras que para otras hasta el nivel 2. Además, cada una de estas fue clasificada según su condición, con el objetivo de poder hacer los mapas de cambio, los indicadores de cambio y tendencias. Cada una de las coberturas fue clasificada teniendo en cuenta la leyenda Corine y los siguientes criterios:

Tabla 3. Agrupación de coberturas según su condición

Cobertura	Definición
Silvestre	Matriz natural, donde se incluyen los Afloramientos rocosos, los Arbustales, los Bosques naturales, los Glaciares y Nieves, las Herbáceas y Arbustivas costeras, los Herbazales, las Zonas desnudas, y todas las Áreas húmedas y Cuerpos de agua.
Seminatural	Son aquellas zonas que corresponden a coberturas que se encuentran en un procesos de recuperación o de degradación como la vegetación secundaria o los bosques fragmentados.
Transformado	Matriz rural, donde se incluyen las Áreas agrícolas heterogéneas, los Cultivos Anuales o Transitorios, los Cultivos semipermanentes y permanentes, los Pastos, los Bosques plantados.
Minería	Son aquellas zonas en donde se realiza explotación y extracción de los minerales que se han acumulado en el suelo y subsuelo en forma de yacimientos.

La agrupación de las coberturas, permite sintetizar el estado de conservación del área, los agentes que han incidido tanto en la pérdida, como recuperación de coberturas silvestres y transformadas, y en las acciones de urbanización sobre el territorio.

Una vez analizados los cambios de las principales coberturas, se establecen unos indicadores de cambio que permiten identificar espacialmente dónde se han generado las dinámicas en el territorio (Tabla 4). Dichos indicadores tienen las siguientes características:

Tabla 4. Indicadores de cambio

Año 1	Año 2	Indicador de cambio	Descripción
Silvestre	Silvestre	Silvestre Estable	Indicador que evidencia las zonas que durante el periodo de análisis se mantuvieron bajo coberturas silvestres.
Transformado	Transformado	Transformado Estable	Indicador que evidencia las zonas que durante el periodo de análisis se mantuvieron bajo coberturas transformadas, principalmente aquellas relacionadas con sistemas productivos
Seminatural	Seminatural	Seminatural estable	Indicador que evidencia las zonas que durante el periodo de análisis se mantuvieron bajo coberturas seminaturales, principalmente la vegetación secundaria y bosques fragmentados.
Transformado	Silvestre	Restauración-TS	Indicador que muestra las zonas que durante el periodo de análisis pasaron de ser coberturas transformadas a coberturas silvestres, evidenciando áreas de recuperación.
Silvestre	Transformado	Transformación	Indicador que muestra las zonas que durante el periodo de análisis pasaron de ser coberturas silvestres a coberturas transformadas.
Seminatural	Silvestre	Restauración-SES	Indicador que muestra las zonas que durante el periodo de análisis pasaron de ser coberturas seminaturales (vegetación secundaria y bosques fragmentados) a coberturas silvestres, evidenciando áreas de recuperación.
Silvestre	Seminatural	Degradación	Indicador que muestra las zonas que durante el periodo de análisis pasaron de ser coberturas silvestres a coberturas seminaturales, evidenciando procesos iniciales de transformación.
Transformado	seminatural	Restauración-TSE	Indicador que muestra las zonas que durante el periodo de análisis pasaron de ser coberturas transformadas a coberturas seminaturales, evidenciando la primeras etapas de los procesos de recuperación.
Seminatural	Transformado	Transformación	Indicador que muestra las zonas que durante el periodo de análisis pasaron de ser coberturas seminaturales a coberturas transformadas.

Seminatural	Minería	Disturbación Minera (o Áreas disturbadas por minería) - Pérdida parcial o total de cobertura seminatural	Indicador que muestra las zonas que durante el periodo de análisis pasaron de ser coberturas seminaturales (vegetación secundaria y bosques fragmentados) a ser zonas con pérdida parcial o total de los atributos de cobertura.
Minería	Minería	Minería estable	Indicador que muestra las zonas que durante el período de análisis se mantienen bajo intervención minera sin cambios relevantes.
Silvestre	Minería	Disturbación Minera (o Áreas disturbadas por minería) - Pérdida parcial o total de cobertura silvestre	Indicador que muestra las zonas que durante el periodo de análisis pasaron de ser coberturas silvestres a ser zonas con pérdida parcial o total de los atributos de cobertura.
Transformado	Minería	Disturbación Minera (o Área disturbadas por minería)- Pérdida parcial o total de cobertura transformada	Indicador que muestra las zonas que durante el periodo de análisis pasaron de ser coberturas transformadas a ser zonas con pérdida parcial o total de los atributos de cobertura.
Minería	seminatural	Restauración-MSE	Indicador que evidencia procesos de recuperación durante el periodo de análisis pasando de ser áreas disturbadas por procesos mineros, a zonas con coberturas seminaturales.
Minería	Silvestre	Restauración-MS	Indicados que evidencia procesos de recuperación durante el periodo de análisis pasando de ser áreas disturbadas por procesos mineros, a zonas con coberturas silvestres.
Minería	Transformado	Rehabilitación	Indicador que muestra las zonas que durante el período de análisis pasan de área de disturbación por procesos mineros a ser coberturas transformadas.

Fuente: Elaboración EAN 2023

El color de sombreado de las celdas en la Tabla 4 facilitan la interpretación de los cambios de coberturas en los mapas, para los diferentes periodos de tiempo del análisis multitemporal.

4.2 Componente Biodiversidad

Con el fin de obtener información oficial respecto de los reportes de la biodiversidad asociados al área de estudio, se extrajo la información reportada en el Sitio de Información de Biodiversidad Global, GBIF por sus siglas en inglés (*Global Biodiversity Information Facility*), y se identificaron las principales especies de fauna reportadas de los grupos taxonómicos más representativos como son las aves, los mamíferos, los anfibios y los insectos.

Teniendo en cuenta que para los datos allí reportados no se conocen las técnicas o metodologías de monitoreo, ni la periodicidad o el esfuerzo realizado, a partir de dicha información sólo se definieron valores de riqueza absoluta, referida al número total de especies reportadas, coincidentes con el periodo de estudio del análisis de las coberturas de la tierra, tomando como año inicial la información reportada en 2009.

Adicionalmente, para cada grupo taxonómico se identificó el grado de amenaza de las diferentes especies reportadas, de acuerdo a la clasificación del listado rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y a la resolución 1912 de 2017 *“Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones”* se presentaron aquellas especies con grados altos de amenaza, que corresponden a aquellas bajo las categorías de Vulnerable (VU), En Peligro (EN) y En Peligro Crítico (CR), según la siguiente definición:

1. En Peligro Crítico (CR): aquellas especies que están enfrentando un riesgo de extinción extremadamente alto en estado de vida silvestre.
2. En Peligro (EN): Aquellas que están enfrentando un riesgo de extinción muy alto en estado de vida silvestre.
3. Vulnerable (VU): Aquellas que están enfrentando un riesgo de extinción alto en estado de vida silvestre.

Finalmente, se seleccionaron especies sombrilla de la biodiversidad que denoten procesos de conservación y en base a sus atributos ecológicos como especie, se buscó analizar con su presencia o ausencia, las condiciones del ecosistema y la disponibilidad de recursos que presenta el hábitat del que dispone en las áreas objeto de intervención de la empresa.

4.3 Componente Cambio Climático

Metodológicamente el análisis de este componente se realiza a partir de información secundaria consultada en fuentes de información oficial para el cada uno de los Departamentos (La Guajira, el Cesar, Antioquia y Córdoba) se parte de un breve diagnostico regional haciendo énfasis en los principales factores ecosistémicos y bióticos que se ven afectados por el Cambio Climático, sobre los que profundiza el Plan Integral de Cambio Climático Regional- PIGCC, a partir de la generación de escenarios que muestran el grado de vulnerabilidad de esta Región ante los posibles efectos de este fenómeno y la relación que guardan los mismos con la disturbación minera asociada a la producción de Carbón Térmico, Oro Aluvial y Ferróníquel según sea el caso

4.4 Componente Social

En este análisis, se incorporan las principales dinámicas territoriales asociadas a la operación minera y su participación en la economía regional, toda vez que el sector es una fuente importante de ingresos que contribuye al desarrollo de los Departamentos productores de minerales y que a lo largo de los años ha jalonado el crecimiento poblacional y el surgimiento de encadenamientos en los municipios que abarca su área de influencia, por lo que se considera que tiene impactos positivos importantes sobre diversas comunidades asentadas en inmediaciones de los proyectos mineros tanto existentes como potenciales.

Adicionalmente, considerando que los actores territoriales tienen un rol central en el mejoramiento de las dinámicas asociadas al sector y sus impactos en el nivel territorial, su percepción y expectativas de la gestión socio - económica y ambiental de la compañía durante el transcurso de su intervención minera, así como en las iniciativas de rehabilitación y compensación que vienen adelantando, además del futuro cese de operaciones, marca la manera en que confluyen las distintas aristas del entramado social en la región, dentro de las cuencas hidrográficas de estudio, interacción que se aborda en el presente análisis.

5. Caso Cerrejón - Producción de Carbón Térmico - Cuenca del Río Ranchería

5.1 Análisis multitemporal de coberturas

El análisis multitemporal se realiza dentro de los periodos, previamente acordados entre los equipos técnicos de la EAN y de Cerrejón, haciendo uso de la mejor información disponible así:

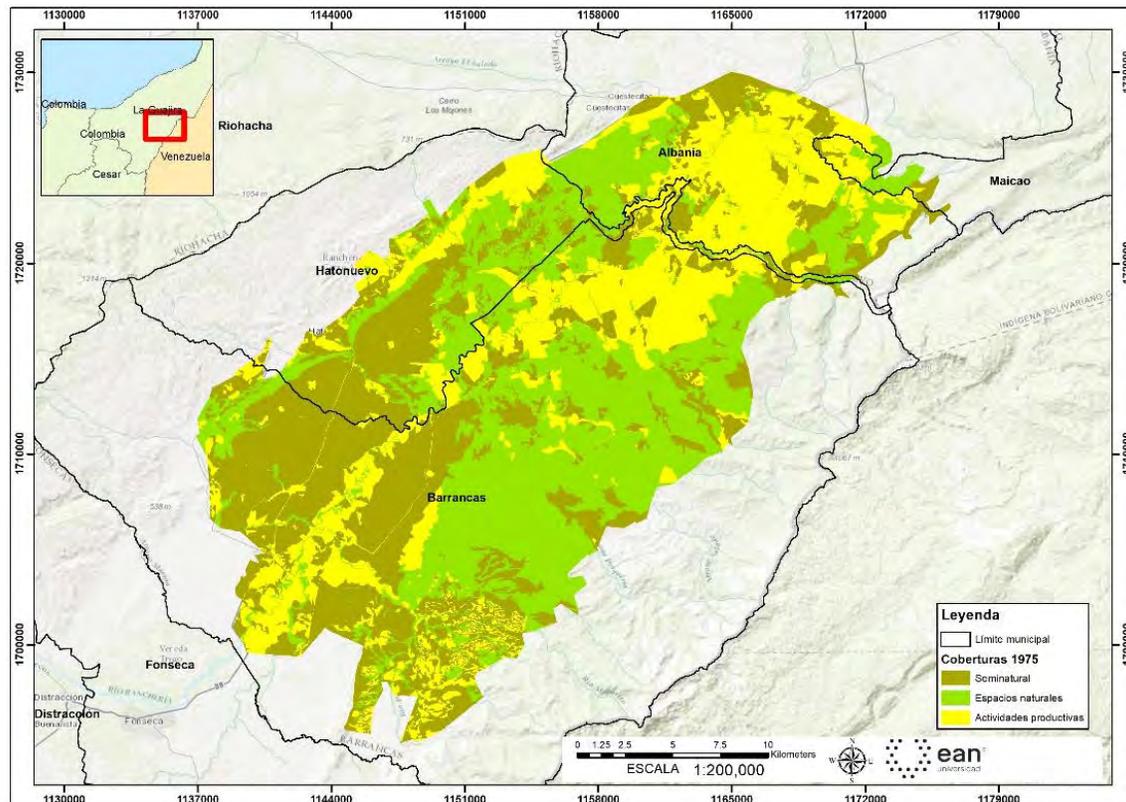
- * Antes (Años 70's),
- * Inicio de operación minera (1985),
- * Periodo de cambio (2014 - 2023).

5.2 Cambio de coberturas

De acuerdo al análisis de las imágenes satelitales para el área de estudio, se presentan los principales hallazgos asociados al cambio de coberturas de la tierra en el polígono de influencia minera, dicha información fue contrastada en la visita de campo realizada, corroborando las evidencias de transformaciones en el territorio.

En el año 1975 el área de influencia minera no contaba con zonas de explotación, predominaban los espacios naturales en el rededor de un (36.55%) del paisaje, por otra parte los ecosistemas secos y áreas seminaturales estaban presentes en un (35.52%), siendo destinadas a usos mixtos y a extracción selectiva de especies. Casi el 28% del área restante estaba cubierta por zonas dedicadas a la actividad agropecuaria, especialmente al cultivo de algodón y marihuana.

Ilustración 4. Coberturas área de influencia minera 1975

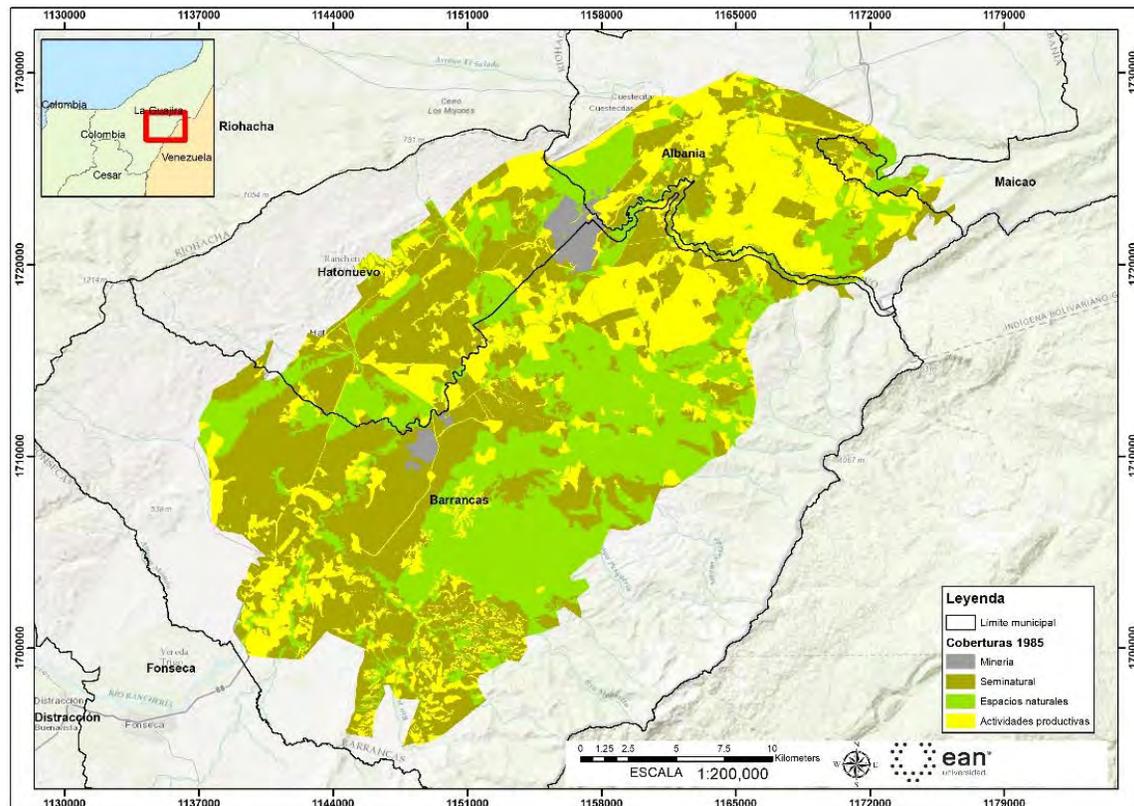


Fuente: Elaboración EAN 2023

Se observa un mosaico bastante equitativo en términos de área de las tres coberturas identificadas, si bien los espacios naturales constituidos por bosques secos predominan, ya se evidencia una marcada fragmentación del área de estudio donde las coberturas relacionadas con actividades productivas y espacios seminaturales, generan una discontinuidad en la matriz boscosa.

Para el año 1985 se evidencia la aparición de zonas de extracción minera ocupando el (1.6%) del área de referencia de 66.526 ha; debido a la transformación de espacios naturales y áreas seminaturales, estas últimas aumentan en el territorio a través de procesos de degradación de los bosques. Por su parte, las zonas de actividades productivas se mantienen casi con el mismo porcentaje (27%), bajo las mismas actividades agropecuarias.

Ilustración 5. Coberturas área de influencia minera 1985

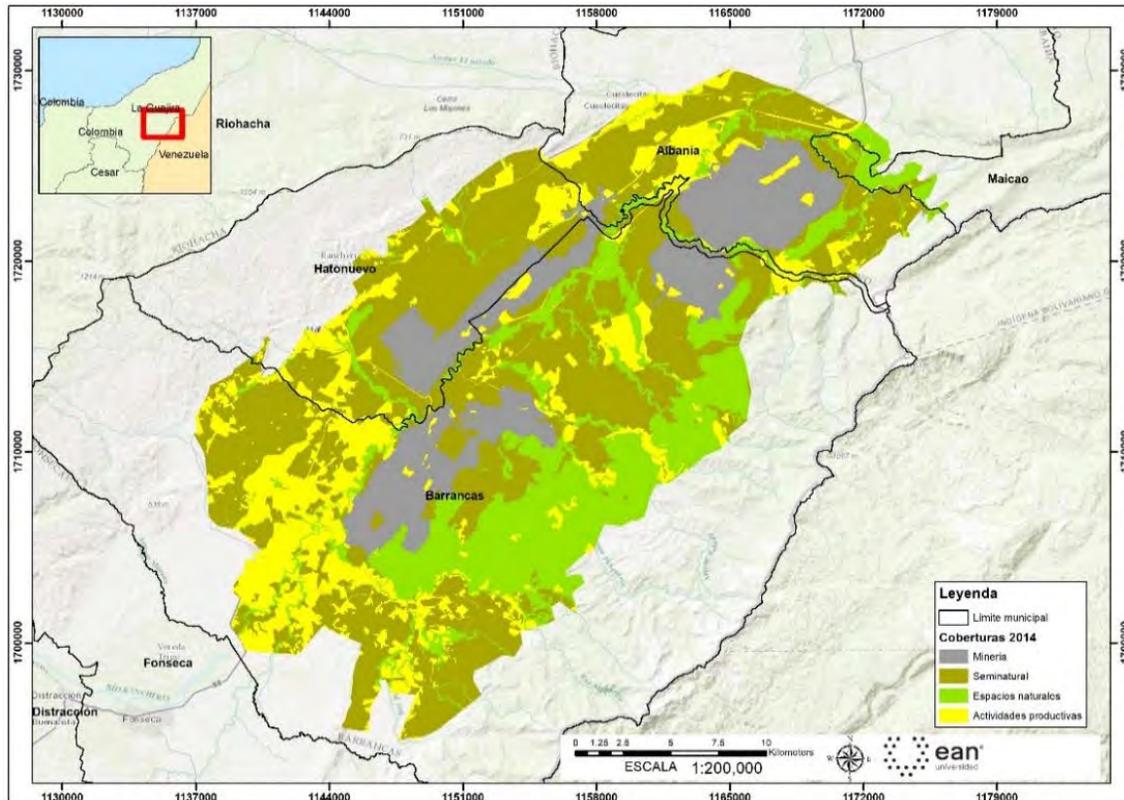


Fuente: Elaboración EAN 2023

Si bien para este periodo de análisis se evidencian coberturas asociadas a la extracción minera, es muy pequeña al compararla con el área total de estudio, los espacios naturales se redujeron hasta ocupar el 31.22% y los espacios seminaturales aumentaron al 39.89% evidenciando una tendencia de transformación de los bosques secos hacia espacios seminaturales principalmente en el sector noroccidental del polígono.

En el año 2014 las coberturas naturales y seminaturales se evidencian más fragmentadas, sobre todo por el incremento notorio de las zonas de extracción minera, que llegaron a ocupar aproximadamente 10,000 ha (16%) del área total de la zona de influencia minera. Dichas zonas mineras, se originaron principalmente sobre áreas destinadas al uso agropecuario y sobre las áreas seminaturales. También se evidencia un aumento de las coberturas seminaturales, producto de procesos de recuperación de áreas agropecuarias.

Ilustración 6. Coberturas área de influencia minera 2014



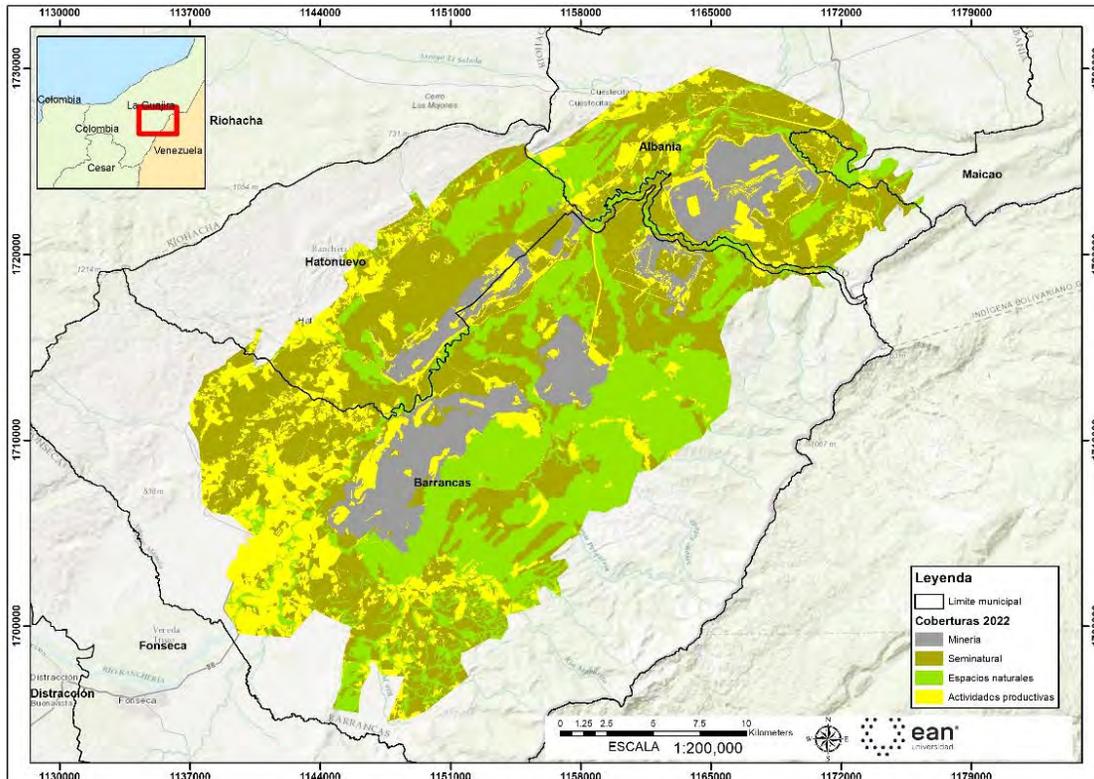
Fuente: Elaboración EAN 2023

Los espacios naturales continúan disminuyendo en el área del polígono de influencia minera hasta ocupar apenas el 21.23% del total del área, continua la tendencia de degradación de áreas naturales en el sector noroccidental del polígono y se evidencian cambios positivos en antiguas áreas productivas que pasan a ser espacios seminaturales.

Aunque para el año 2022 se evidencia la aparición de una nueva zona de extracción minera que puede aumentar los procesos de fragmentación, también se observan varios procesos de restauración y recuperación de ecosistemas, pues las zonas de extracción minera en general empiezan a disminuir paulatinamente, llegando a ocupar aproximadamente el 12 % del área de influencia.

Las otras tres coberturas aumentan de tamaño. En este sentido, las áreas de actividades productivas aumentan debido principalmente a que en los primeros procesos de recuperación de las zonas mineras se evidencia pastos limpios. Por otra parte, el aumento de las coberturas seminaturales y espacios naturales son el resultado de procesos de restauración.

Ilustración 7. Coberturas área de influencia minera 2022



Fuente: Elaboración EAN 2023

La cobertura de espacios naturales aumenta significativamente en relación con el periodo anterior y pasa a ocupar el 28.69 % del área del polígono de influencia minera. Se evidencia un pronunciado proceso de recuperación en el sector noroccidental, antes con evidentes procesos de degradación, pasando de espacios seminaturales a coberturas boscosas y en algunos casos de actividades productivas a seminaturales. A continuación, se presentan los valores porcentuales y en área de las coberturas analizadas para los diferentes periodos de tiempo evaluados.

Tabla 5. Cambio de coberturas en zona de influencia minera

Cobertura	TOTAL ZONA MINERA							
	1978		1985		2014		2022	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Minería	0	0	1.063,18	1,60	10.569,57	15,89	8.058,26	12,11
Seminatural	23.630,44	35,52	26.535,22	39,89	29.423,93	44,23	25.980,09	39,05
Espacios naturales	24.317,15	36,55	20.766,68	31,22	14.123,31	21,23	19.086,14	28,69
Actividades productivas	18.579,24	27,93	18.161,75	27,30	12.410,02	18,65	13.402,34	20,15
TOTAL	66.526,84	100,00	66.526,84	100,00	66.526,84	100,00	66.526,84	100,00

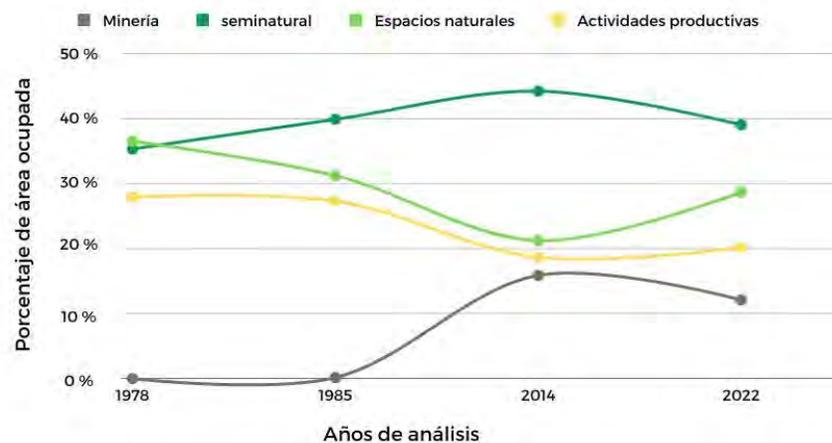
Fuente: Elaboración EAN 2023

Como se observa en la tabla, el área total del polígono de influencia minera corresponde a 66.526,84 hectáreas. A continuación, se presenta de manera gráfica el cambio tendencial de las principales coberturas en el área de influencia minera.

Ilustración 8. Cambio tendencial de las principales coberturas en el área de influencia minera

Cambio tendencial de coberturas

Área total de análisis correspondiente a 66.526,84 hectáreas



Fuente: Elaboración EAN 2023

En conclusión, la zona de influencia minera ha tenido desde 1975 una dinámica de transformación muy variada, en particular hasta el año 2014. Los procesos de fragmentación ecosistémica también han aumentado generando cambios en los atributos de función, estructura y composición, siendo principalmente los espacios naturales las coberturas con el porcentaje más alto de disminución.

En el año 2022, se observa una dinámica de transformación muy interesante, pues además de que el porcentaje de la zona de extracción minera decrece, las coberturas seminaturales presentan el mismo comportamiento, dando paso al incremento de los espacios naturales producto de acciones de restauración.

Ahora bien, dentro del análisis planteado de coberturas se analiza de manera independiente el cambio asociado a las áreas de compensación establecidas como requisito de ley en el marco del licenciamiento ambiental otorgado a la empresa Carbones del Cerrejón Limited.

Según los antecedentes descritos en el Auto 03442 de 27 de abril de 2020, mediante las comunicaciones con radicación No ANLA 2017065120-1-000 del 16 de agosto de 2017 y 2017104022-1-000 del 28 de noviembre de 2017, la Sociedad Carbones del Cerrejón Limited, remitió a la ANLA los documentos denominados "**Propuesta metodológica ajustada para compensaciones ambientales integral por pérdida de biodiversidad, por la intervención de las áreas mineras asociadas a la**

Resolución 2097 de 2005” y “Propuesta conceptual de compensación ambiental Integral por pérdida de biodiversidad, por la intervención de las áreas mineras asociadas a la Resolución 2097 de 2005 “; este último incluyó la siguiente información al documento entregado en agosto de 2017:

1. Actualización de las cifras de intervención 2007-2033 asociadas a las áreas mineras previstas en la Resolución 2097 de 2005;
2. Alternativas de proyectos a implementar como medida de compensación;
3. Nuevo portafolio de compensaciones ajustado con cronograma de implementación para el corredor biológico del Agua sector R1, y
4. Tabla de equivalencias de las medidas de compensación presentadas en el portafolio.

Lo anterior con el propósito de cumplir con lo establecido en el numeral 5.2 del artículo cuarto de la Resolución 1632 de 15 de agosto de 2006, que modificó el numeral 6.7 del artículo sexto de la Resolución 2097 del 16 de diciembre de 2005, donde el entonces MAVDT indicó respecto de la ficha de manejo de coberturas vegetales (PBF-06) del referido Plan de Manejo Ambiental Integral, que para las áreas que aún no habían sido intervenidas por el proyecto minero, la sociedad debía diseñar y presentar a este Ministerio un modelo de sustitución o rehabilitación que permitiera soportar las cifras o valores de restauración y compensación por afectación de los recursos naturales renovables.

Mediante Auto 1502 del 12 de abril de 2018, la ANLA acepta el arreglo metodológico presentado por la sociedad Carbones del Cerrejón Limited, como el modelo de sustitución o rehabilitación que permita soportar las cifras o valores de restauración y compensación por afectación de los recursos naturales renovables, conforme a lo establecido en el numeral 5.2 del Artículo Cuarto de la Resolución 1632 del 15 de agosto de 2006 por la cual se modificó el numeral 6.7 del Artículo Sexto de la Resolución 2097 de 2005, que contempla las siguientes estrategias de conservación:

- a. Restauración activa y pasiva
- b. Compra de predios
- c. Construcción y/o adecuación de pasos de fauna
- d. Acuerdos de conservación
- e. Herramientas de manejo de paisaje
- f. Medidas preventivas de conflicto felino
- g. Siembra y cosecha de agua

Adicionalmente, mediante Resolución 514 del 16 de abril de 2018, la ANLA modifica el subnumeral 5.2 del numeral 5 del artículo cuarto de la Resolución 1632 del 15 de agosto de 2006, en el sentido de adicionar los siguientes literales:

- h. Las equivalencias en hectáreas para las estrategias de conservación que permitan soportar las cifras o valores de restauración y compensación por afectación de los recursos naturales renovables serán las siguientes: ... (Tabla)
- i. Las nuevas compensaciones en el componente biótico, incluyendo la compensación por pérdida de biodiversidad que sean objeto de aplicación de la Resolución 256 del 2018 o la que la modifique, sustituya o derogue, harán parte integral del modelo de sustitución o rehabilitación que permita soportar las cifras o valores de restauración y compensación por afectación de los recursos naturales renovables.

Como propuesta conceptual de compensación ambiental la empresa planteó la conformación de un corredor biológico que permita restablecer la conectividad de dos ecosistemas estratégicos para la región y la cuenca del Río Ranchería, la Serranía del Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta. Esto permitirá la restauración ecológica del Bosque seco tropical y la recuperación de hábitat de especies amenazadas, además de los beneficios sociales asociados al involucramiento de comunidades en los acuerdos de conservación y actividades conexas a este propósito. Dicho corredor biológico se conoce como **Corredor Wüin-Mana**, para el cual se presenta el siguiente análisis de coberturas.

5.3 Cambio de coberturas corredor Wüin-Mana

Dentro del corredor Wüin-Mana que abarca un área total de 11.353,65 hectáreas, se encontraron las cuatro tipologías de coberturas, es importante mencionar que las zonas de extracción minera incluidas corresponden a 10 ha para el año 2014 y 0,5 ha para el año 2022. Las coberturas seminaturales y espacios naturales son las predominantes en los dos años de estudio.

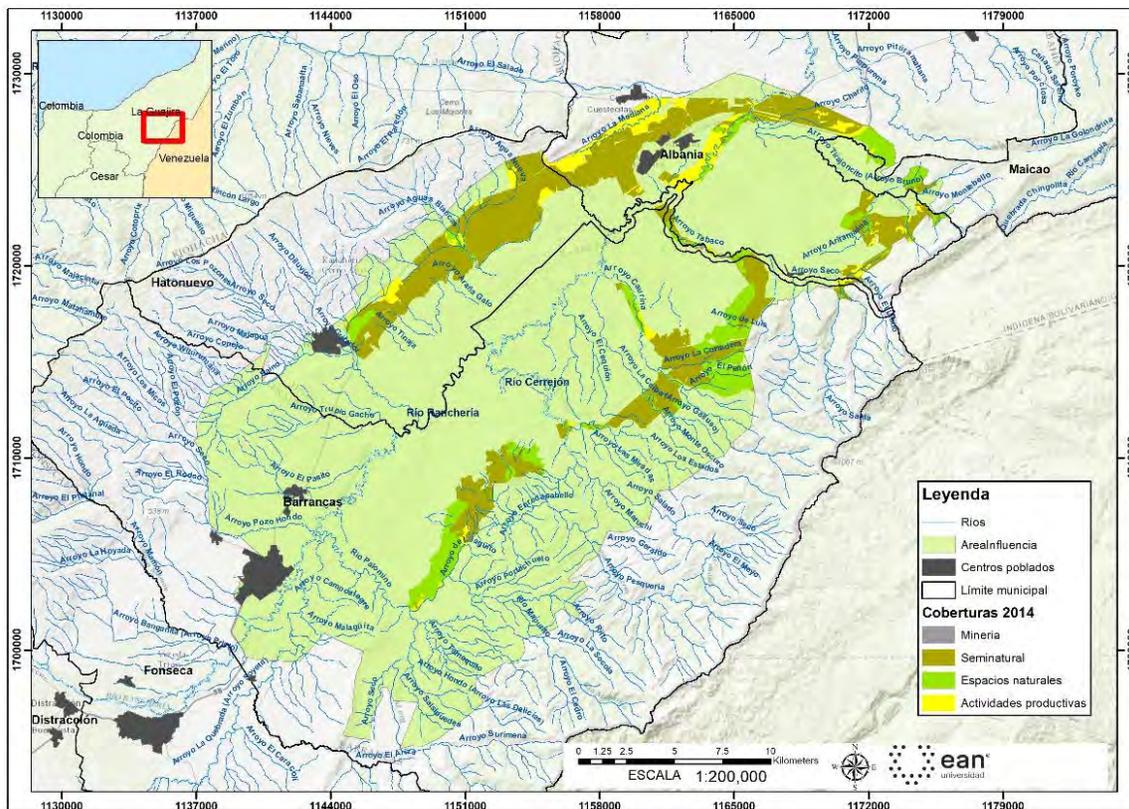
Tabla 6. Cambio de coberturas en corredor Wüin-Mana

Cobertura	Corredor Biológico			
	2014		2022	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Minería	10,87	0,09	0,42	0,00
Seminatural	7.481,64	64,86	4.802,89	41,64
Espacios naturales	2.728,89	23,66	5.622,40	48,74
Actividades productivas	1.314,25	11,39	1.109,4	9,62
TOTAL	11.535,65		11.535,65	

Fuente: Elaboración EAN 2023

En el año 2014 se observa que los espacios seminaturales son predominantes llegando a ocupar aproximadamente el 64 % del corredor, las actividades productivas por su parte ocupan cerca del 11%; ambas coberturas evidencian los primeros pasos en los procesos de restauración ecosistémica.

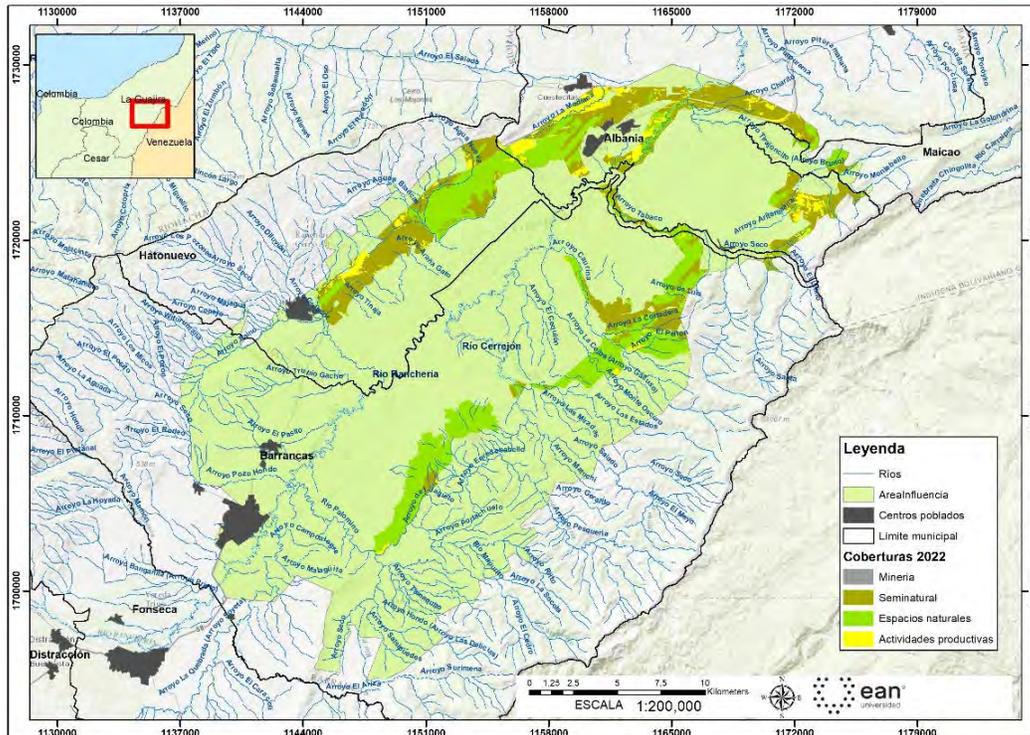
Ilustración 9. Coberturas corredor Wüin-Mana 2014



Fuente: Elaboración EAN 2023

En el año 2022 las áreas destinadas a actividades productivas disminuyen y las coberturas seminaturales aumentan, lo que es un claro indicador de la restauración ecológica, pues paralelamente los espacios naturales aumentaron llegando a ocupar cerca del 50% del corredor.

Ilustración 10. Coberturas corredor Wüin-Mana 2022



Fuente: Elaboración EAN 2023

Ilustración 11. Cambio tendencial de las principales coberturas en el corredor Wüin-Mana

Cambio tendencial de coberturas Corredor Biológico Wüin-Mana

Área total de análisis correspondiente a 11.535,65 hectáreas



Fuente: Elaboración EAN 2023

5.4 Indicadores de cambio Corredor Wüin-Mana

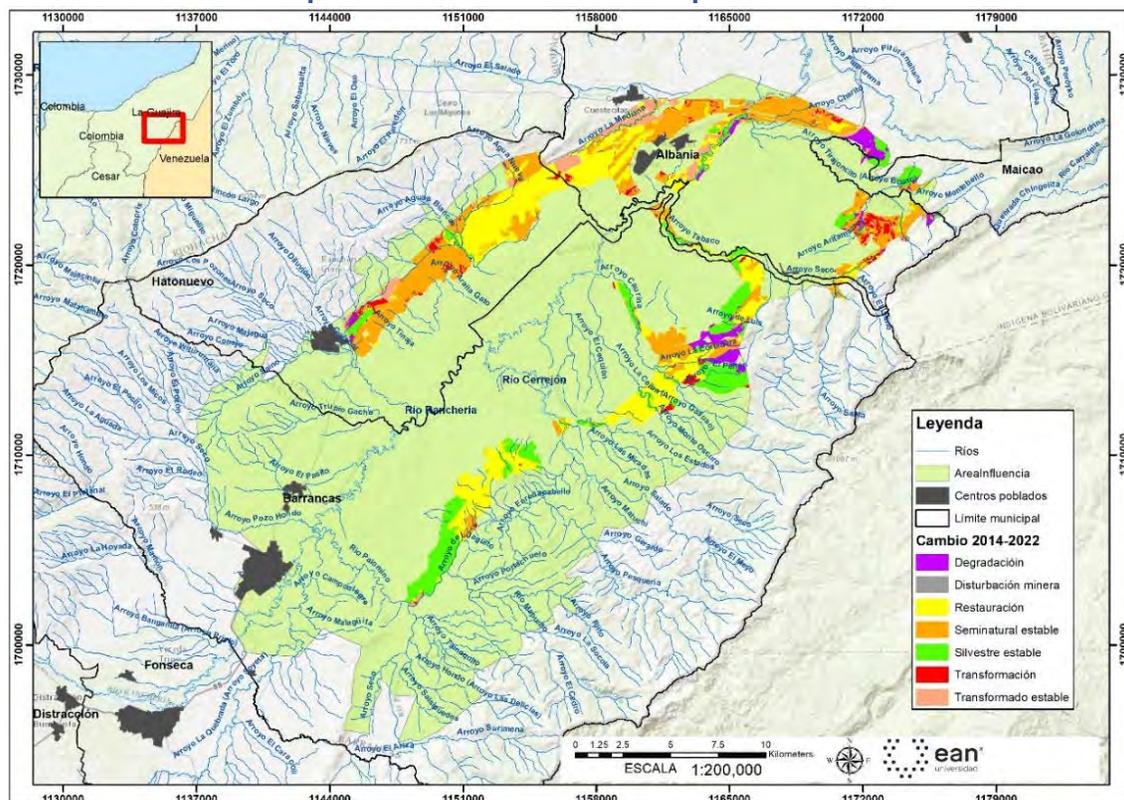
Dentro del corredor Wüin-Mana se identificaron seis indicadores de cambio, los cuales evidencian una dinámica de transformación fuerte y sobre todo tendiente a la recuperación de los ecosistemas. Los indicadores de seminatural estable y silvestre estable, que en conjunto suman casi el 40% del corredor, indican que durante el periodo de tiempo analizado la zona se mantuvo en buen estado de conservación.

Tabla 7. Indicadores de cambio de coberturas en corredor Wüin-Mana

Indicadores de cambio	Cambio 2014-2022	
	Área (ha)	%
Degradación	554,36	4,81
Seminatural estable	3.748,50	32,49
Silvestre estable	2.140,04	18,55
Transformación	459,03	3,98
Transformado estable	647,67	5,61
Restauración	3.985,62	34,55

Fuente: Elaboración EAN 2023

Ilustración 12. Mapa de indicadores de cambio para el corredor Wüin-Mana



Fuente: Elaboración EAN 2023

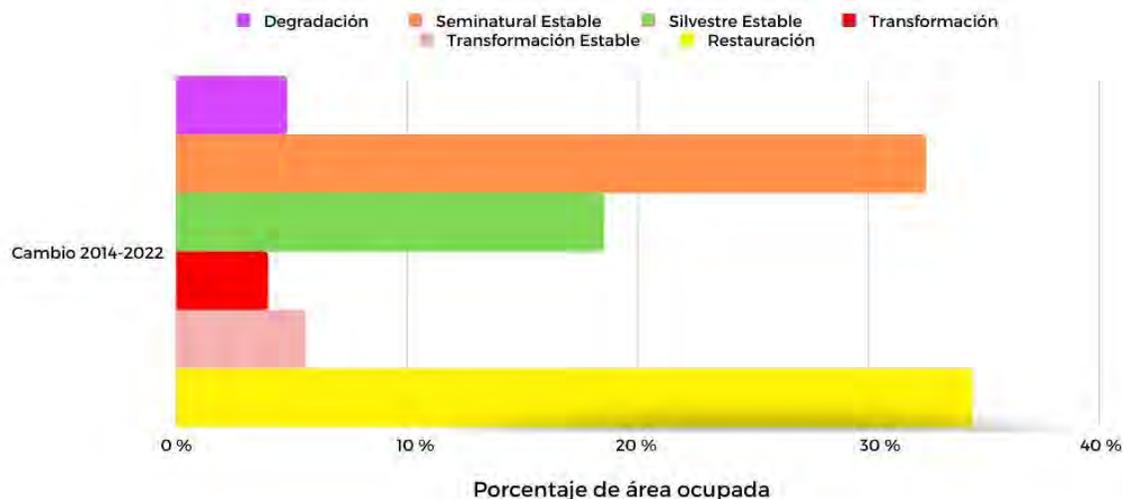
Por su parte el indicador de restauración está mostrando la recuperación de los ecosistemas, de las casi 11.000 ha del corredor, aproximadamente 4.000 ha que corresponde al 34 % de la zona, son áreas que se encuentran en algún estado del proceso de restauración, algunas se encuentran en pastos, otras en coberturas seminaturales y otras ya son bosques.

Al sumar el área de restauración con las que se encuentran estables en coberturas seminaturales y en espacios naturales, se evidencia que aproximadamente el 75% del corredor esta en proceso de recuperar sus atributos de composición, estructura y función, lo cual permitirá el flujo ecológico entre distintos ecosistemas estratégicos de la región.

Ilustración 13. Indicadores de cambio de coberturas en corredor Wüin-Mana

Indicadores de cambio de coberturas Corredor Biológico Wüin-Mana

Área total de análisis correspondiente a 11.535,65 hectáreas



Fuente: Elaboración EAN 2023

Los indicadores que muestran deterioro del corredor, evidencian valores bastante bajos, pues entre la degradación del bosque, la transformación y el transformado estable suman cerca de 1.600 ha que corresponden aproximadamente al 12 %.

5.5 Análisis de Abundancia y Riqueza de grupos taxonómicos en el corredor Wüin- Mana

En el polígono identificado como corredor Wüin Mana, donde la Empresa Carbones del Cerrejón ha realizado acciones de recuperación, se tomaron como información secundaria, los inventarios y reportes de especies que arroja el Sistema Global de Información sobre Biodiversidad-GBIF (por sus siglas en inglés) y a partir de estos datos, se realizó el análisis de abundancia y riqueza de los grupos taxonómicos de especies de fauna representativos de la Biodiversidad asociados al análisis de coberturas en el corredor.

Para el análisis de abundancia absoluta y riqueza de especies de la biodiversidad se priorizaron 4 grupos de fauna como indicadores del estado de los ecosistemas presentes en los polígonos donde se analizaron las coberturas. Los grupos taxonómicos priorizados corresponden a:

- * Avifauna,
- * Herpetofauna (anfibios y reptiles),
- * Mastofauna (mamíferos) y
- * Entomofauna (insectos).

Para los análisis realizados los datos corresponde al número total de especies reportadas para los diferentes periodos con los que se cuenta información, en el Anexo No.1 se presentan los listados reportados en el sistema de Información GBIF para los diferentes grupos taxonómicos identificados anteriormente.

Avifauna

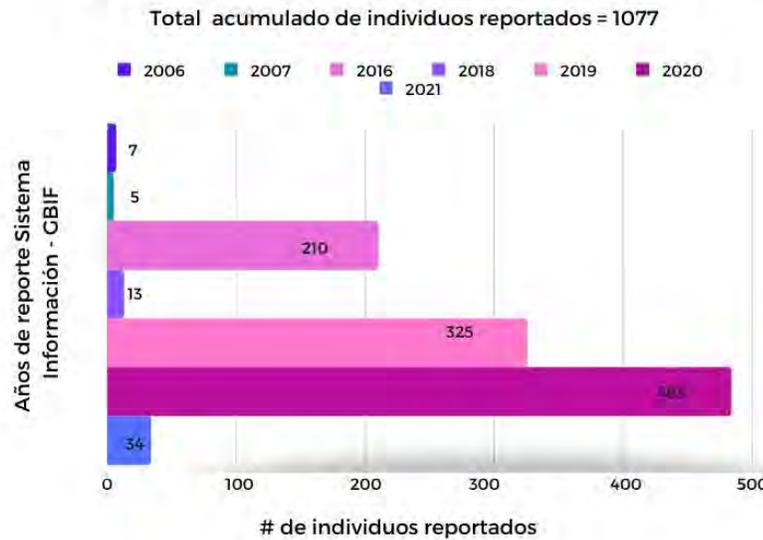
Las aves son fundamentales en la dinámica ecológica de los ecosistemas ya que, con su comportamiento y desarrollo, contribuyen al proceso de polinización y dispersión de semillas, facilitando los procesos de regeneración natural de los bosques y enriquecimiento de los ecosistemas, ya que pueden traer material genético de áreas cercanas y promover procesos de sucesión natural.

De igual manera, son indicadores de las condiciones ambientales de un hábitat y cumplen un papel importante en las cadenas tróficas ya que son el grupo que mayor cantidad y variedad de gremios tróficos presenta en relación con los niveles funcionales de consumo ya que pueden ser Carnívoros, Carroñeros, Frugívoro, Frugívoro/Insectívoro, Granívoro, Herbívoro/Granívoro, Insectívoro, Insectívoro/Carnívoro, Invertebrados, Nectarívoro, Omnívoro, Piscívoro, Piscívoro/Invertebrados (Rodríguez Mahecha et al. 2008).

A continuación, se presenta gráficamente los valores de abundancia correspondientes para cada año reportadas en el GBIF para el polígono Corredor Wuin Mana, identificando el total general para el conjunto de años evaluados.

Ilustración 14. Abundancia de individuos por grupo taxonómico - Aves

Abundancia de aves reportada Corredor Biológico Wüin-Mana



Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF- EAN 2023



Colibrí colirrojo
Amazilia tzacatl

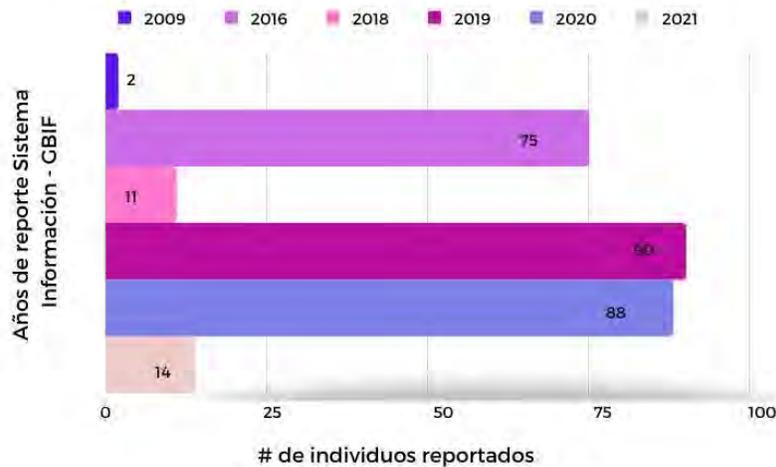
Cucarachero
Campylorhynchus



Como se aprecia en el gráfico los reportes de abundancia de aves han ido en aumento en los diferentes periodos, esto podría indicar un mejoramiento de los hábitats disponibles para las especies, aunque no es posible asegurar que se debe exclusivamente a los procesos de transformación positiva que ha sufrido la zona como resultado de las acciones de compensación, ya que puede obedecer igualmente a un mayor esfuerzo de muestreo en los años donde hay mayor número de reportes.

Ilustración 15. Riqueza de aves reportadas por año

Riqueza de aves reportada Corredor Biológico Wüin-Mana



Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF- EAN 2023

Frente al reporte de riqueza se puede afirmar que el año con mayor número de especies reportadas corresponde al 2019, en el cual se registraron un total de 90 especies de aves, seguido por el año 2020 con 88 especies en el polígono de análisis. Al respecto es importante señalar que, si bien en el año 2020 se reportó una mayor abundancia de individuos con un total de 483 contra 335 reportados en 2019, se encontró mayor riqueza de especies en el año 2019. Esto puede indicar que la curva de riqueza de especies tiende a estabilizarse cerca a ese valor, pero también puede obedecer a los periodos o épocas del año en lo que se realizaron los muestreos, teniendo en cuenta las temporadas de migración de especies tanto australes como boreales a los ecosistemas tropicales.

Las tres principales especies de aves reportadas en el sistema de información para el corredor corresponden a:

* La perlita gris o Curruca Tropical en Colombia (*Polioptila plumbea*), es una especie de ave paseriforme de la familia Polioptilidae perteneciente al género Polioptil.

* El benteveo (*Pitangus sulphuratus*), también conocido como bienteveo común o Cristofué, es una especie de ave paseriforme perteneciente a la familia Tyrannidae, la única del género monotípico *Pitangus*.

* *Troglodytes aedon* es una especie de ave paseriforme de la familia Troglodytidae, conocido en Colombia como Cucarachero Común.

Como se evidencia en las gráficas tanto de abundancia de individuos como de riqueza de especies, la incertidumbre en los esfuerzos de muestreo no permite saber con certeza una tendencia respecto de la

recuperación ecosistémica en función de las especies presentes, sin embargo, si es claro que a mayor número de reportes de individuos mayor número de especies reportadas. **Para disminuir esa incertidumbre, se hace necesario plantear unas metodologías de muestreo de especies estandarizadas y periódicas a lo largo de los años, que permita hacer seguimientos constantes y comparables en el tiempo.** Por otra parte, la riqueza de aves general del polígono correspondiente al corredor Wuin Mana para el total de años analizados corresponde a 154 especies de aves reportadas.

Mastofauna

Los mamíferos componen poblaciones y comunidades de especies relevantes para el funcionamiento de los ecosistemas, tanto los mamíferos frugívoros como los carnívoros tienen una alta importancia en la dispersión de semillas de frutos que requieren ser digeridos para encontrar condiciones aptas para su germinación (endozoocoria). (Traveset 1998 en González-Varo, et. Al. 2015)

Además, su diversidad alimentaria e importancia en las cadenas tróficas para transformar la energía de los productores primarios en niveles secundarios y terciarios hacen que su presencia sea un gran biondicador de estados avanzados de regeneración ecosistémica, en particular especies de carnívoros que se ubican en la parte alta de las cadenas tróficas y cuyos requerimientos de área, comida (presas) y refugio indican hábitats que proveen todas las características para la ocupación de esos nichos ecológicos. En el Anexo No.1 se presentan las especies de mamíferos reportadas en el GBIF por el Corredor Wüin-Mana.

Siendo especialmente importante mencionar que las tres especies con mayor número de reportes en términos de abundancia para el año 2016 son:

* El conejo de Florida (*Sylvilagus floridanus*) es una especie de mamífero lagomorfo de la familia Leporidae. (47 individuos)

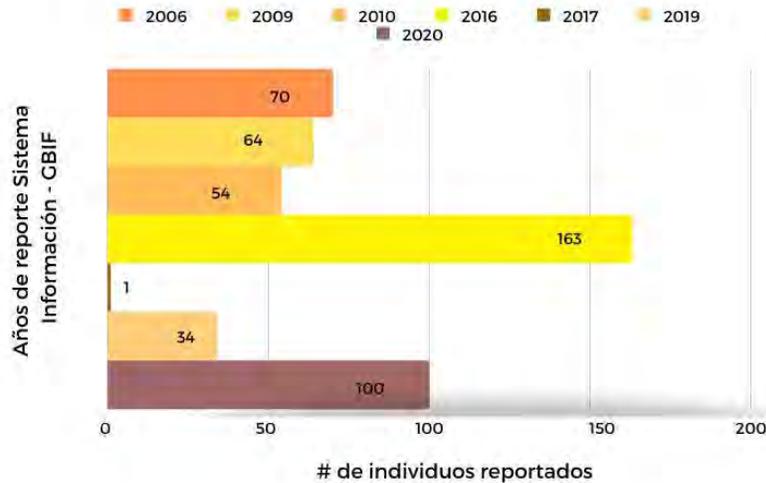
* El mapache cangrejero, mapache sudamericano o aguará popé (*Cerdocyon thous*)(31 individuos) es un animal nativo de América del sur perteneciente a la familia de los mapaches y el Zorro Cangrejero (*Procyon cancrivorus*)(37 Individuos). Y para el año de Mayor riqueza 2020, se destaca el reporte de:

* El Ocelote (*Leopardus pardalis*) es una especie de mamífero carnívoro de la familia Felidae. Conocido en Colombia como Tigrillo (17 individuos)

La mayor abundancia de mamíferos reportados corresponde al año 2016 con un total de 163 individuos, seguido por los años 2020 con 100 reportes y 2006 con 70 individuos referenciados. El año 2017 sólo se hizo un reporte que corresponde a un mono capuchino (*Cebus cesarae*), el cual según los listados de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) corresponde a una especie endémica bajo categoría de amenaza. A continuación, se presentan la gráfica de los resultados de abundancia para la mastofauna en el corredor Wüin Mana.

Ilustración 16. Abundancia de individuos grupo - Mamíferos

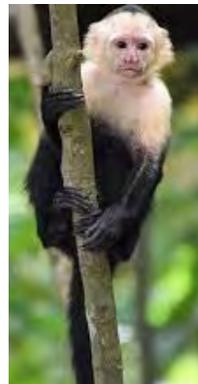
Abundancia de mamíferos reportada Corredor Biológico Wüin-Mana



Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF- EAN 2023

Mono Capuchino
Cebus capucinus

De acuerdo a la gráfica, la mayor abundancia de mamíferos reportados en el corredor Wüin-Mana corresponde al año 2016 con un total de 163 individuos, reportados. De igual manera, para el año 2020 se reportaron un total de 100 individuos, siendo el segundo valor más alto. Si se suman los diferentes reportes realizados para los diferentes periodos de análisis, se obtiene que la abundancia absoluta para el corredor corresponde a 486 mamíferos reportados en el periodo de tiempo evaluado.

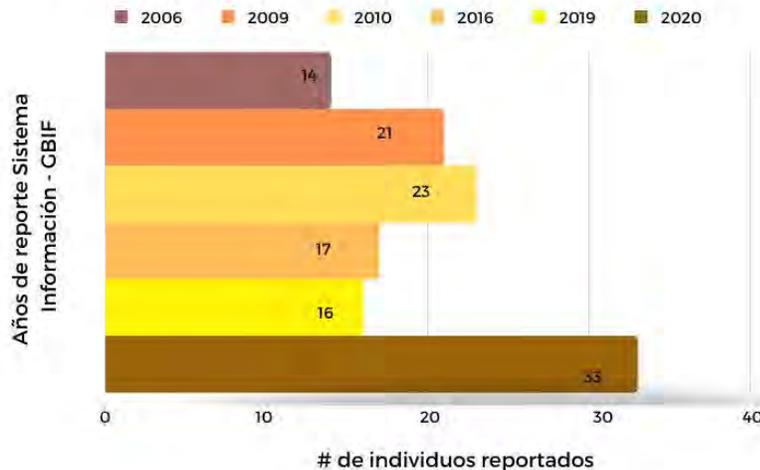


Tigrillo
Leopardus pardalis

Por otra parte, los datos de riqueza de especies de mamíferos, se presenta en la ilustración 17. Es importante, manifestar la dificultad de utilizar los datos para generar algunos índices complementarios de diversidad, teniendo en cuenta que se desconocen los esfuerzos y metodologías de muestreo para los diferentes grupos taxonómicos.

Ilustración 17. Riqueza de mamíferos reportados por año

Riqueza de mamíferos reportada Corredor Biológico Wüin-Mana



Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF- EAN 202

Igual como sucede con los datos para las aves, la mayor riqueza reportada, no corresponde al año en donde se reportó mayor abundancia, ya que la mayor riqueza presente se reporta en el año 2020 con 33 especies de 100 reportes realizados, mientras que para el año 2016, donde se tuvo 163 registros con la mayor abundancia, sólo se registra una riqueza de 17 especies de mamíferos. En este sentido, la mayor riqueza de mamíferos se reportó en el año 2022 con 33 especies, seguidos por los reportes del año 2020 con 23 especies y 2009 con 21 especies. La riqueza de especies para el total del periodo evaluado (de 2006 a 2022) corresponde a 58 especies de mamíferos reportadas.

Herpetofauna

La herpetofauna hace referencia al término griego herpeton «animal reptante o que se arrastra». En esta categoría, históricamente se han abordado dos grupos de vertebrados biológicamente muy diferenciados como son los reptiles y los anfibios. En estos dos grupos están especies de importancia biológica para el ecosistema de referencia Bosque Seco tropical, que son las ranas (anfibios) considerados como bioindicadores de la calidad de los cuerpos hídricos y la disponibilidad de agua y las lagartijas (reptiles), que son, junto con las aves, los mayores depredadores de insectos.

De igual manera, este grupo, juega un papel importante en las cadenas tróficas del ecosistema pues está presente en todos los niveles de consumidores, primarios, secundarios y terciarios, y también presenta una amplia diversidad dietaria, pues se identifican carnívoros, insectívoros, herbívoros, frugívoros y omnívoros dentro de las especies que predominan en el ecosistema de referencia.

A continuación, se presentan las especies de herpetos reportados en el GBIF para el polígono Corredor Wuin Mana y los valores de abundancia correspondientes a cada año, siendo el total general

de años evaluados 7 presentándose una abundancia absoluta herpetos de 849 individuos en los reportes.

Los datos de la ilustración 18 corresponde a tres clases diferentes de vertebrados, Amphibia, Crocodylia y Squamata. El valor de mayor abundancia para este grupo, corresponde al reportado en el año 2020 con una abundancia de 394 individuos de los cuales 380 corresponden al orden Squamata (lagartijas o serpientes). En el año 2017 se reportó una abundancia de 122 individuos y en el año 2019 se generaron 110 reportes para el grupo de los herpetos. El año con menor reportes corresponde al 2022 donde se reportaron 15 individuos, en su totalidad de la clase Squamata. Los tres especies con mayor número de reportes son:

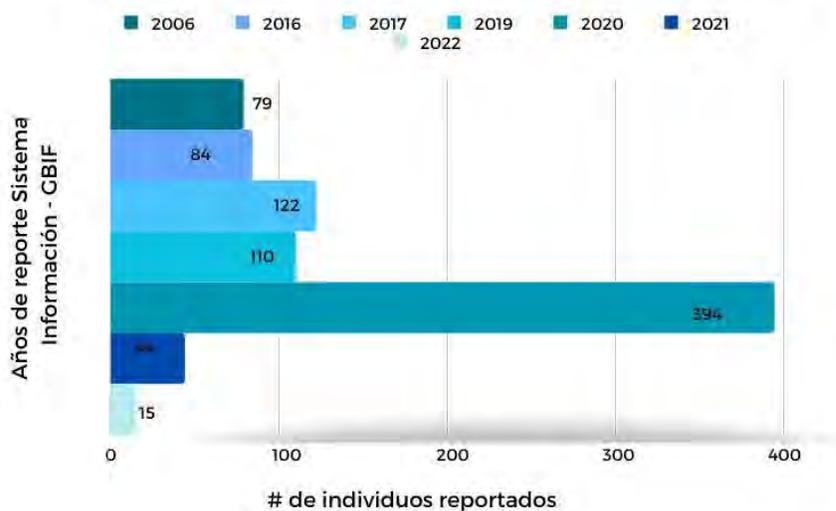
* *Gonatodes vittatus*, una especie de lagartija perteneciente a la familia Sphaerodactylidae.(272 individuos) representando el 32% del total de abundancia de herpetos reportada para todo el polígono del Corredor.

* Los abaniquillos (*Anolis*) son un género de lagartos escamoso dactiloides. Ciertas especies pueden cambiar de color, lo que les da el nombre común de camaleones americanos. (87 individuos)

* *Pleurodema brachyops* es una especie de anfibio de la familia Leptodactylida, es conocido en Colombia como Sapito Lipón. (34 individuos)

Ilustración 18. Abundancia de individuos grupo - Herpetos

Abundancia de Herpetos reportada Corredor Biológico Wüin-Mana



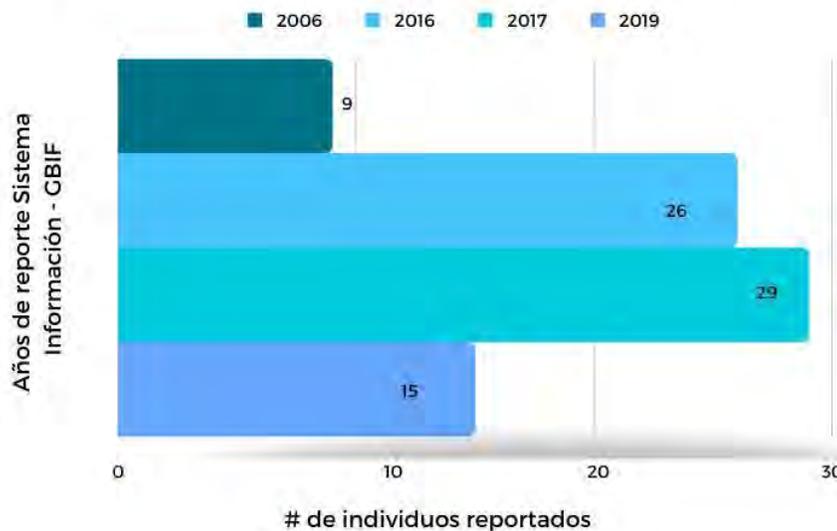
Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF- EAN 2023



Para el caso de los anfibios, el año con mayor número de reportes corresponde al 2016 con 56 individuos, seguido por el 2006 con 48 individuos y el año 2017 con 44. En el año 2020 se reportaron 11 individuos. Para el grupo de las lagartijas y serpientes (Squamata), el año con mayor número de individuos reportados corresponde al 2020 con 380, seguido del 2019 con 108 y el 2017 con 77. Se resalta el reporte en diferentes periodos de tiempo de individuos de la especie *Caiman crocodilus* reportando un total de 7 individuos, 3 de ellos reportados en 2020.

Ilustración 19 Riqueza de Herpetos reportados por año

Riqueza de Herpetos reportada Corredor Biológico Wüin-Mana



Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF- EAN 2023

Si bien los periodos con mayor abundancia reportada corresponden a los años 2022, 2017 y 2019 respectivamente, llama la atención la riqueza más baja, en comparación con los otros dos periodos, del año 2019 donde se reportan 15 especies. Por su parte el año 2016, presenta una alta riqueza de herpetos con 26 especies, en una cantidad bastante menor de individuos reportados respecto del año 2019, pues para ese año se reportó una abundancia de 84 individuos contra 110 reportados en el 2019.

Al igual que con las aves y los mamíferos, se identifica que no necesariamente una mayor abundancia reportada significa una mayor riqueza de especies, ya que la mayor abundancia reportada para este grupo taxonómico de interés corresponde al año 2020 que corresponde al segundo año con mayor riqueza reportada.

Entomofauna

Comprender la ecología de los insectos es fundamental para entender las dinámicas de los ecosistemas del país y del mundo, los insectos son fundamentales en la estructura, composición y funcionamiento de un ecosistema. Algunos de los aspectos más importantes de los insectos, es que ayudan en los procesos de polinización de las plantas y esto a su vez facilita las funciones de reproducción de los diferentes estratos de vegetación, desde plantas herbáceas, arbustivas y árboles de porte medio y alto.

Además, los insectos son importantes como descomponedores de materia orgánica en el suelo, lo que facilita la fijación y recirculación de nutrientes en diferentes estratos edáficos, siendo fundamentales para las cadenas tróficas. Los insectos suelen ser la base y el alimento de especies vertebradas como lagartijas, pájaros y pequeños mamíferos. En ecosistemas xerofíticos y subxerofíticos juegan un papel importante en la creación y mantenimiento del suelo.

La ilustración 20 presentan los resultados de las especies de insectos reportados en el GBIF para el polígono Corredor Wüin Mana y los valores de abundancia correspondientes a cada año, para un total general de 655 individuos reportados en 6 años.

Siendo las tres especies de individuos reportadas en el corredor para el periodo de análisis los siguientes:

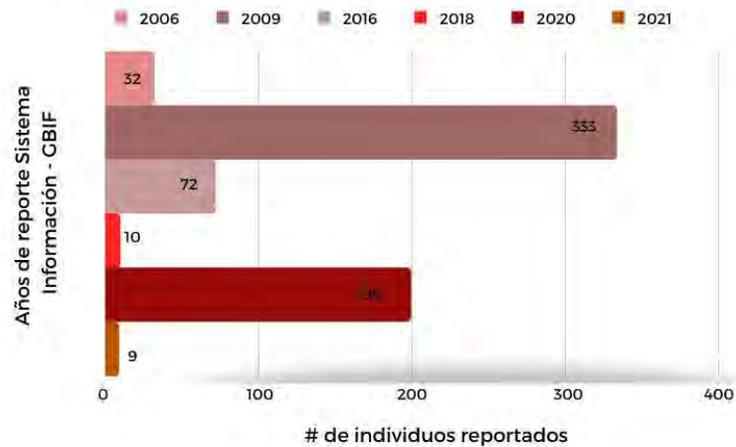
* ***Ectatomma ruidum*** es una especie de hormiga del género *Ectatomma*, familis Formicidae (72 individuos)

* ***Odontomachus*** es un género de hormigas carnívoras que se encuentran en los trópicos y subtrópicos del mundo.

****Canthon lituratus*** es un Escarabajos coprofagos, de la familia Scarabaeidae, se pueden considerar como un bioindicador de la presencia de mamíferos de gran tamaño en la zona de compensación del corredor.

Ilustración 20. Abundancia de individuos grupo - Insectos

Abundancia de insectos reportada Corredor Biológico Wüin-Mana



Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF

Respecto del grupo de los insectos, el año con mayor abundancia de individuos reportados corresponde al 2009 con 333 registros, seguido del año 2020 donde se reportaron 199 individuos. Los años con menor abundancia de insectos reportados, corresponde a los años 2018 y 2021 con 10 y 9 registros respectivamente.



Escarabajo
Coprofago
Canthon lituratus

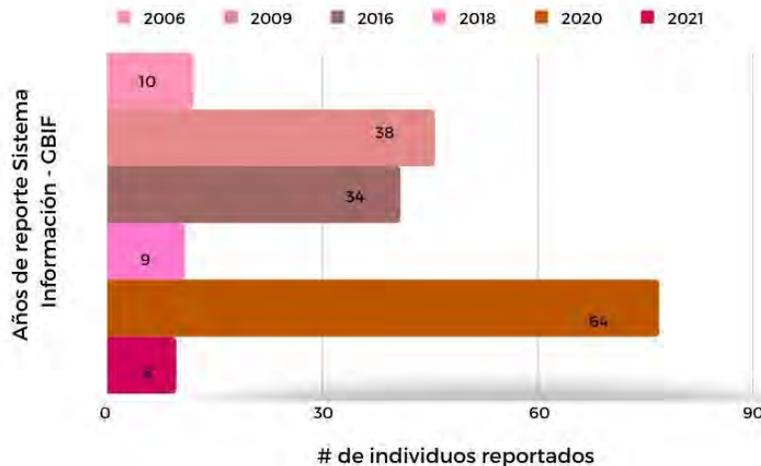
Mariposa Tronadora
Hamadryas februa



Por otra parte, respecto de la riqueza de especies para el grupo de los insectos, se presenta a continuación la ilustración 21 en la que se puede observar el número de especies reportadas para los diferentes periodos de estudio lo que corresponde a la riqueza.

Ilustración 21. Riqueza de insectos reportados por año

Riqueza de insectos reportada Corredor Biológico Wuin-Mana



Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF- EAN 2023

Además de las 64 especies reportadas para el año 2020, lo que corresponde a la mayor riqueza de especies, se obtuvo un total de 38 especies para el año 2009 y 34 para el año 2016. Los años 2021, 2018 y 2006, fueron los de menor riqueza con 8, 9 y 10 especies reportadas respectivamente. Si se toma todo el periodo de análisis de riqueza se obtiene una riqueza absoluta en el polígono del corredor Wuin Mana de 114 especies de insectos reportadas.

Como se ha mencionado a lo largo del análisis de los diferentes grupos taxonómicos, se requiere tener mayor detalle de las metodologías y esfuerzos de muestreo, así como de su aplicación periódica, para poder tener datos susceptibles de evaluar estadísticamente a la luz de otros indicadores además de la riqueza y la abundancia. Si bien estos registros son información importante para identificar abundancia de individuos de algunas clases taxonómicas de interés, no representan datos estadísticos comparables y son sólo una referencia para el análisis, teniendo en cuenta que no se conoce el esfuerzo de muestreo para obtener los datos en cada vigencia y no sabemos si los registros son producto de una metodología estandarizada del monitoreo del corredor.

5.6 Análisis de cambio de cobertura en áreas de Rehabilitación:

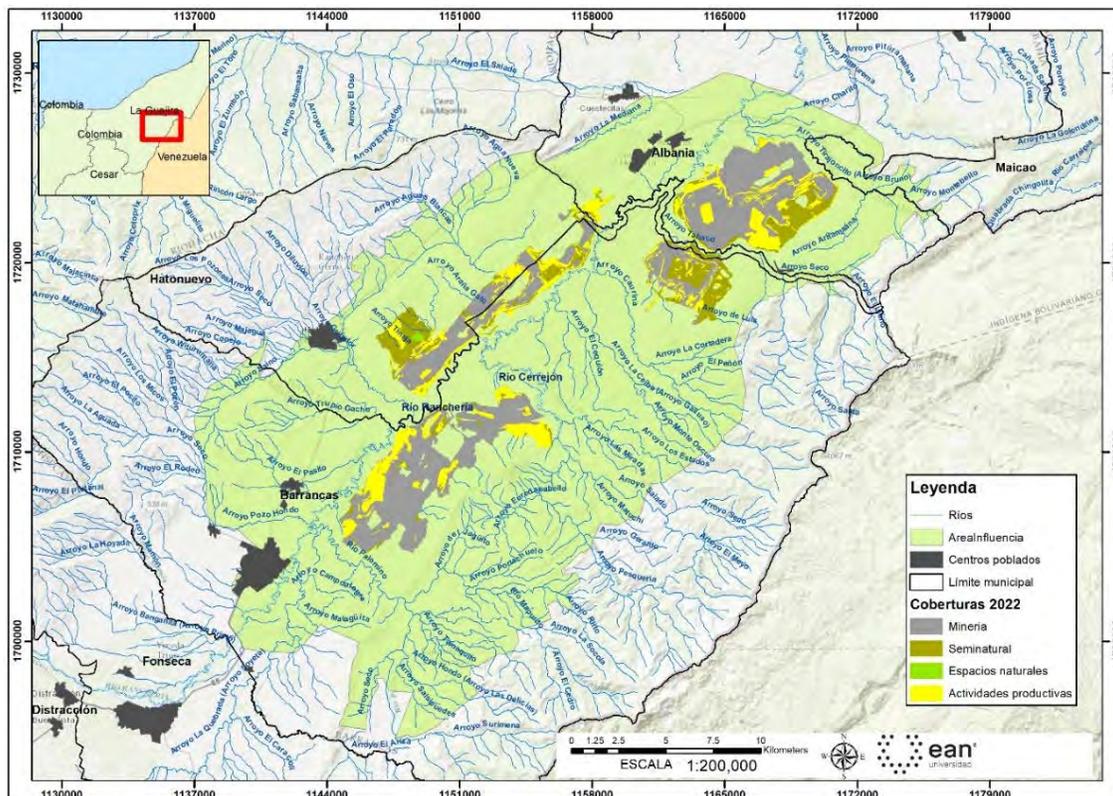
Las áreas de rehabilitación se tomaron con base en la zona de extracción minera del año 2014 (Ver Ilustración 6), estas sumaban un poco más de 10.500 ha, en este año solo se evidencia como cobertura Minera, sin la existencia de áreas seminaturales, espacios naturales o actividades productivas, como se puede evidenciar en la Tabla 8.

Tabla 8. Cambio de coberturas en áreas de rehabilitación

Cobertura	Rehabilitación			
	2014		2022	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Minería	10.569,57	100	6.130,97	58,01
Seminatural	0	0.00	1.775,35	16,80
Espacios naturales	0	0.00	58,29	0,55
Actividades productivas	0	0.00	2.604,97	24,65
TOTAL			10.569,57	

Fuente: Elaboración EAN 2023

Ilustración 22. Coberturas en áreas de rehabilitación 2022



Fuente: Elaboración EAN 2023

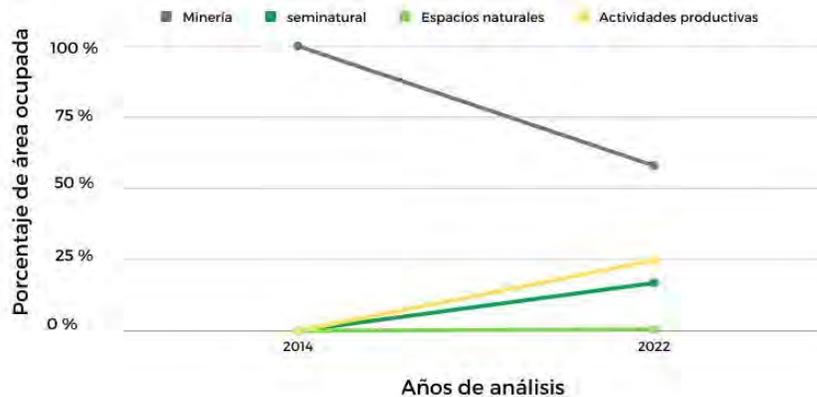
En el año 2022 la zona de extracción minera se reduce casi a la mitad, consideran que aproximadamente el 50% del área se encuentra bajo intervención de rehabilitación. En este sentido, aparecen los espacios naturales, las coberturas seminaturales y las zonas de actividad productiva, las tres producto de los diferentes procesos de restauración.

En general al 2022 se podría decir que están en proceso de restauración cerca de 4.400 ha, de las cuales 58 ya están en bosques o ecosistemas desarrollados, 1.700 ha están en vegetación secundaria o en transición y 2.600 ha están en los primeros procesos, evidenciados principalmente en pastos.

Ilustración 23. Cambio tendencial de las principales coberturas en áreas de rehabilitación

Cambio tendencial de coberturas áreas de rehabilitación

Área total de análisis correspondiente a 10.569,57 hectáreas

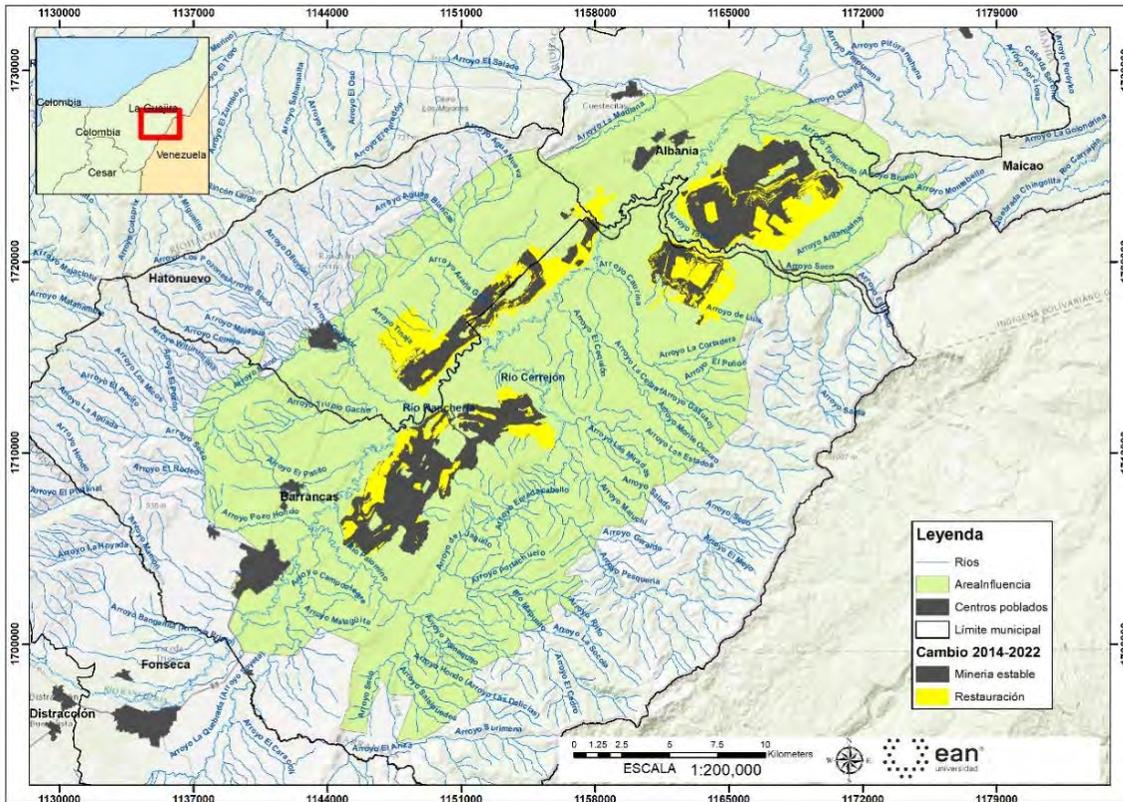


Fuente: Elaboración EAN 2023

5.7 Indicadores de cambio áreas de rehabilitación

En la zona de rehabilitación correspondiente aproximadamente a 10.500 ha, se observan solo dos indicadores de cambio, uno corresponde a los procesos mineros que se mantuvieron estables o que no cambiaron en el tiempo, y el otro a las zonas de restauración. Es ultimo indicador, se presenta ocupando cerca del 41% de la zona de rehabilitación, repartidas en los diferentes estadios de dichos procesos de recuperación ecosistémica. Algunas son coberturas como pastos limpios, otras son coberturas seminaturales o en transición y otras son espacios naturales correspondientes a bosque ya desarrollados. Esta configuración espacial del paisaje, genera un territorio heterogéneo con varios espacios transicionales que propician la aparición de ciertas especies y el aumento en la actividad biológica, recuperando así principalmente el atributo de función.

Ilustración 24. Mapa de indicadores de cambio para las áreas de Rehabilitación

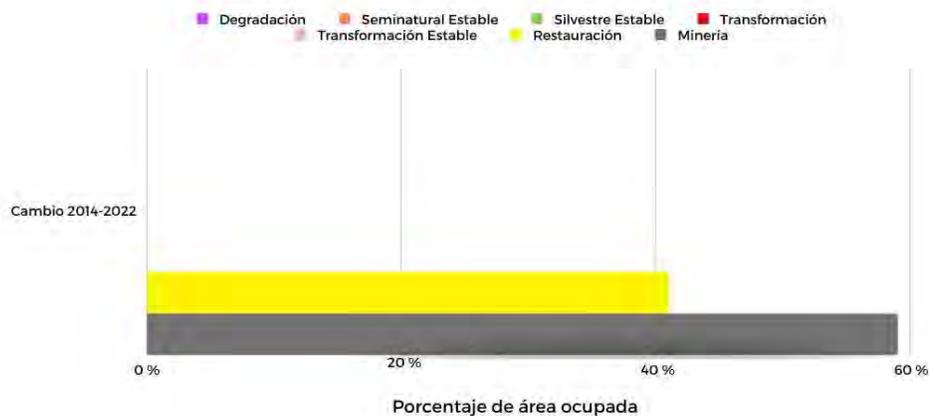


Fuente: Elaboración EAN 2023

Ilustración 25. Indicadores de cambio de coberturas en zonas de rehabilitación

Indicadores de cambio de coberturas áreas de rehabilitación

Área total de análisis correspondiente a 10.569,57 hectáreas



Fuente: Elaboración EAN 2023

5.8 Análisis de abundancia riqueza de especies de fauna en las áreas de rehabilitación

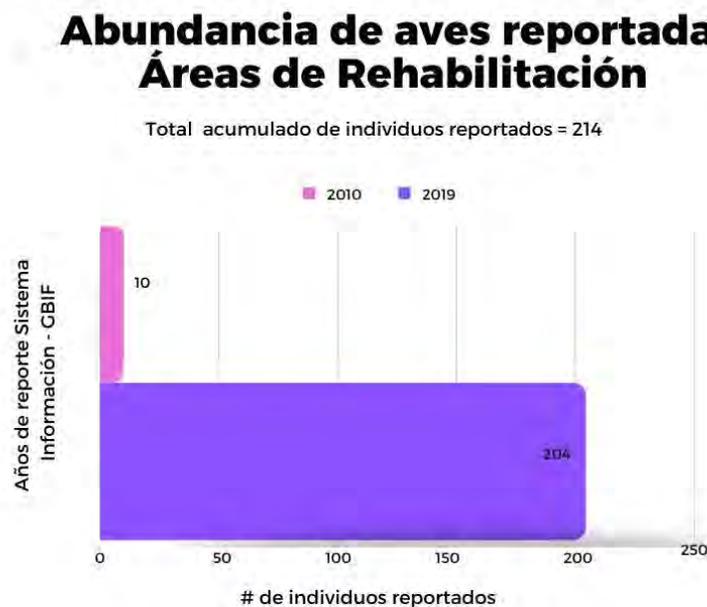
De acuerdo a la información brindada por Carbones del Cerrejón, las acciones de recuperación ecosistémica y restauración ecológica en los polígonos correspondientes a las áreas de rehabilitación dieron inicio posterior al año 2014. En tal sentido, si bien los datos que arroja el sistema del Global Biodiversity Information Facility –GBIF, contienen gran cantidad de datos de años entre 2005 y 2007, que probablemente fueron levantados como línea base en el proceso de licenciamiento para la extracción en esta área, no serán incorporados como parte del análisis, más que como referencia, pues se entiende que, durante todo el proceso de extracción minera de más de 15 años, estas áreas fueron objeto de intervención y extracción y los valores de biodiversidad fueron en su momento afectados.

De acuerdo a lo anterior el análisis se concentrará en presentar si hay avances en términos de abundancia de individuos y riqueza de especies, del año 2014 en adelante, en caso de ser necesario, si no hay reportes en años posteriores al 2014 se tomará como referencia inicial el año anterior que tenga reporte de biodiversidad para los diferentes grupos analizados.

Avifuana

En la ilustración 26 se presentan los valores de abundancia absoluta obtenidos para las zonas de rehabilitación para el periodo anterior al inicio de las acciones en 2014, (año de inicial de referencia 2010) y para los reportes posteriores a esta fecha que en este caso corresponden únicamente al 2019.

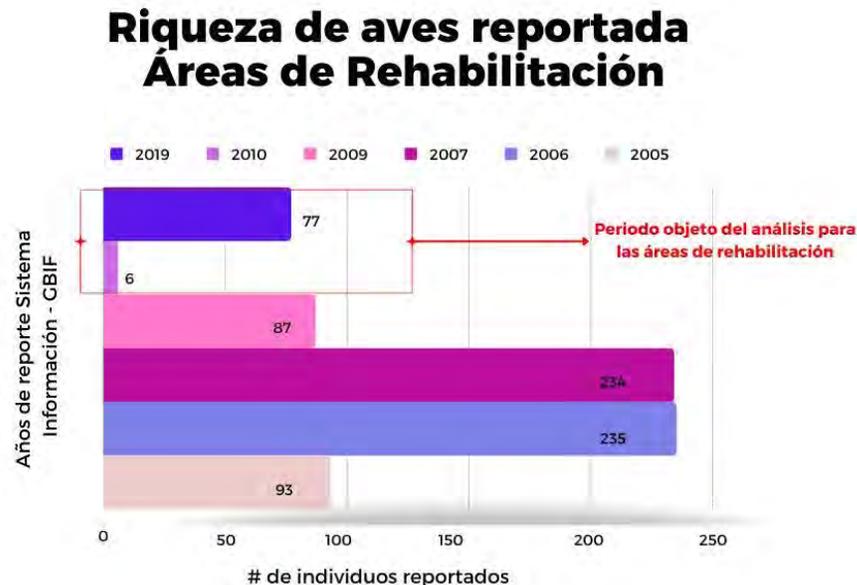
Ilustración 26. Abundancia de aves en áreas de rehabilitación



Fuente: Elaboración EAN 2023

Como se observa en la Ilustración, desde el año 2010 en adelante sólo se tienen reportes de abundancia de avifauna para dos años dentro de las zonas de rehabilitación, teniendo que para el año 2010 se reportaron 10 individuos de aves, mientras que para el año 2019 se reportaron un total de 204 individuos de aves. Esto evidencia un incremento significativo en el número de aves reportadas dentro del periodo de análisis.

Ilustración 27. Riqueza de aves áreas de rehabilitación



Fuente: Elaboración EAN 2023

Al revisar la riqueza de especies correspondiente a esos reportes de abundancia, se tiene que para el 2010 se identificaron 6 especies de aves, mientras que para el 2019 se obtuvo una riqueza de 77 especies de aves reportadas. En este caso, la riqueza de especies es proporcional a la abundancia de individuos reportados como se evidencia en la similitud que presentan el comportamiento de la ilustración 27.

De igual manera, en relación con las 77 especies reportadas, se evidencia cierta similitud con un dato obtenido para el corredor Wüin Mana en el año 2016, en el cual, para una abundancia de 210 individuos reportados, se encontró una riqueza de 75 especies, lo cual puede validar en cierta manera la curva asintótica que debe estabilizarse a medida que el esfuerzo de muestreo es mayor. Siendo sin embargo necesario, obtener más datos para estas zonas y establecer una metodología que permita construir inicialmente una línea base y posteriormente un monitoreo periódico para generar estadísticas y resultados entorno a la biodiversidad de los polígonos de rehabilitación.

Ahora bien, frente al histórico de los reportes de riqueza que se encuentran en el sistema de información el comportamiento dentro de las áreas de rehabilitación para el periodo de análisis, se muestra en la ilustración 28, alcanzando un porcentaje de riqueza de especies del 11.4%. Igualmente se presentan las dos especies con mayor representatividad en dicho periodo.

Ilustración 28. Riqueza de aves áreas de rehabilitación
% de individuos reportados / histórico de reporte

Riqueza de aves reportada
Áreas de Rehabilitación

Total acumulado de individuos reportados = 732



Fuente: Elaboración EAN 2023

Mastofauna

Los reportes para determinar la abundancia de mastofauna presente en las zonas de rehabilitación son escasos y en este caso muestran una mayor abundancia de individuos antes del inicio de las acciones de recuperación (2010) que después de la misma (2016). Esto puede observarse en la ilustración 29 donde se presenta la abundancia reportada en las áreas de rehabilitación para los dos periodos que cuentan con información.

En la ilustración No.29 se observa que, si bien la abundancia fue mayor para el año 2010 con 18 reportes, esos individuos corresponden a sólo 4 especies de mamíferos, mientras que los 8 reportes realizados para el 2016, corresponden a 5 especies, por lo que la riqueza de mamíferos es mayor para el año 2016 que para el año 2010, a pesar de tener más individuos reportados en el año 2010.

Ilustración 29. Abundancia de mamíferos áreas de rehabilitación

Abundancia de mamíferos reportada áreas de rehabilitación



Fuente: Elaboración EAN 2023

Ilustración 30. Riqueza de mamíferos áreas de rehabilitación

Riqueza de mamíferos reportada Áreas de Rehabilitación



Fuente: Elaboración EAN 2023

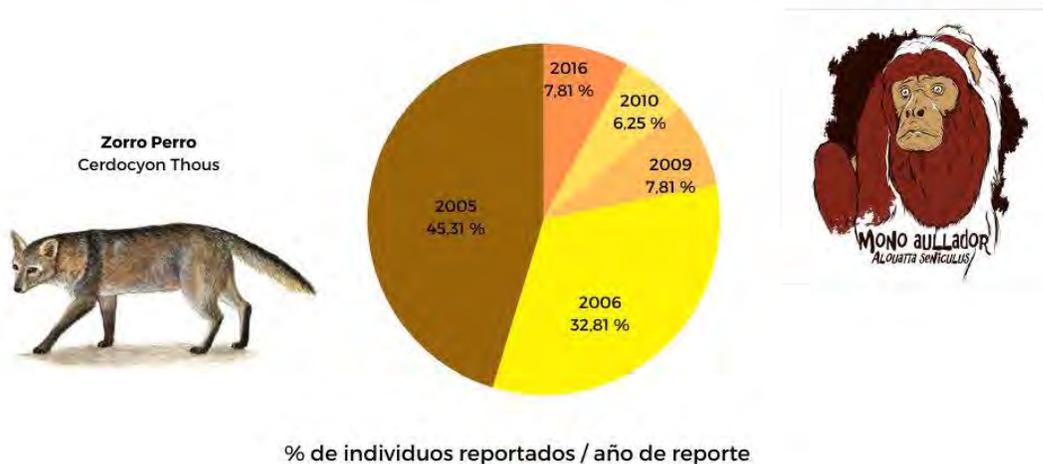
Al respecto se señala que en el año 2010 se reportaron 15 individuos de Mono Aullador (*Alouatta seniculus*), mientras que los otros tres reportes fueron de especies diferentes, 1 marmosa de Robinson que es un Marsupial que frecuenta los bosques secos, 1 zorro cangrejero o zorro perro (*Cerdocyon thous*) y 1 un conejo de Florida (*Sylvilagus floridanus*). Por su parte, para los reportes del 2016 destaca el registro de un jaguar (*Panthera onca*), 2 zorros cangrejeros, 2 mapaches (*Procyon cancrivorus*), 2 conejos de la Florida y 1 chigüiro menor (*Hydrochoerus isthmius*).

Dentro del histórico de los reportes de riqueza que se encuentran en el GBIF (periodo del 2005-2016), se puede identificar que el porcentaje de individuos reportados entre 2010 y 2016 corresponde al 14.06% .ver ilustración 31, en la misma se muestran dos de las especies con mayor representatividad en dicho periodo.

Ilustración 31. Riqueza de mamíferos áreas de rehabilitación
% de individuos reportados / año de reporte

Riqueza de mamíferos reportada Áreas de Rehabilitación

Total acumulado de individuos reportados = 64



Fuente: Elaboración EAN 2023

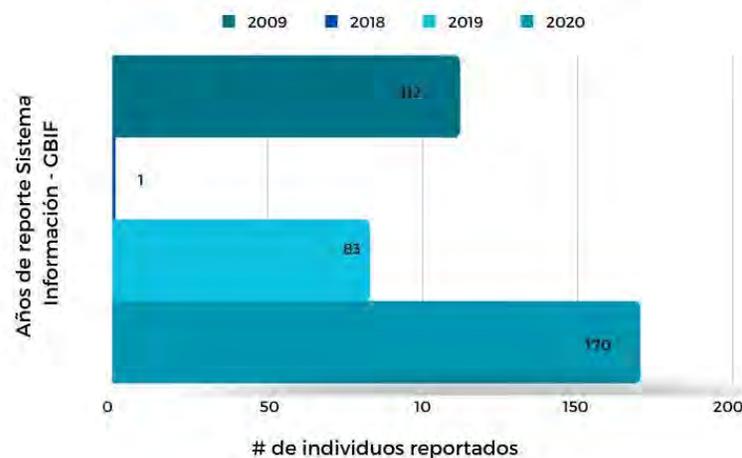
Herpetofauna

Para el análisis de los datos de herpetofauna, se incluyó el año 2009 como año anterior al inicio del proceso de recuperación y los años 2018, 2019 y 2020 como años posteriores al inicio de la recuperación. A continuación, se presenta la ilustración 32 con los valores de abundancia de individuos reportados para el grupo de los herpetos, correspondientes a las clases Amphibia, Crocodylia y Squamata.

La mayor abundancia de individuos de herpetofauna reportados corresponde al año 2020 con 170 registros, seguidos por el año 2009 con 112 reportes y el año 2019 con 83 individuos, el año 2018 sólo tiene un individuo reportado. El año 2020 presenta un incremento en la abundancia de individuos respecto del año 2009 que se toma como base de la información anterior al inicio de las acciones de recuperación.

Ilustración 32. Abundancia de herpetos áreas de rehabilitación

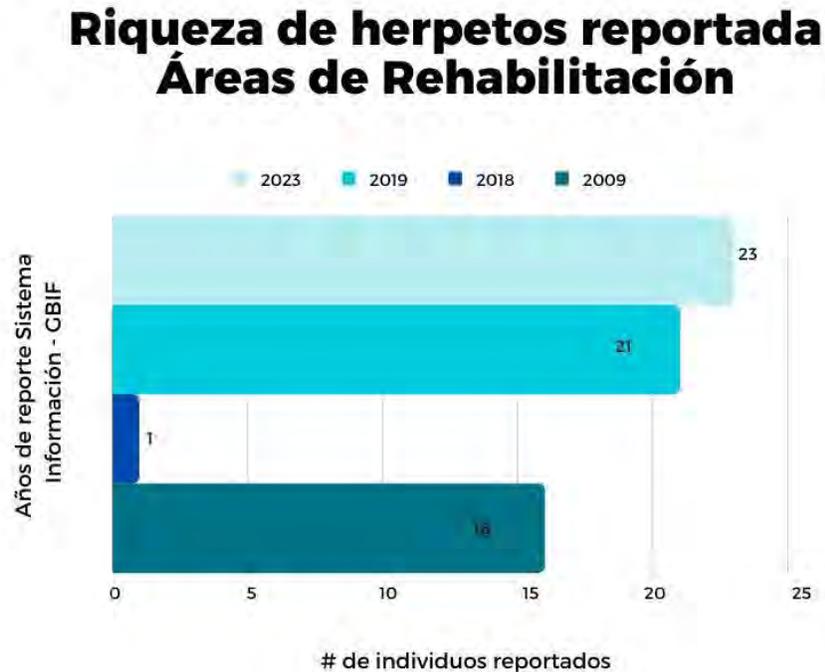
Abundancia de Herpetos reportada áreas de rehabilitación



Fuente: Elaboración EAN 2023

Como se observa en ilustración anterior, la mayor abundancia de individuos de herpetofauna reportados corresponde al año 2020 con 170 registros, seguidos por el año 2009 con 112 reportes y el año 2019 con 83 individuos, el año 2018 sólo tiene un individuo reportado. El año 2020 presenta un incremento en la abundancia de individuos respecto del año 2009 que se toma como base de la información anterior al inicio de las acciones de recuperación.

Ilustración 33. Riqueza de herpetos áreas de rehabilitación



Fuente: Elaboración EAN 2023

Por su parte, los datos de riqueza de especies de herpetofauna para los periodos analizados, muestran que la mayor riqueza, 23 especies, coincide con el año de mayor abundancia reportada, para el 2020, sin embargo, el segundo valor de riqueza de especies corresponde al año 2019 con 21 especies, si bien este año, presentó una menor abundancia de individuos, respecto del año 2009, año que para este indicador, presenta un valor de riqueza de 16 especies.

De acuerdo a los reportes de riqueza de especies para los diferentes años evaluados, se presenta en la ilustración 34 el porcentaje de individuos presentes frente al total acumulado de individuos reportados en el periodo de análisis que asciende a 61 individuos. Siendo importante resaltar que entre el 2019 y el 2023 se alcanza un porcentaje del 72% herpetos reportados en el área de rehabilitación.

Igualmente, se resalta que los individuos con mayor abundancia reportados dentro de las diferentes clases, son la rana Tangara (*Engystomups pustulosus*) en el año 2009, la (*Ganotedas vittatus*) y la lagartija cola de látigo (*Cnemidophorus lemniscatus*) en el año 2020.

Ilustración 34. Riqueza de herpetos áreas de rehabilitación % de individuos reportados / año de reporte

Riqueza de herpetos reportada Áreas de Rehabilitación

Total acumulado de individuos reportados = 61



Fuente: Elaboración EAN 2023

Entomofauna

En relación con la abundancia de insectos presentes en la zona de rehabilitación, se evidencia que no se ha hecho un esfuerzo de muestreo en años recientes que permita definir la abundancia actual de individuos de este grupo taxonómico. En la ilustración 35 se observan los resultados de abundancia para la zona de rehabilitación.

Ilustración 35. Abundancia de Insectos áreas de rehabilitación

Abundancia de insectos reportada áreas de rehabilitación

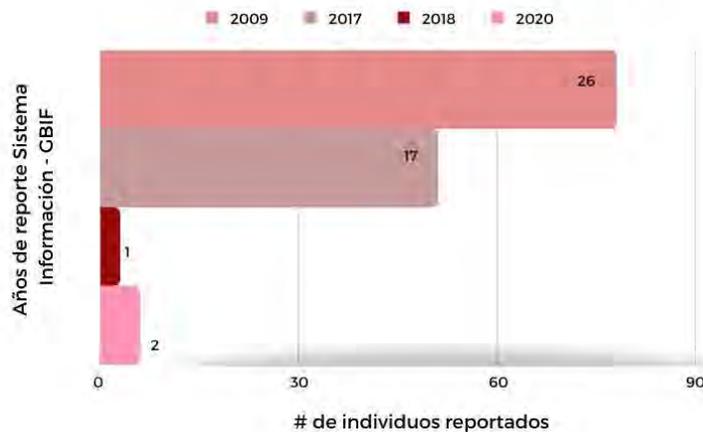


Fuente :Elaboración EAN 2023

Como se observa, la mayor abundancia de individuos reportados corresponde al año 2009 con 521 registros, para los años posteriores al inicio de las acciones de recuperación, se reportaron 25 individuos en 2017, 10 en 2020 y tan sólo 1 en 2018. En este sentido, no se evidencia para este grupo taxonómico una mayor abundancia en los años posteriores a las acciones de recuperación.

Ilustración 36. Riqueza de entomofauna áreas de rehabilitación

Riqueza Especies de entomofauna reportada áreas de restauración



Fuente: Elaboración EAN 2023

En relación con la riqueza que se presenta en la ilustración 36 se evidencia el mayor número de especies para el año 2009 con 26, seguido del año 2017 con 17 registros, mientras que los años 2020 y 2018 tienen sólo 2 y 1 especie reportada respectivamente.

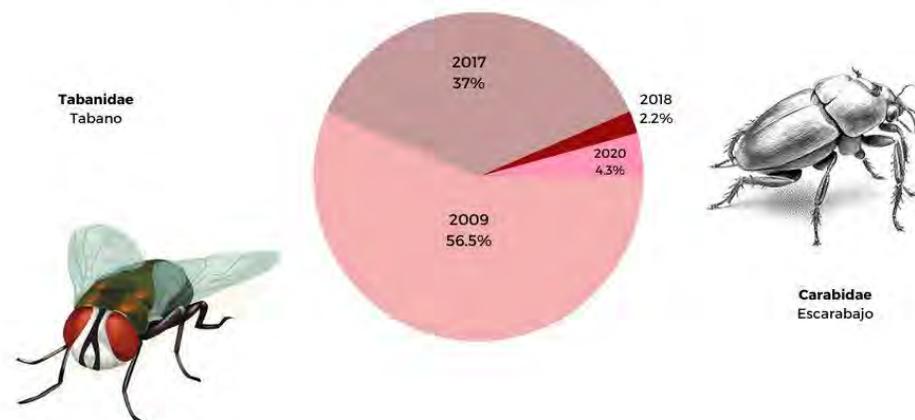
Frente a los datos obtenidos es importante aclarar que la riqueza de 26 especies de insectos para el año 2009, se ve bastante menor a lo que realmente debe ser para una abundancia de 521 individuos reportados. Esto obedece a que la identificación taxonómica de las especies reportadas sólo llegó en muchos casos hasta la identificación de la familia, en cuyo caso muchas especies o géneros que aumentarían la diversidad y la riqueza del grupo, quedan dentro de una misma clasificación y reducen significativamente el número de especies reportadas.

No obstante, en la ilustración 37 se presenta el valor porcentual de los individuos reportados por año frente al total acumulado para el periodo de análisis de especies de entomofauna realizado. Demostrando que se hace necesario dedicar esfuerzos para obtener una mayor cantidad de datos para la zona de rehabilitación, que permita mejorar la información para poder hacer análisis estadísticos de cómo las acciones de recuperación que ya se evidencian en el análisis de coberturas, está generando transformaciones positivas en la biodiversidad específica de este y los demás grupos taxonómicos de interés.

Ilustración 37. Riqueza de entomofauna áreas de rehabilitación % de individuos reportados / año de reporte

Riqueza Especies de entomofauna reportada áreas de restauración

Total acumulado de individuos reportados = 46



Fuente: Elaboración EAN 2023

5.9 Análisis de especies de importancia ecológica por grupo taxonómico.

Si bien cada una de las especies de la biodiversidad tienen importancia específica para el ecosistema, pues ocupan un nicho ecológico único y generan interacciones con otros individuos de su misma especie (población), con otras especies del ecosistema (comunidad) y con los componentes abióticos que presenta el paisaje, existen algunas especies sombrilla o bioindicadoras cuya presencia puede arrojar información importante para el análisis del grado de recuperación o estado del ecosistema.

En este sentido se busca, a partir de la selección de algunas de las especies identificadas para cada grupo taxonómico, realizar un breve análisis del significado de su presencia en términos de la ecología de la especie y su importancia en el ecosistema. Para ello se eligieron las siguientes especies por grupo taxonómico:

Mamíferos - El Jaguar (*Panthera onca*):

Desde el punto de vista ecosistémico, la presencia del jaguar en los reportes tanto del corredor Wüin Mana como de la zona de rehabilitación, tiene un significado muy valioso. Esta especie es considerada el depredador mejor adaptado a las selvas neotropicales y en los diferentes hábitats y ecosistemas donde se distribuye a lo largo de América, se cataloga como un depredador ápice, esto quiere decir que se ubica en la cima de la cadena alimenticia (Morato et al., 2016).

Esta característica, evidencia un papel importante en la estructura del ecosistema, ya que ayuda a controlar las poblaciones de sus presas, lo cual tiene efectos en diferentes niveles, desde implicaciones directas en comunidades y poblaciones de otras especies de vertebrados dentro de sus hábitos alimenticios, hasta comunidades vegetales y otros niveles más bajos de la cadena alimenticia (Morrison et al., 2007).

En relación con algunos aspectos ecológicos de esta especie como la dieta, su presencia también supone gran diversidad y oferta de presas, pues al ser un depredador carnívoro oportunista, se alimenta de gran variedad de especies que incluyen mamíferos, aves, reptiles, peces e invertebrados a lo largo de su distribución (Aranda, 2012), lo cual indica a la vez, que el ecosistema que habita tiene suficientes recursos y las poblaciones de sus presas también tienen hábitats y recursos suficientes para su subsistencia.

En relación con algunas de las posibles presas presentes en el listado analizado con base en la información tomada de GBIF, se destacan el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el venado común o guazuncho (*Mazama gouazoubira*), pero seguramente también presas de menor tamaño, no tan adecuadas para su masa corporal (Hayward et al., 2016) como los armadillos (*Cabassous centralis*), mapaches (*Procyon cancrivorus*) y conejos de la florida (*Sylvilagus floridanus*) que son mucho más abundantes, según los datos que arroja la información secundaria consultada.

Otro de los rasgos de importancia para este análisis lo define la territorialidad y las áreas de actividad de la especie, los jaguares, al igual que muchos de los felinos silvestres, son territoriales y defienden las áreas que les proporcionan recursos para sobrevivir (Núñez y Miller, 2019). Según Quigley et al. (2017) el rango de distribución de la especie varía entre machos y hembras pero para ambos casos está

fuertemente determinado por la disponibilidad y abundancia de presas. El área que utiliza un individuo, para el desarrollo de sus actividades normales de alimentación, apareamiento y cuidado parental, se define como el ámbito hogareño. Según diferentes estudios realizados en diferentes lugares, el ámbito hogareño del jaguar puede ser tan pequeño como 10 kilómetros y tan amplio como 818 kilómetros (McBride y Thompson, 2018 en Rosas O. et al. 2020).

De acuerdo al amplio rango del ámbito de su territorialidad es difícil estimar promedios de las áreas que están utilizando los individuos y las poblaciones reportadas en el Cerrejón y ***sería pertinente hacer una investigación específica para su determinación. Sin embargo, teniendo en cuenta que estos valores suelen estar entre 56 km² y 133 km², su sola presencia ya indica condiciones propicias para el desarrollo de la especie y las implicaciones asociadas a la disponibilidad y abundancia de sus presas.***

En tal sentido, de acuerdo a la definición de especie sombrilla acogida por la WWF, que las define como **“aquellas que requieren de grandes extensiones de tierra para subsistir de manera natural y funcionan como un canal para la conservación de todo el ecosistema asociado: si la especie está bien, se asegura con ello que su entorno tiene buena salud”**, podemos asegurar que las acciones adelantadas por la empresa Cerrejón están bien orientadas y tienen resultados positivos en el ecosistema de referencia, que se evidencian con la presencia en este caso del jaguar.

Herpetos - La Babilla (Caimán crocodilus)

El caso de las babillas es muy interesante en términos de oferta de hábitats presentes en los ecosistemas que se encuentra, ya que requiere de diferentes atributos para las actividades reproductivas, de forrajeo, alimentación, reproducción y evasión. Estos atributos que se relacionan con la biología de la especie, indican que tiene disponibilidad de los diferentes hábitats para su desarrollo, de tal forma que los bosques de galería o matorrales subxerofíticos asociados a cuerpos de agua como el arroyo Bruno, son los espacios donde puede encontrar presas terrestres, áreas acuáticas con vegetación flotante y enramadas en pozas de agua, son lugares donde se alimenta de peces y moluscos que también son parte de su dieta.

Por otra parte, en relación con los hábitos de reproducción y cuidado parental, la vegetación flotante es el lugar utilizado por los juveniles y neonatos para su desarrollo y crecimiento, mientras que el bosque de ribera es el lugar donde las babillas construyen sus nidos a partir de material vegetal en descomposición. De otro lado, las playas juegan un papel fundamental para la termorregulación. Los árboles que tocan el agua y la vegetación flotante son atributos que se relacionan con la cobertura de escape (Moreno et al., 2013).

En la tabla No.9 se presentan los requerimientos y atributos del hábitat de la especie Caiman crocodilus.

Tabla 9. Atributos de hábitat y requerimientos Caimán Crocodilus.

Atributo del Hábitat	Requerimiento de la Especie
Bosque de ribera o matorral subxerofítico	Reproducción y Alimentación
Playas	Alimentación, termorregulación
Enramadas	Evasión de depredación y forrajeo
Árboles con ramas que tocan el agua	Evasión de depredación y alimentación
Espejo de agua	Forrajeo/Alimentación
Vegetación flotante	Evasión de depredación y alimentación

Fuente: Adaptado de Moreno et al., 2013.

Como se observa en la tabla anterior, las babillas requieren gran diversidad de hábitats para el desarrollo de su especie, y su presencia en los reportes evaluados para el presente análisis, indica que estos requerimientos están siendo provistos por el ecosistema donde habitan. En este sentido, a través de esta especie que necesita atributos de ecosistemas terrestres y acuáticos (lénticos o lóticos), se puede evidenciar la disponibilidad y diversidad de hábitats así como de los recursos que estos proveen para cumplir los requerimientos alimenticios, reproductivos y de refugio que demanda para su viabilidad como población silvestre.

Por otra parte, al igual que el jaguar, esta especie está en la parte alta de la cadena alimenticia, lo que le otorga un valor de importancia como regulador de las poblaciones de otras especies en el ecosistema, además, al tener una dieta variada que consta de vertebrados como peces, reptiles y mamíferos, o invertebrados como moluscos, también es un indicador de diversidad, riqueza y abundancia de especies en el ecosistema que habita.

Insectos - Los escarabajos Estercoleros (Familia Scarabaeidae)

Los escarabajos coprófagos o estercoleros de la familia Scarabaeidae, han tomado cada vez más importancia como organismos indicadores del estado de conservación de los bosques tropicales por su sensibilidad a la transformación de los ecosistemas y la pérdida de hábitats (Larsen et al. 2008). Las poblaciones de especies de esta familia, cumplen un importante papel en procesos ecológicos como son el reciclaje de nutrientes (Mittal 1993), la dispersión secundaria de semillas que están en las heces de mamíferos del bosque (Andresen 2002) y la disminución de organismos vectores de enfermedades y parásitos como moscas y helmintos (Nichols et al. 2008). Además, participan en invaluables procesos ecológicos recientemente denominados servicios ecosistémicos como el control biológico y la fertilización del suelo (Losey y Vaughan 2006).

Su historia evolutiva está asociada a su estrecha relación con el excremento de vertebrados y su función como procesadores de la materia orgánica, lo que los ha llevado a desarrollar una gran diversidad morfológica y reproductiva para sobrevivir en ambientes de alta competencia interespecífica (Medina y González 2014 en Pizano y García 2014). En general, las comunidades de estos insectos se caracterizan por tener varias especies (la mayoría) con pocos individuos, que presentan requerimientos de hábitats bastante específicos y pocas especies de mayor abundancia que son principalmente generalistas, por lo tanto, la presencia de una alta diversidad de estos individuos está asociada a alta diversidad de hábitats y de especies de los cuales utilizan su excremento.

En este sentido, encontrar en los listados de biodiversidad analizados, una alta representatividad de estas especies de escarabajos, sería un muy buen indicador del ecosistema de referencia como es el bosque seco. En algunos de los primeros estudios realizados para determinar la diversidad de especies de escarabajos coprófagos en Colombia, Escobar (1997) reportó entre 16 y 32 especies en estudios realizados en el Tolima y el Caribe. Posteriormente, otros estudios publicados de esta familia para bosque seco identificaron hasta 35 especies en diferentes localidades del país para este ecosistema (Solís et al. 2011).

El análisis de la base de datos tomada del GBIF nos indica una riqueza de escarabajos de la familia Scarabaeidae de más de 30 especies reportadas y una abundancia de 407 individuos. A continuación, se presenta la tabla No.10 de riqueza y abundancia de las especies de esta familia, específicamente para el corredor Wüin Mana, donde se ha realizado el trabajo de compensación por parte de la empresa.

En la tabla mencionada puede observarse, que la riqueza de especies reportadas a lo largo del periodo de análisis, es de 34, lo que en términos de comparación con los datos de referencia encontrados para bosque seco tropical evidencia un alta diversidad para estos insectos, llegando a igualar los valores reportados en diferentes estudios para la misma.

También se observa que se reportó una abundancia de individuos para esas 34 especies de 306, cuya abundancia se discrimina para cada año de reporte observando que los mayores reportes de abundancias corresponden a los años 2006 y 2020 con 106 y 109 individuos reportados respectivamente, seguidos de 73 individuos reportados para el año 2016.

Tabla 10. Reporte de riqueza y abundancia de especies de la familia Scarabaeidae reportadas en el corredor Wüin Mana.

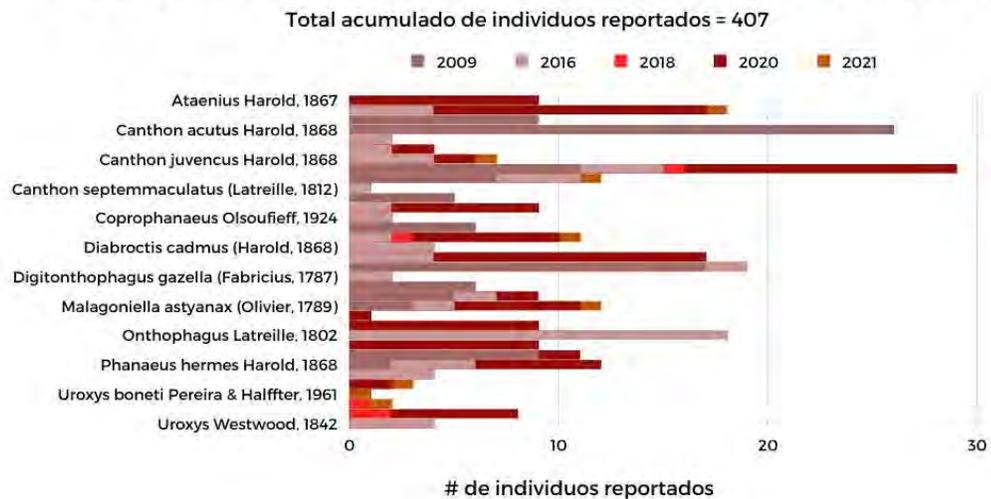
Especie o Familia	2009	2016	2018	2020	2021	Total general
Scarabaeidae	212	73	5	109	8	407
Ataenius Harold, 1867				9		9
Canthidium Erichson, 1847		4		13	1	18
Canthidium euchalceum Balthasar, 1939	9					9
Canthon acutus Harold, 1868	26					26
Canthon cyanellus LeConte, 1859		2				2
Canthon Hoffmannsegg, 1817		2		2		4
Canthon juvenicus Harold, 1868		4		2	1	7
Canthon lituratus (Germar, 1813)	11	4	1	13		29
Canthon mutabilis Lucas, 1859	7	4			1	12
Canthon septemmaculatus (Latreille, 1812)		1				1
Canthon subhyalinus Harold, 1867	5					5
Coprophanaeus gamezi Arnaud, 2002		2		7		9
Coprophanaeus Olsoufieff, 1924		2				2
Deltochilum gibbosum (Fabricius, 1775)	6					6
Deltochilum guildingii (Westwood, 1835)		2	1	7	1	11
Diabroctis cadmus (Harold, 1868)		4				4
Dichotomius agenor (Harold, 1869)		4		13		17

Especie o Familia	2009	2016	2018	2020	2021	Total general
Dichotomius Hope, 1838	17	2				19
Digitonthophagus gazella (Fabricius, 1787)		2				2
Eurysternus caribaeus (Herbst, 1789)	6					6
Eurysternus impressicollis Castelnau, 1840	5	2		2		9
Malagoniella astyanax (Olivier, 1789)	3	2		6	1	12
Onthophagus bidentatus Drapiez, 1819				1		1
Onthophagus landolti Harold, 1880				9		9
Onthophagus Latreille, 1802		18				18
Onthophagus lebasi Boucomont, 1932				9		9
Onthophagus marginicollis Harold, 1880	9			2		11
Phanaeus hermes Harold, 1868	2	4		6		12
Phanaeus prasinus Harold, 1868		4				4
Pseudocanthon perplexus (LeConte, 1847)				2	1	3
Uroxys boneti Pereira & Halffter, 1961					1	1
Uroxys deavilai Delgado & Kohlmann, 2007			1		1	2
Uroxys micros Bates, 1887			2	6		8
Uroxys Westwood, 1842		4				4
Total general - 34 especies	106	73	5	109	8	306

Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF

Ilustración 38. Riqueza y Abundancia de especies de la familia Scarabaeidae reportados

Riqueza y Abundancia de escarabajos reportada Corredor Biológico Wüin-Mana



Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF

En términos de la abundancia reportada para cada año de las especies de la familia de escarabajos coprófagos, se resaltan aquellas especies en las que se reportaron más de 15 individuos para alguno de los años evaluados como son *Canthon acutus* con 26 reportes en el año 2009, el género *Onthophagus* con 18 reportes para el año 2016 y el género *Dichotomius* con 17 reportes en el año 2008, siendo estas especies las que tenderían a ser generalistas en cuanto a sus hábitos alimenticios.

En relación con estas especies más representativas se identifica por ejemplo que las especies del género *Canthon*, son típicos rodadores, y se relacionan con el excremento de monos. De hecho, la asociación de especies de *Canthon* con excremento de monos aulladores se ha documentado en bosques tropicales (Laverde et al. 2002). Estos escarabajos reúnen el excremento de mono disperso en las hojas del dosel y se tiran al suelo con la bola moldeada sujeta por sus patas, para su posterior alimentación y/o nidificación (Rivera-Cervantes y Halffter 1999).

Por su parte, el género *Onthophagus* presenta distribución mundial, contiene especies típicas tanto de bosques como de áreas abiertas, sabanas y pastizales y es numeroso en especies. Las especies de este género pueden estar asociadas a excremento, pero también a hongos y frutos en descomposición y son generalmente pequeñas. Una de las especies reportadas en las bases de datos del GBIF y verificadas para bosque seco es *Onthophagus landolti* (Harold 1880), la cual según algunos estudios es más abundante en bosques que en potreros, Bustos-Gómez y Lopera (2003). reportaron cerca del 90% de los ejemplares de esta especie en bosque, comparado con el 10% encontrado en potrero.

Tanto las especies de los géneros *Canthon* y *Onthophagus* suelen ser de tamaño pequeño y son abundantes en bosques fragmentados y en bosques continuos, sin embargo, en contraste, otras especies de tamaños más grandes, que necesitan mayores recursos alimenticios y cuyas abundancias son por lo general bastante más bajas, sus registros suelen ser indicadores de bosques continuos y bien preservados que de bosques fragmentados. Este es el caso de los escarabajos coprófagos pertenecientes al género *Phanaeini*, que incluye especies de colores y cuernos llamativos y son típicas cavadoras. Según Escobar 1997, en bosque seco se ha reportado la especie *Phanaeus hermes* (Harold 1868) con una abundancia muy baja (0,04% a 1,07%) con respecto al total de individuos colectados en diferentes localidades, esta especie tiene 12 registros en el corredor Wüin Mana y ha sido reportada en tres años diferentes lo que es un claro indicador de la salud del ecosistema.

Aves - Especies Endémicas

De las 6 zonas o biorregiones donde se ubica el Bosque Seco en Colombia (Caribe, Valle río Magdalena, valle río Cauca, valle del Patía, Región NorAndina y Orinoquía), la región Caribe de Colombia y Venezuela, compuesta primordialmente por la planicie del Caribe colombiano, las zonas bajas de la Sierra Nevada de Santa Marta y del Perijá, que se extiende hacia el oriente a las zonas de bosque seco del norte de Venezuela y algunas islas del Caribe (Cracraft 1985), es la región donde más especies endémicas de avifauna se han reportado para este ecosistema en Colombia (Stattersfield et al. 1998).

En este sentido, la identificación y registro de especies de aves endémicas en el corredor Wüin Mana, sería un claro indicador de que está sirviendo como área de refugio, alimento y descanso entre áreas estratégicas para la conservación de este grupo taxonómico y la conectividad entre elementos de

importancia como las zonas bajas de las serranía del Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta. De acuerdo al listado de especies endémicas de aves para el Bosque Seco en Colombia (Gómez y Robinson 2014, en Pizano y García 2014), de un total de 33 especies endémicas para las diferentes subregiones, 25 están presentes en la región Caribe, mientras que en el Valle del Magdalena hay 10, en el valle del río Cauca 5 y en el valle del Patía sólo se reporta 1 especie endémica. En la imagen a continuación, se presenta el listado de especies endémicas para las diferentes Subregiones.

Ilustración 39. Listado de especies y subespecies endémicas para cada una de cuatro regiones de bosque seco tropical en Colombia.

	Valle del Patía	Valle del Cauca	Valle del Magdalena	Caribe
<i>Crypturellus erythropus</i>			x	x
<i>Chauna chavaria</i>				x
<i>Ortalis ruficauda ruficauda</i>				x
<i>Ortalis columbiana</i>		x	x	
<i>Ortalis garrula</i>				x
<i>Crax alberti</i>			x	x
<i>Patagioenas corensis</i>				x
<i>Tachornis furcata</i>				x
<i>Chlorostilbon gibsoni</i>			x	x
<i>Lepidopyga goudoti</i>			x	x
<i>Lepidopyga lilliae</i>				x
<i>Leucippus fallax</i>				x
<i>Hypnelus ruficollis</i>			x	x
<i>Picumnus cinnamomeus</i>				x
<i>Picumnus granadensis</i>		x		
<i>Synallaxis candei</i>				x
<i>Sakesphorus melanonotus</i>				
<i>Todirostrum viridanum</i>				x
<i>Inezia tenuirostris</i>				x
<i>Myiarchus apicalis</i>		x	x	
<i>Myiarchus venezuelensis</i>				x
<i>Hylophilus aurantiifrons</i>				
<i>Thryophilus sernai</i>		x		
<i>Campylorhynchus nuchalis</i>				x
<i>Thraupis glaucocolpa</i>				x
<i>Ammodramus savannarum</i>	x	x		
<i>Coryphospingus pileatus rostratus</i>			x	x
<i>Tiaris bicolor</i>			x	x
<i>Arremonops tocuyensis</i>				x
<i>Saltator orenocensis rufescens</i>				x
<i>Cardinalis phoeniceus</i>				x
<i>Icterus icterus ridgwayi</i>				x
<i>Euphonia concinna</i>			x	

Fuente: Tomado de Pizano y García 2014

De acuerdo al listado de especies endémicas presentado en la imagen anterior, se identifica que de las 25 reportadas para la región caribe, 13 fueron reportadas en el Corredor Wuin Mana entre los años 2016 a 2021, lo que equivale al 52% del total de especies endémicas reportadas para el Caribe.

Tabla 11. Abundancia de individuos reportados para las especies de aves endémicas en el Corredor Wuin Mana, en el periodo comprendido entre el 2016 y el 2021

Especies endémicas reportadas Corredor Wuin Mana	2016	2018	2019	2020	2021	Total general
<i>Crypturellus erythropus</i> (Pelzeln, 1863)				3		3
<i>Ortalis ruficauda</i> Jardine, 1847	5	1	6	7		19
<i>Patagioenas corensis</i> (Jacquin, 1784)	2		2	8		12
<i>Chlorostilbon gibsoni</i> (Fraser, 1840)	2		4	2		8
<i>Lepidopyga goudoti</i> (Bourcier, 1843)	2		1	1		4
<i>Hypnelus ruficollis</i> (Wagler, 1829)	4			8		12
<i>Picumnus cinnamomeus</i> Wagler, 1829	2		1	4		7
<i>Synallaxis candei</i> Orbigny & Lafresnaye, 1838	2		6	4	3	15
<i>Inezia tenuirostris</i> (Cory, 1913)	1		4	6		11
<i>Thraupis glaucocolpa</i> Cabanis, 1850	1		4	4	3	12
<i>Coryphospingus pileatus</i> (zu Wied-Neuwied, 1821)	5		4	17	2	28
<i>Tiaris bicolor</i> (Linnaeus, 1766)	6					6
<i>Cardinalis phoeniceus</i> Bonaparte, 1838	1			5		6
TOTAL REPORTE	33	1	32	69	8	143

Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF

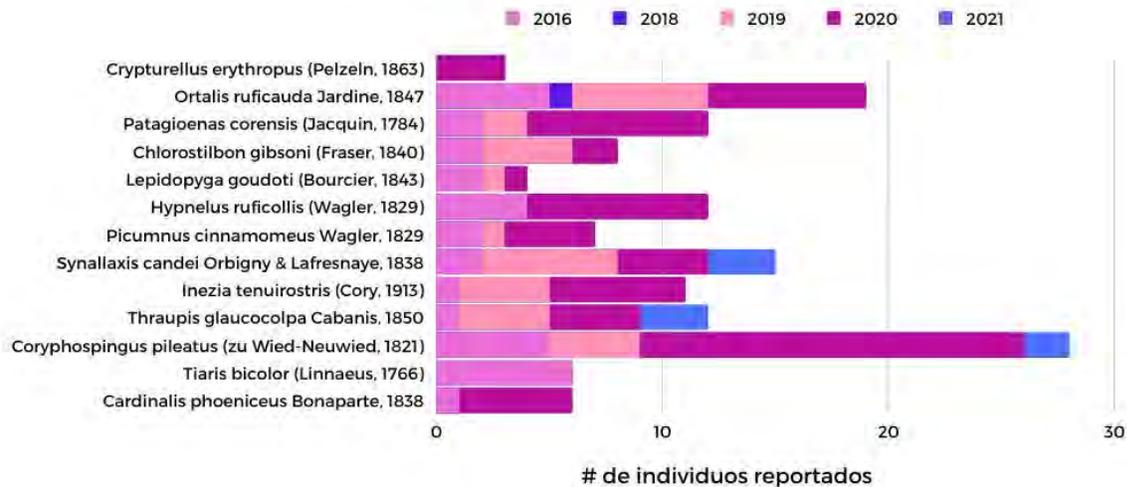
Como se observa en la tabla No.11, se reportó un total de 143 individuos de especies de aves endémicas en el corredor Wuin Mana, de los cuales la mayor abundancia se reportó en el año 2020 con 69 registros 12 especies, seguido por el 2016 con 33 registros de 12 especies.

El análisis de la abundancia acumulada reportada en los diferentes periodos se presenta en la Ilustración 40 a continuación .

Ilustración 40. Abundancia acumulada de especies endémicas de aves reportadas en el corredor Wüin Mana

Especies endémicas reportadas Corredor Biológico Wüin-Mana

Total acumulado de individuos reportados = 143



Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF

Como se aprecia en la gráfica anterior la especie endémica con mayor número de reportes en el periodo analizado corresponde al granero cabecita de fósforo, cardonero coronirrojo o cabecita de fósforo (*Coryphospingus pileatus*), seguido por la guacharaca culirroja (*Ortalis ruficauda*) con 19 registros y el Pijuí barbiblanco (*Synallaxis candei*) con 15 registros. En la ilustración 41 se presentan fotografías tomadas de internet de las tres especies endémicas con mayor abundancia reportadas en el corredor Wuin Mana de acuerdo a datos bajados de GBIF.

Ilustración 41. Especies endémicas de aves representativas de los bosques secos de Colombia de la región Caribe

		
<i>Coryphospingus pileatus</i> Fuente: E Bird	<i>Ortalis ruficauda</i> Fuente: Wikipedia	<i>Synallaxis candei</i> Fuente: Wikipedia

De acuerdo a los análisis para el grupo taxonómico de las aves es muy importante, que **el 52 % de las especies consideradas endémicas o subendémicas para el bosque seco de la región Caribe, está representado en los registros reportados en el Corredor Wüin Mana y evidencia la importancia de esta área como corredor ecológico y de conectividad entre zonas estratégica como las estribaciones y partes bajas de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá.**

Es importante mencionar que metodológicamente se planteo realizar la identificación del grado de amenaza de las diferentes especies reportadas, de acuerdo a la clasificación del listado rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y a la resolución 1912 de 2017 “*Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones*” se presentaron aquellas especies con grados altos de amenaza, que corresponden a aquellas bajo las categorías de Vulnerable (VU), En Peligro (EN) y En Peligro Crítico (CR).

Considerando que se cuenta con información secundaria suficiente para realizar dicho análisis tanto para mamíferos como para herpetos las tablas de Categorización UICN para cada caso, se pueden consultar en el Anexo No 1.

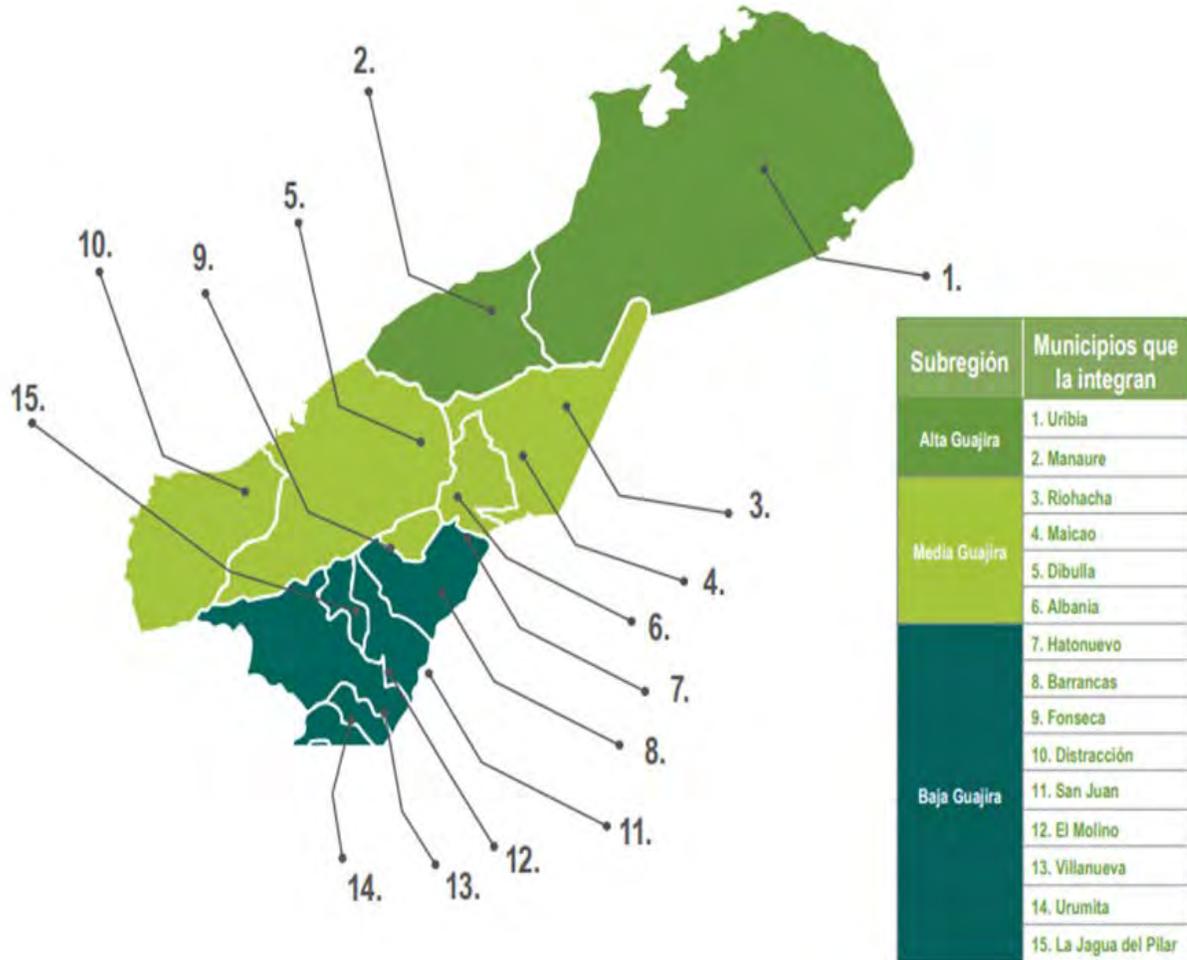
En cuanto a los mamíferos tenemos el siguiente comportamiento: Casi Amenazado (NT) (El Jaguar y el Margay) , Vulnerable (VU) (El tigrillo y la Zarigüeya del desierto), En Peligro (EN) (El Mono Capuchino cesarae). Para los Herpetos el grado de amenaza es: Casi Amenazado (NT) (El lagarto Ameiva cocolor)

5.10. Cambio climático Departamento de La Guajira

El departamento de La Guajira posee al interior de su región pequeños territorios homogéneos, geográficos, sociales y económicamente unidos, con una identidad y con características culturales comunes, y con necesidades compartidas. Por su configuración territorial, La Guajira ha sido subdividida

en tres grandes subregiones de noreste a suroeste, denominadas Alta Guajira, Media Guajira y Baja Guajira.

Ilustración 42. Unidades territoriales de La Guajira



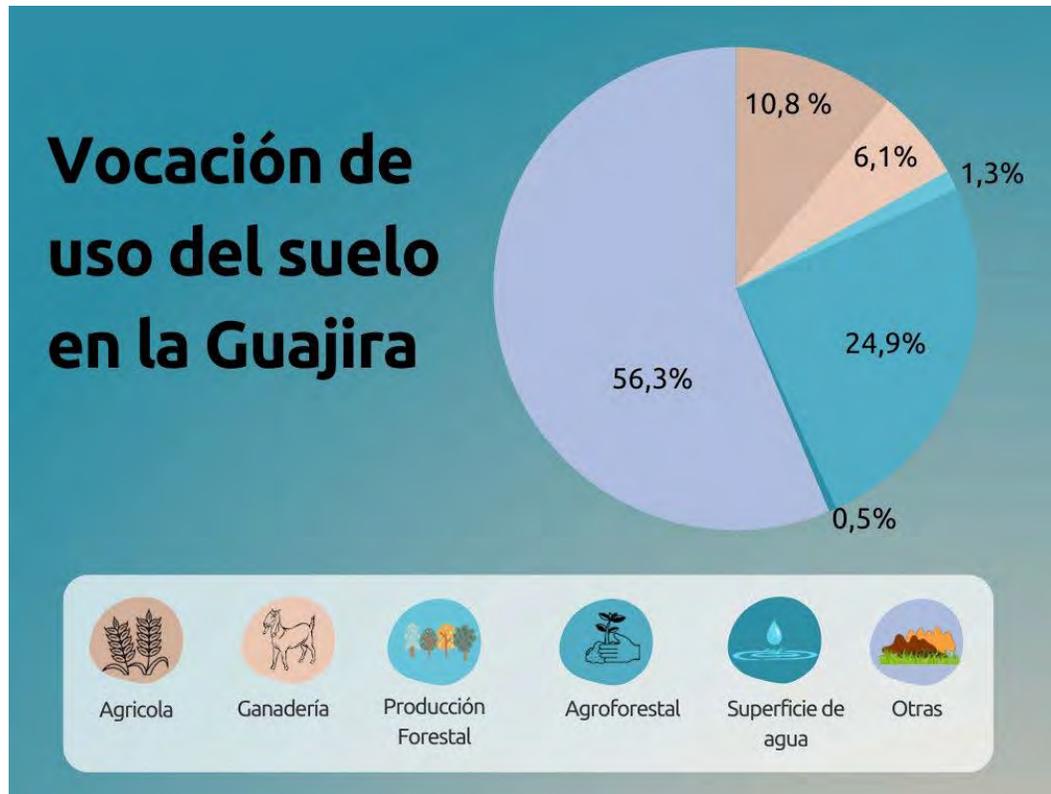
Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Agencia de Desarrollo Rural., 2021)

Sobre el mar Caribe colombiano se encuentran ocho departamentos (La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia y Chocó), con un total de 1.642 km de línea costera, de los cuales 650 km (40%) pertenecen al departamento de La Guajira (Carlos E. Peña Mejía, 2016).

Además de su riqueza y potencial marítimo, el departamento cuenta con suelos fértiles que favorecen su amplia oferta agropecuaria. Al mismo tiempo, dispone de una buena proporción de hectáreas sembradas y de uso adecuado del suelo, lo que se considera fortaleza para su desarrollo agropecuario y rural. De acuerdo con los análisis de la UPRA y el IGAC, el 70% del área departamental presenta un uso adecuado de suelos, mientras que el 27% se encuentra en uso inadecuado por cuenta de la subutilización y sobreutilización de estos (IGAC 2023).

La Guajira tiene cerca de la mitad de su superficie territorial apta para el desarrollo de actividades agropecuarias, con 896.672 Ha. (43,5%), de las cuales las áreas para uso agrícola corresponden a un 10,8%, las de uso ganadero a un 6,1%, las de uso forestal de producción a un 1,3%, y las de uso agroforestal a un 24,9%, que representa la principal vocación. Finalmente, se encuentran las superficies de agua que ocupan el 0,5% del territorio continental y un 56,2% que representa otros usos del suelo (UPRA 2020).

Ilustración 43. Porcentaje de vocación de uso del suelo



Fuente: (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA -2020)

En cuanto a la oferta pecuaria, los renglones más importantes explotados en el departamento son el ovino-caprino (ovejas y cabras) y la piscicultura (pesca marina industrial y artesanal). El reglón ovino-caprino ocupa el primer lugar en producción a nivel nacional.

Las principales alternativas productivas agropecuarias de La Guajira son el aguacate, la ahuyama, el arroz de riego, el banano de exportación, el café, el coco, el frijol, el maíz tradicional, la malanga, el ñame, la palma de aceite, la patilla, el plátano, la yuca, el mango, los caprinos y ovinos, y la pesca y acuicultura (UPRA 2020).

Por otra parte, considerando que La Guajira es una región entre árida y semiárida, situación que se ha exacerbado debido al incremento de la temperatura y la reducción del régimen de lluvias, fenómenos asociados al cambio climático. Puede afirmarse, que en esta región se ha venido produciendo aumento en la desertificación del territorio, además de la degradación del suelo y la vegetación, afectando la

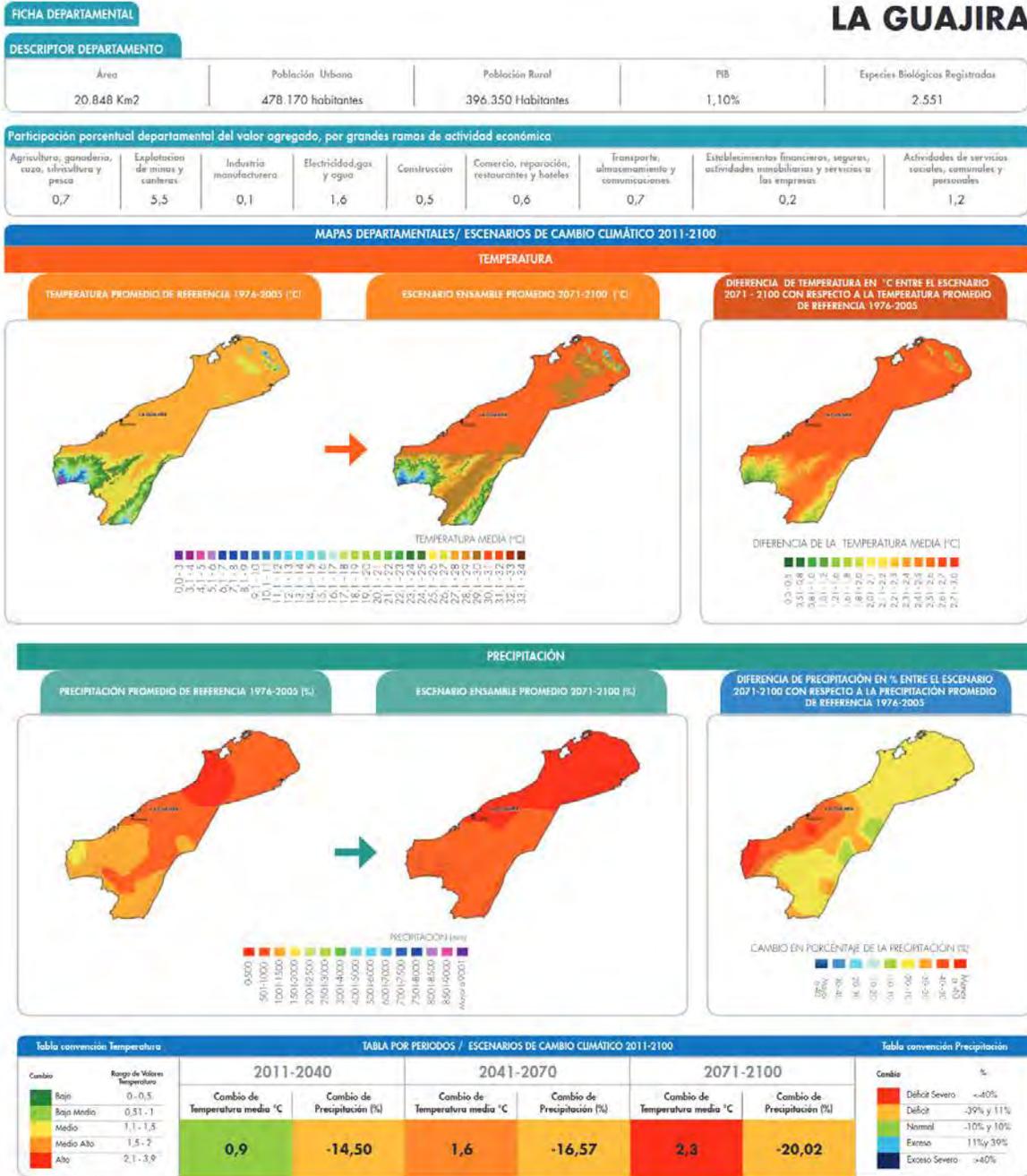
capacidad de retención de agua en el suelo y empeorando la situación hídrica, derivando en escasez de agua, lo que ha llevado a la competencia por los recursos hídricos en torno al acceso y el uso del agua, entre diferentes sectores y comunidades en la región.

El departamento de La Guajira, es uno de los departamentos más vulnerables frente al cambio climático, de acuerdo a los escenarios de temperatura y precipitación establecidos por el IDEAM, en forma general se presentará al año 2100 un aumento en la temperatura y una reducción considerable de las precipitaciones en la zona, lo cual sin duda alguna ocasionará afectaciones en los sistemas productivos, medios de vida, la salud y el ambiente.

En la Ilustración 44 se presentan los nuevos escenarios de cambio climático para el Departamento de la Guajira generados por el IDEAM para el periodo de 2011 - 20100. Frente a los escenarios de la variable temperatura para el departamento de La Guajira se refleja un incremento a través de los años que puede llegar hasta 2,3°C por encima de lo que hoy registra el departamento, siendo las zonas con mayor probabilidad de aumentos los municipios de Uribia, Manaure, Riohacha y porción de Dibulla y Maicao.

Por otra parte, de acuerdo a los escenarios planteados se estima que La Guajira no presentará aumentos de precipitación según los escenarios modelados, asociando las principales disminuciones de precipitación a zonas del sur del Departamento, estimando que en los municipios de Riohacha y Dibulla podrían presentarse reducciones entre un 30% y 40% respecto al valor actual. En este sentido, los principales efectos podrían verse representados en el sector agrícola y ganadero, así como en los cultivos de pan coger debido a los aumentos representativos de temperatura a través del siglo, así como en las reducciones de precipitación particularmente hacia el sur del departamento. La disminución del servicio ecosistémicos de provisión hídrica podría continuar siendo uno de los principales efectos en el departamento, afectando el sector salud por factores nutricionales conexos a seguridad alimentaria. Podrían acentuarse enfermedades asociadas a vectores generándose nuevas condiciones de riesgo. (IDEAM 3ra comunicación de Cambio Climático).

Ilustración 44. Mapas escenarios de cambio climático 2011-2100 (IDEAM 2015)



Como respuesta ante el escenario del cambio climático, que viene presentando los efectos de este fenómeno global en el departamento, se ha formulado y adoptado el Plan Integral de Cambio Climático (PIGCC Guajira 2018-2030), bajo la Ordenanza 496 de 2019 (CORPOGUAJIRA 2020).

Dentro de este, el Departamento incorpora determinaciones incluidas en otro tipo de instrumentos de planeación, en este caso cabe resaltar que la Gobernación de la Guajira incluyó como medidas de

adaptación al cambio climático, las acciones de conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos planteadas en el Plan de Gestión Ambiental (PGAR 2009-2019). Entre las cuales se destacan:

- * Implementar procesos de recuperación de áreas degradadas y reforestación con especies nativas.
- * El manejo de cuencas.
- * estudios de resiliencia de los ecosistemas presentes en el departamento e implementación de proyectos REDD para ecosistemas sensibles (Manglares y bosques secos).

Y propuso la participación de la empresa Cerrejón ya que cuenta con una relevante experiencia en la rehabilitación de suelos degradados por minería y en la restauración de ecosistemas de bosques secos.¹

Degradación del suelo

Los principales procesos de degradación de los suelos en Colombia son, entre otros: la erosión, el sellamiento, la contaminación, la pérdida de la materia orgánica, la salinización, la compactación, la acidificación, la aridización y la desertificación (IDEAM 2015).

De acuerdo con el Estudio Nacional de la Degradación de Suelos por Erosión en Colombia, en el caso de La Guajira existen áreas muy importantes que han sido degradadas por procesos tales como la erosión, la desertificación, la salinización, la compactación, entre otras.

Por lo tanto, La Guajira se destaca a nivel nacional como uno de los departamentos con alta degradación de suelos, con una extensión de área afectada de 17.943 km², que representan el 87,5% del área total departamental. De esta área, el 6,4% tiene un grado de desertificación “bajo”, el 11,1% “moderado”, el 16,2% “alto” y el 53,7% “muy alto”. Esto perturba las cuencas de la Alta Guajira, Baja Guajira e incluso el Río Cesar se ve involucrado.

Dentro de los factores directos que inciden en la degradación del suelo de La Guajira, se encuentran los socioculturales y económicos, entre los que se identifican las actividades de agricultura, ganadería, deforestación, quema de áreas con vegetación y los espacios con distritos de riego.

Por su parte, en el caso de los factores naturales, se incluye de forma importante el cambio climático, en donde, por ejemplo, el clima seco, que abarca cerca del 96% del departamento, se relaciona con más del 80% de las áreas erosionadas y probablemente con el déficit de agua en el departamento.

Los principales aumentos en la temperatura, de acuerdo al documento anteriormente citado, mencionan que según estimaciones hechas, para el fin de siglo el departamento podrá elevar la temperatura promedio en 2,3°C adicionales a los valores actuales. La Alta y Media Guajira podrán ser las que presenten mayores aumentos, de hasta 2,5°C sobre los municipios de Uribí, Manaure y Maicao. (IDEAM 2020).

¹ CORPOGUAJIRA 2019 -Plan Integral de Cambio Climático Departamento de La Guajira (PICC Guajira 2018-2030). <https://corpoguajira.gov.co/wp/picc-para-el-departamento-de-la-guajira/picc-guajirav3/>

Oferta Hídrica Disponible

La ONU declaró, el 28 de junio de 2010, que el acceso al agua es un derecho fundamental (ONU 2020). Para garantizar el derecho al agua cada persona debe disponer de agua suficiente, aceptable, saludable, físicamente accesible y asequible para su uso personal y doméstico. Esto es indispensable para una vida digna.

El departamento de La Guajira sufre una crisis humanitaria sistemática relacionada con la pobreza extrema, los problemas de desnutrición y la mortalidad infantil, entre otros factores asociados a la escasez de agua (Ulloa 2020), a continuación se menciona las siguientes razones:

a. **Suficiente:** son necesarios entre 50 y 100 litros de agua al día por persona para cubrir las necesidades más básicas. Según la legislación colombiana, el mínimo vital de agua es de 16 m³ por mes. (Resolución CRA 271 de 2003)

En el departamento de La Guajira, el consumo de agua por persona al día es de 0,7 litros y el 46,6 % tiene sistema de acueducto.

b. **Aceptable:** el agua debe presentar un color, olor y sabor aceptable. Todos los servicios deben ser culturalmente apropiados y ser sensibles al género y al ciclo de la vida.

Las comunidades denuncian que el agua es salobre, turbia y afecta la salud de todas las personas. Además, no se adapta a los sistemas étnicos precedentes.

c. **Saludable:** el agua debe estar libre de microorganismos, sustancias químicas y peligros radiológicos. Cerca del 97,7 % de las comunidades rurales toman agua de fuentes contaminadas.

d. **Físicamente accesible:** todo el mundo tiene derecho a unos servicios de agua y saneamiento accesibles dentro o cerca al hogar. La fuente de agua debe estar máximo a 1.000 metros de la casa.

En el 41% de los hogares que cuentan con acueducto público, comunal o veredal el servicio de agua es interrumpido durante la semana.

La oferta hídrica disponible (OHD) de La Guajira, que a pesar de ser amplia se presenta deficitaria por todas las acciones de los sistemas natural y antrópico, se deben considerar los distintos regímenes climáticos.

Según el Estudio Nacional del Agua del año 2022, para un año seco se reporta una OHD de 726 mm³/año, para un año húmedo de 15.721,3 mm³/año y para un año medio de 4.284,5 mm³/año (IDEAM 2023). Esto demuestra el importante déficit de oferta hídrica existente en el departamento, principalmente durante el año seco.

Como lo ha dicho el ENA 2022, las comunidades toman agua de su entorno natural para suplir sus necesidades y a este entorno se le denomina cuenca abastecedora. Sin embargo, en ocasiones el acceso al agua en estas unidades hídricas es limitado, bien sea por déficit en la oferta natural, por reducción de la precipitación o por insuficiencia en la infraestructura de abastecimiento.

A esto se adiciona la susceptibilidad al desabastecimiento con afectación en al menos el 50% de los municipios de La Guajira, así como las deficientes infraestructuras de abastecimiento y el bajo nivel de conocimiento hidrogeológico de los sistemas de acuíferos identificados en el departamento.

Por sub-zona hidrográfica, La Guajira tiene en general una demanda hídrica entre los 10 y los 30 mm³/año en el norte (Alta Guajira principalmente), y de 10 a 300 mm³/año (Media y Baja Guajira) en el sur, donde se realizan la mayoría de las actividades agropecuarias.

Por sector de uso, la agricultura tiene menos de 10 a 1000 mm³/año de demanda hídrica, siendo la actividad productiva más demandante. Le sigue el sector pecuario con menos de 10 a 100 mm³/año, la piscicultura con menos de 10 a 30 mm³/año, el uso doméstico con una demanda de 10 a 100 mm³/año, el sector servicios con menos de 10 a 30 mm³/año, el sector industria con menos de 10 mm³/año, y finalmente la minería, con menos de 10 a 1000 mm³/año de demanda hídrica.

Indicadores de Bosque

Los indicadores de bosque en la zona donde se encuentra la mina El Cerrejón en el departamento de La Guajira son los siguientes:

- a. Presencia de árboles y arbustos. Este es el indicador más obvio de la presencia de bosque. Los árboles y arbustos son las plantas que caracterizan a los bosques.
- b. Cobertura vegetal. La cobertura vegetal es la proporción de la superficie de un área que está cubierta por vegetación. En los bosques, la cobertura vegetal suele ser alta, ya que los árboles y arbustos ocupan una gran parte del área.
- c. Diversidad de especies. Los bosques suelen ser ricos en biodiversidad. Esto significa que albergan una gran variedad de especies de plantas y animales.

En la zona donde se encuentra la mina **El Cerrejón**, la actividad minera ha tenido un impacto negativo en los bosques. La tala de árboles para la extracción de carbón ha reducido la cobertura vegetal y la diversidad de especies.

Sin embargo, Cerrejón ha implementado un programa de restauración de bosques. Este programa tiene como objetivo recuperar las áreas que han sido afectadas por la actividad minera.

Según los informes de sostenibilidad de Cerrejón, en 2022 se habían rehabilitado 4.208 hectáreas de bosque en la zona de influencia de la mina. En estas áreas, se han plantado más de 1,8 millones de árboles de más de 40 especies nativas diferentes.

Los indicadores de bosque en la zona donde se encuentra la mina El Cerrejón han mejorado en los últimos años gracias al programa de restauración de bosques de Cerrejón. Sin embargo, todavía hay un largo camino por recorrer para que la zona recupere su biodiversidad original.

Algunos de los indicadores que muestran una mejora en los bosques de la zona son:

- a. Aumento de la cobertura vegetal. En 2022, la cobertura vegetal en las áreas rehabilitadas por Cerrejón era del 70%, frente al 50% en 2021.

b. Aumento de la diversidad de especies. En las áreas rehabilitadas por Cerrejón se han registrado más de 100 especies de plantas y animales, frente a las 50 especies registradas en 2021.

Estos indicadores son una señal de que el programa de restauración de bosques de Cerrejón está teniendo un impacto positivo en el medio ambiente.

Bosque Seco Tropical

El estado del bosque seco tropical en la zona donde se encuentra la mina **El Cerrejón** en el departamento de La Guajira es un tema que atrae la atención de la comunidad, de las autoridades regionales y de la empresa misma.

Por un lado, la actividad minera ha tenido un impacto negativo en los bosques, lo que ha reducido la cobertura vegetal y la diversidad de especies. Por otro lado, Cerrejón ha implementado un programa de restauración de bosques que ha tenido un impacto positivo en el medio ambiente.

A. Impacto negativo de la actividad minera

La actividad minera ha tenido un impacto negativo en los bosques de la zona de influencia de la mina El Cerrejón. La tala de árboles para la extracción de carbón ha reducido la cobertura vegetal, que ha pasado del 70% al 20% en los últimos 30 años (IAVH 2014)². Esto ha provocado una disminución de la diversidad de especies, ya que muchas plantas y animales dependen de los bosques para su supervivencia.

B. Impacto positivo del programa de restauración de bosques

Cerrejón ha implementado un programa de restauración de bosques que tiene como objetivo recuperar las áreas que han sido afectadas por la actividad minera. Este programa ha plantado más de 1,8 millones de árboles de más de 40 especies nativas diferentes.

Gracias a este programa, la cobertura vegetal en las áreas rehabilitadas por Cerrejón ha aumentado del 50% al 70% en los últimos 5 años. Además, se han registrado más de 100 especies de plantas y animales en estas áreas, frente a las 50 especies registradas en 2017.

Se puede afirmar, que se ha venido adelantando un gran ejercicio de restauración por parte de la empresa. Sin embargo, todavía hay un largo camino por recorrer para que la zona recupere la conectividad y funcionalidad ecosistémica.

Cambios del clima en términos de pluviosidad en la zona del Cerrejón

Según los datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, la pluviosidad en la zona del Cerrejón ha disminuido en los últimos 50 años. En 1970, la precipitación media anual en la zona del Cerrejón era de 700 mm. En 1985, la precipitación media anual había disminuido a 650 mm. En 2014, la precipitación media anual había disminuido a 600 mm. En 2023, la precipitación media anual es de

² El Instituto de Investigaciones AVHumbolt realizó estas afirmaciones previamente al inicio de los procesos de restauración de la empresa que se están implementando a partir del año 2014 .

550 mm (IDEAM 2023). Esta disminución de la pluviosidad se debe a varios factores, entre los que se encuentran el cambio climático y la deforestación.

El cambio climático está provocando un aumento de las temperaturas y una disminución de las precipitaciones en el mundo. En el caso de la zona del Cerrejón, el cambio climático está provocando que las temporadas de sequía sean más largas e intensas.

La deforestación también está contribuyendo a la disminución de la pluviosidad. Los bosques ayudan a regular el clima, captando el agua de la lluvia y liberándola gradualmente a la atmósfera. La deforestación está reduciendo la capacidad de los bosques para regular el clima, lo que está provocando una disminución de las precipitaciones.

Los cambios en la pluviosidad están teniendo un impacto negativo en el bosque seco tropical de la zona del Cerrejón. El bosque seco tropical es un ecosistema que depende de la lluvia para su supervivencia. La disminución de la pluviosidad está provocando que el bosque seco tropical sea más vulnerable a la sequía y los incendios forestales.

Para mitigar los efectos del cambio climático en la zona del Cerrejón, es necesario tomar medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y para restaurar los bosques.

Niveles de captura de CO₂ en la zona donde se encuentra la mina de El Cerrejón

Según estimaciones del Plan Integral de Cambio Climático del Departamento de La Guajira, en 2014, la zona de influencia de la mina de El Cerrejón capturó alrededor de 1,5 millones de toneladas de CO₂ al año. En 2023, esta cifra se estimaba que se redujera a 1 millón de toneladas de CO₂ al año (CORPOGUAJIRA 2018).

Esta disminución de la captura de CO₂ se debe a varios factores, entre los que se encuentran:

- a. La disminución de la pluviosidad: La disminución de las precipitaciones está provocando que los bosques de la zona sean menos capaces de capturar CO₂.
- b. La deforestación: La deforestación está reduciendo la superficie de los bosques, lo que está reduciendo la capacidad de la zona para capturar CO₂.
- c. El cambio climático: El cambio climático está provocando que las temperaturas sean más altas, lo que está reduciendo la capacidad de los bosques para capturar CO₂.

La disminución de la captura de CO₂ en la zona de influencia de la mina de El Cerrejón es un problema importante. La captura de CO₂ es un proceso natural que ayuda a mitigar los efectos del cambio climático. La disminución de la captura de CO₂ está contribuyendo al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero en la zona.

No obstante, la recuperación del ecosistema de Bosque Seco que no solo en las áreas de restauración, sino también en el corredor biológico establecido como área de compensación contribuirá a incrementar la captura de CO₂. Es importante destacar que se requiere realizar estimaciones precisas de este indicador, ya que no hay datos específicos sobre la captura de CO₂ en la zona del Cerrejón.

5.11. Análisis componente social

La región carbonífera del departamento de La Guajira involucra la intervención de áreas en los municipios de Riohacha, Dibulla, Uribia, Manaure, Maicao, Albania, Barrancas, Hatonuevo y Distracción.

La Guajira es una región de fuertes contrastes y contradicciones, toda vez que a pesar de que existe una las operaciones mineras de carbón más grandes del mundo, presenta una de las tasas más altas de pobreza, mortalidad infantil y analfabetismo del país. El Departamento ha sido identificado en la tercera comunicación de Cambio Climático como uno de los más vulnerables de Colombia, no obstante, también se considera como el de mayor potencial para la generación de energía solar y eólica.

A lo largo de los 38 años de operación del proyecto Cerrejón, siempre ha existido un alto reconocimiento de la minería como uno de los dinamizadores de la economía regional a través del empleo que generan, esto ha jalonado el crecimiento poblacional de los municipios aledaños a las operaciones y del Departamento en general.

En 1985, año de inicio de la operación existían en el departamento tres resguardos indígenas constituidos el Resguardo Wayúu de la Media y la Alta Guajira (1980), y el Resguardo Wayúu Carraipia y en la zona baja de la Sierra Nevada de Santamarta el Resguardo Kogui Malayo Arhuaco (1984). Algunos miembros de estas comunidades indígenas y afroguagiras habitaban en cercanía de la zona que posteriormente sería ocupada por los frentes mineros del Cerrejón.

El proyecto minero del Cerrejón se ha configurado a partir de tres zonas o frentes de explotación, que aparecen y se desarrollan en momentos históricos específicos:

1985, Cerrejón estaba conformado por dos de áreas de explotación (organizadas en frentes Sur y Norte), cada zona compuesta por dos subfrentes, Sur 1, Sur 2 y Centro 1, Centro 2.

1988, mayor expansión del área minera con una tasa de crecimiento del 68,06 %. Esta expansión dio como resultado una posterior fusión de los dos frentes de explotación.

2000, aparece el frente de explotación Norte, no obstante el área total de extracción minera no sobrepasó la que existía en 1996.

2016, Cerrejón alcanza su máxima área total ocupada por el proceso de explotación.

2018, Se evidencia transformaciones notables de recuperación en las zonas de operación minera por procesos de rehabilitación. A partir de este momento se hace más evidente la paulatina disminución del área de disturbación minera.³

Es importante apreciar como el crecimiento poblacional de los tres municipios más cercanos a la operación se correlaciona con los momentos históricos de la intervención minera, para ello se presenta en la ilustración No.45 el comportamiento de las estimaciones poblacionales del DANE para el periodo

³ Territorios sin agua en el sur de La Guajira: abordajes conceptuales y metodológicos colaborativos. Available from: https://www.researchgate.net/publication/349380665_Territorios_sin_agua_en_el_sur_de_La_Guajira_abordajes_conceptuales_y_metodologicos_colaborativos

1985-2005 y las proyecciones de población 2005-2020, además se adiciona el dato de proyección de la población de la Guajira para 2023 - Colombia. Esto para los municipios de Albania, Barrancas, Hato Nuevo.

Para Hatonuevo se registran datos a partir de 1995, considerando que éste fue elevado a la categoría de municipio el 9 de noviembre de 1994⁴, lo mismo sucede para Albania declarado como municipio a partir del 19 de marzo del 2000, por lo tanto para este último, se cuenta con información a partir de ese mismo año. Tomando en consideración que para el municipio de Barrancas se cuenta con proyecciones durante los primeros diez años, valores que presentan corrección a partir del año 1995, se toma la información para los tres municipios a partir de este año para que sea comparable todo el periodo de análisis.

Ilustración 45. Crecimiento poblacional Municipios de influencia de la operación minera - Cerrejón



Fuente:Proyecciones DANE (1985-2005); (2005-2023) y 2023

A partir de los datos analizados se puede evidenciar un crecimiento poblacional superior al 80% para los tres municipios, es decir que casi se ha duplicado el total de la población. Para el año 2023 se proyecta una población aproximada a 97.000 habitantes distribuidos en los tres municipios de influencia directa de la operación minera.

⁴ ALCALDIA MUNICIPAL Página oficial. <https://www.hatonuevo-laguajira.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Pasado-Presente-y-Futuro.aspx>

A continuación se muestra una visualización espacial de los puntos poblados dentro del área de cada municipio, a partir de mapas elaborados por la Secretaría de Planeación Departamental de La Gobernación, en el Plan Departamental de Desarrollo de la Guajira 2020.

Ilustración 46. Distribución espacial de 884 puntos poblados Municipio de Albania - Guajira

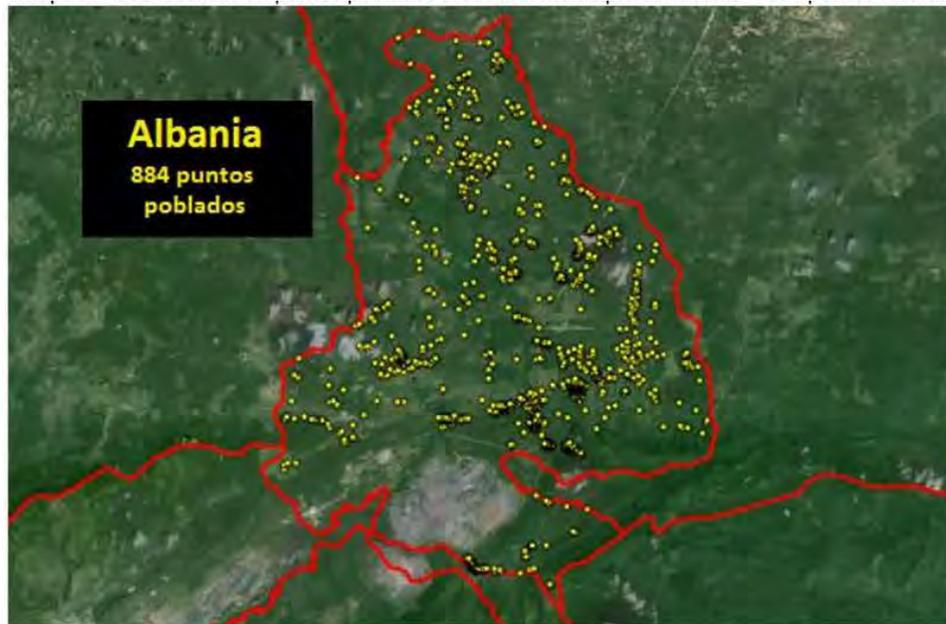


Ilustración 47. Distribución espacial de 1.109 puntos poblados Municipio de Barrancas - Guajira



Ilustración 48. Distribución espacial de 577 puntos poblados Municipio de Hatonuevo - Guajira



Se puede evidenciar la distribución de los centros poblados al rededor de las áreas de operación minera, por lo tanto surge de manera natural la preocupación por parte de la población local sobre los efectos ambientales de la misma, específicamente frente a la degradación de los ecosistemas y la biodiversidad de la región.

Adicionalmente a ello, existe la inquietud generada por la alta dependencia económica del sector en la región, que aunque ha traído beneficios, como el incremento en las oportunidades laborales, los residentes locales son conscientes de que la minería no estará en el territorio guajiro siempre y por esto se deben fortalecer otros sectores económicos, tales como la agricultura y el sector turismo con miras a trabajar en la diversificación económica y la transición energética como una ventana de oportunidad que permita el desarrollo de proyectos que contribuyan a mejorar la calidad de vida, reducir la pobreza y al desarrollo sostenible de las comunidades, ante un escenario futuro de cierre de operaciones mineras.

En este sentido, el relacionamiento social de la empresa tanto con las comunidades indígenas como con las comunidades urbanas asentadas en las zonas de influencia, ha adoptado dentro de sus consideraciones ambientales en las áreas rehabilitación y compensación, los conocimientos, usos y costumbres del tejido social comunitario de tal forma que éste sea involucrado de manera directa en dichos ejercicios, permitiendo el desarrollo de proyectos productivos de uso sostenible como un modelo de economía futuro.

Como se evidenció en los análisis de cambio de cobertura para las áreas de rehabilitación, la empresa ha restaurado más de 4.500 hectáreas a partir de la siembra de árboles de especies nativas de bosque seco, adicionalmente este mismo ejercicio se ha adelantado en áreas de compensación aledañas a la zona minera.

Para ello, dentro del proceso de siembra se involucró a dos empresas guajiras y a cuatro asociaciones comunitarias, esta iniciativa ha propiciado la conformación de 5 viveros comunitarios que actualmente generan 500 empleos directos para miembros de las comunidades cercanas a la operación.

Corredor Biológico de conservación.

La estrategia de conservación planteada por Cerrejón se fundamenta en restablecer la conectividad ecosistémica entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá a través del corredor corredor biológico Wüin-Manna. Dicho corredor pretende la conservación de dos elementos claves, en primera instancia el agua y en segunda medida el Jaguar, especie que desarrolla un papel importante en la estructura del ecosistema de referencia.

En el marco de la conservación del agua involucra la protección de 13 subcuencas hidrográficas tributarias del río Ranchería, frente a la conservación del ecosistema de bosque seco (habitat del Jaguar – Pantera OnCa) implementa un modelo de proyectos productivos sostenibles que contribuyen a la conservación del bosque y a la restauración del área; en dichos proyectos se busca generar capacidades para que las comunidades establezcan un modelo que apalanque el desarrollo social y brinde una fuente de ingresos a partir de un esquema de economía verde. Esto a través de la “Metodología de Evaluación de Oportunidades de Restauración⁵”, que genera ingresos a las comunidades por actividades de producción de plántulas, siembra, mantenimiento, monitoreo y manejo paisajístico.

Desde la perspectiva social, el proyecto tiene gran impacto de género considerando que son mujeres de las comunidades quienes manejan los viveros comunitarios, adicionalmente dentro de los proyectos de economía sostenible su rol es el de cuidado y monitoreo de los cultivos de pan coger. Por otra parte, a partir de acuerdos de conservación voluntaria se benefician a propietarios de predios aledaños a la mina que participan directamente en la recuperación de los servicios ecosistémicos regionales. Mejorando así la calidad de vida a través de posibilitar el acceso de los pobladores a bienes y servicios básico a partir de el mejoramiento de sus ingresos.

Sendero Ecológico

Sumado a la estrategia de conservación del Corredor Wüin - Mana , se desarrolla la iniciativa del Sendero Ecológico Alala – Anua, cuyo propósito no solo es resaltar el valor de la conservación de la biodiversidad, sino destacar el patrimonio cultural que posee la región. Este proyecto involucra temas educativos, recreativos y lo más importante de interpretación ecológica. Busca integrar a los procesos de conservación a las comunidades locales y también a los visitantes.

Con miras a que se establezca un programa de uso público de la Reserva Natural de la Sociedad Civil “ Aguas Blancas – Santa Helena – Mushaisa”, se involucró en el diseño del sendero a las comunidades indígenas asentadas en las cercanías al predio de la reserva, que actualmente es de propiedad de la empresa Cerrejón. De igual forma, se espera que la operación del sendero esté a cargo de las comunidades locales y los clanes familiares que conforman el resguardo Lomamoto.

En el ejercicio de campo se pudo evidenciar la recuperación de los ecosistemas asociados a esta iniciativa y también una de las estructura que demarca el sendero, con los símbolos y animales de los clanes étnicos que participan en la misma, denotando el enfoque cultural de esta estrategia.

⁵ Word Resources Institute. Guía sobre la Metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM). <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-030-Es.pdf>

Ilustración 49. Fotografías Sendero ecológico



6. Caso Mineros - Extracción de Oro Aluvial - Cuenca del Río Nechí.

Como resultado de las obligaciones normativas que establece el marco regulatorio ambiental para el sector minero, la Empresa Mineros S.A., ha adelantado acciones de recuperación y rehabilitación orientadas a generar transformaciones positivas y de sostenibilidad socioambiental en los territorios objeto de intervención y en aquellas áreas y predios cercanos donde ha sido autorizada por parte de la autoridad ambiental (Agencia Nacional de Licencias Ambientales, ANLA) la implementación del Plan de Manejo Ambiental de acuerdo Resolución No. 01612 del 15 de agosto de 2019.

En tal sentido, el análisis de indicadores del paisaje, asociado a datos de Biodiversidad, busca visibilizar los efectos positivos que las acciones de recuperación y compensación adelantadas históricamente por la empresa Mineros S.A.

6.1 Análisis multitemporal de coberturas

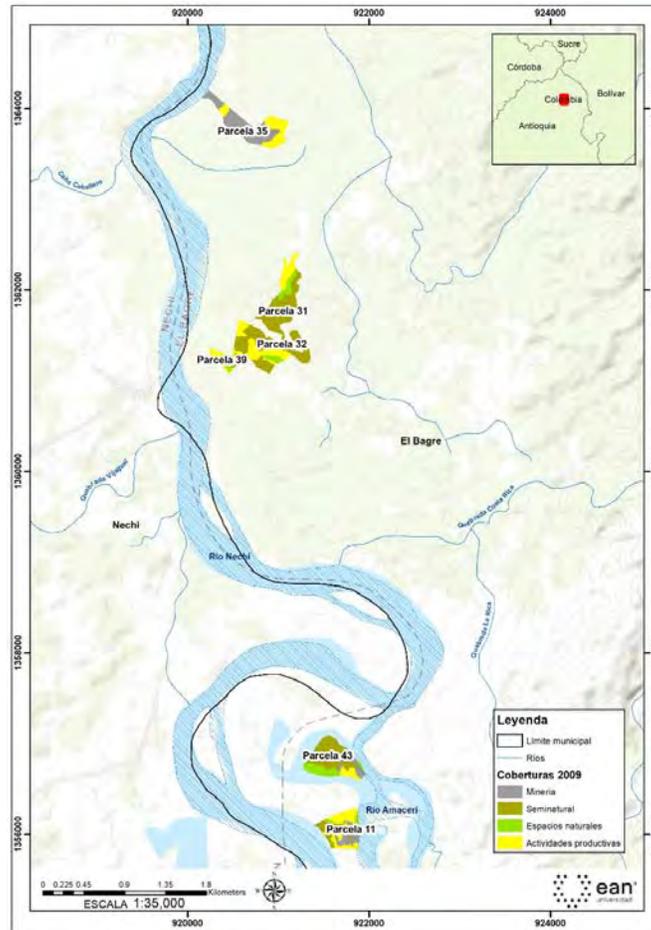
El análisis multitemporal se realiza dentro de los periodos, previamente acordados entre los equipos técnicos de la EAN y de Mineros S.A, haciendo uso de la mejor información disponible para las parcelas agroforestales, 11,31,32,35,39 y 43

De manera complementaria se presentan análisis de patrones del paisaje y análisis de integridad ecológica.

6.2 Cambio de coberturas

En el año 2009 en las parcelas agroforestales predominaba la vegetación secundaria o en transición llegando a ocupar cerca del 45 % de estas zonas; solo se evidencia actividad minera en las parcelas 11, 43 y 35, siendo esta última la que contaba con mayor extensión de esta actividad. Por su parte, las parcelas 31, 32 y 39 conformaban un paisaje heterogéneo en donde las actividades agrícolas y el uso selectivo de los frutos del bosque eran los principales usos del suelo.

Ilustración 50. Coberturas en parcelas agroforestales 2009



Fuente: Elaboración EAN 2023

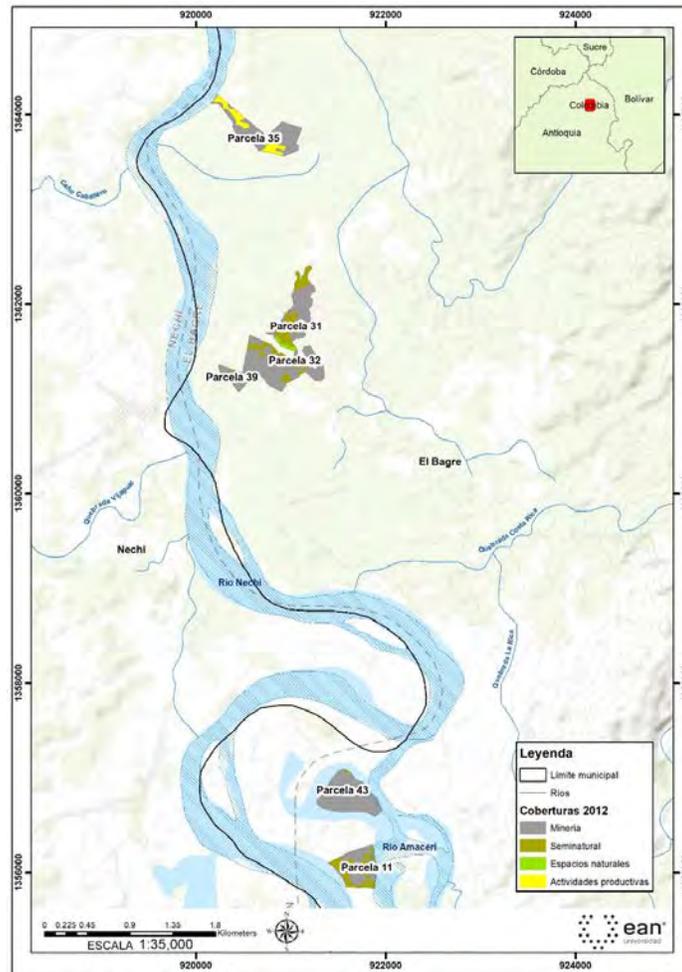
Tabla 12. Cambio de coberturas en parcelas agroforestales

Cobertura	2009		2012		2014		2023	
	Área (ha)	%						
Minería	18.71	18.33	76.81	75.26	51.24	50.20	18.25	17.88
Seminatural	43.13	42.25	19.35	18.96	10.83	10.61	47.09	46.14
Espacios naturales	9.08	8.89	0.78	0.76	2.84	2.78	2.49	2.44
Actividades productivas	31.15	30.52	5.12	5.02	37.16	36.41	34.22	33.53
TOTAL	102.07	100	102.07	100	102.07	100	102.07	100

Fuente: Elaboración EAN 2023

Para el año 2012 se evidencia un aumento considerable de las zonas de extracción minera, pues llegaron a ocupar aproximadamente el 80% de las parcelas, transformando principalmente las coberturas seminaturales y las áreas destinadas a las actividades pecuarias. Se observa que casi la totalidad de las parcelas están destinadas al uso minero. Las coberturas silvestres, como los ríos y las zonas húmedas disminuyeron drásticamente, ocupando menos de 1 ha.

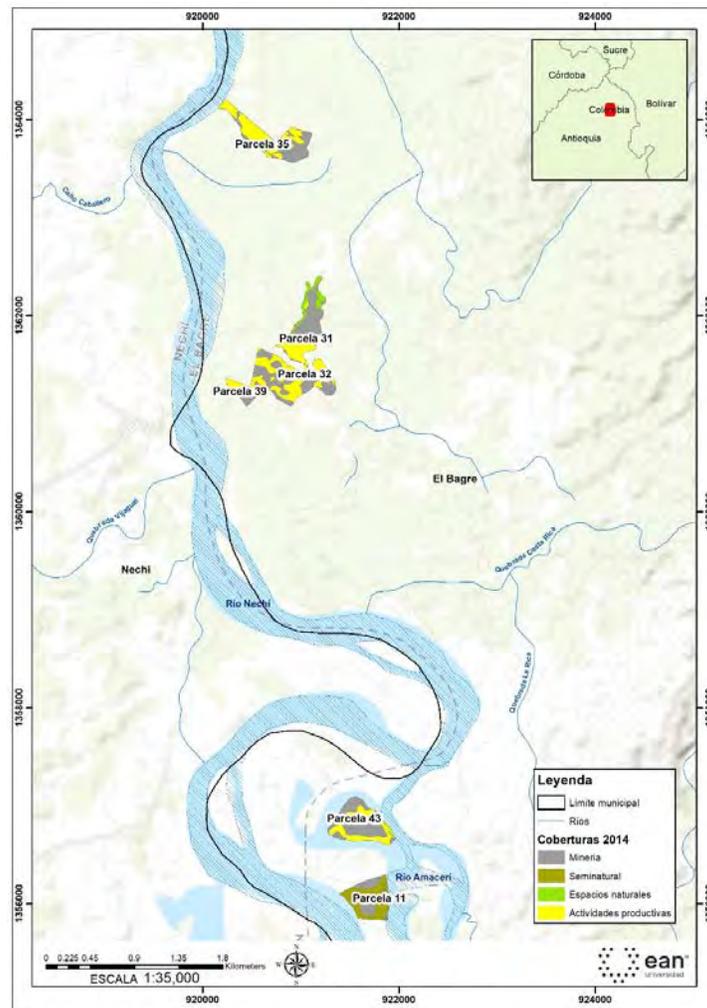
Ilustración 51. Coberturas parcelas agroforestales 2012



Fuente: Elaboración EAN 2023

En el año 2014 se comienzan a observar los procesos de recuperación ecosistémica, en las parcelas 32 y 35 principalmente, se evidencia la aparición de pastos limpios como indicador de los primeros procesos de restauración ecológica, pues este tipo de coberturas aumenta en casi 35 ha. Las zonas destinadas a la actividad minera, disminuyen en cerca de 25 ha, sin embargo, es la actividad predominante, ya que ocupa cerca del 50% del área de las parcelas.

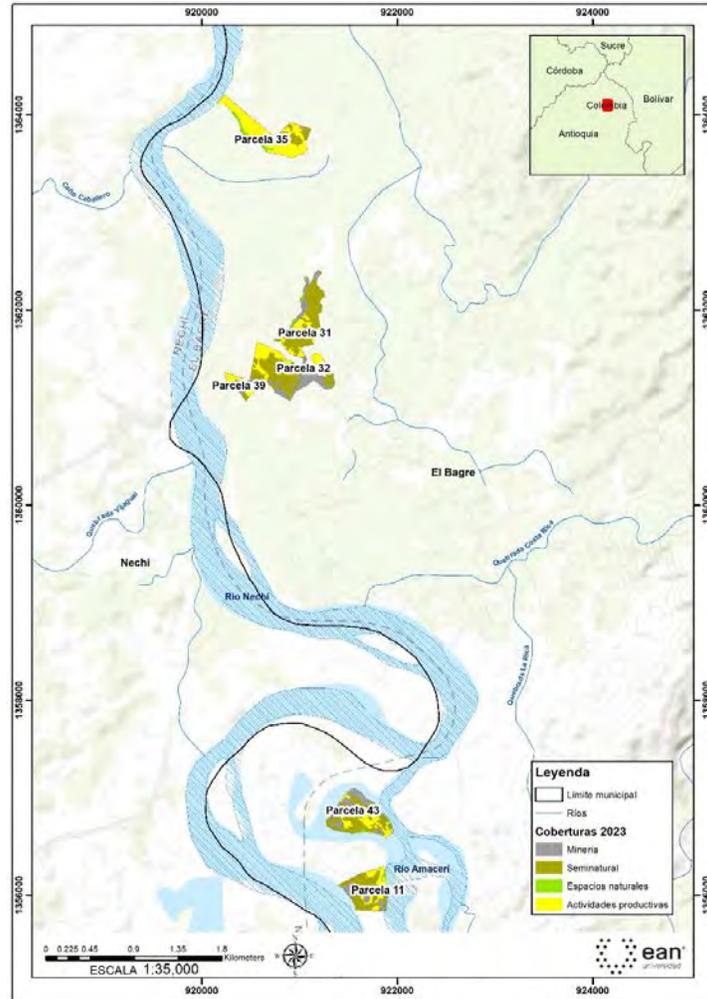
Ilustración 52. Coberturas parcelas agroforestales 2014



Fuente: Elaboración EAN 2023

En el año 2023 la restauración y recuperación ecosistémica es muy clara, pues las zonas de minería llegan a ocupar la misma área que para el año inicial, el 18 % de las parcelas. Las coberturas seminaturales, se presentan con cerca del 47% indicando resultados de éxito y avanzados procesos de restauración ecológica. Los pastos limpios se mantienen ocupando casi la misma área que para el año anterior (34 ha), siendo la parcela 35 la que más área reporta, indicando los primeros avances de los procesos de restauración.

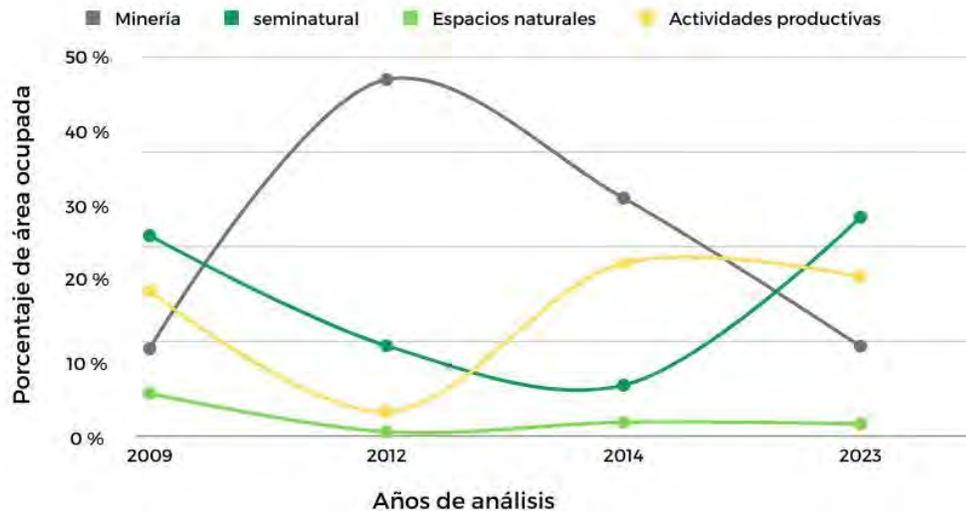
Ilustración 53. Coberturas parcelas agroforestales 2023



Fuente: Elaboración EAN 2023

Ilustración 54. Cambio tendencial de las principales coberturas en parcelas agroforestales

Cambio tendencial de coberturas Parcelas Agroforestales



Fuente: Elaboración EAN 2023

En conclusión, las parcelas agroforestales han tenido desde el año inicial de intervención una dinámica de transformación muy variada, del 2009 al 2012 ocurrieron los cambios que evidencian el inicio de la actividad minera, en este periodo además de que existió un aumento notorio de las zonas mineras, disminuyen los pastos, los espacios naturales y la vegetación seminatural o en transición, lo que evidencia procesos de transformación ecosistémica. Desde del año 2014 se observa claramente los inicios de las acciones de recuperación ecológica, pues a medida que las zonas mineras disminuyen, los pastos aumentan al igual que las coberturas seminaturales, ambos indicadores de distintas etapas de restauración.

6.3 Indicadores de cambio

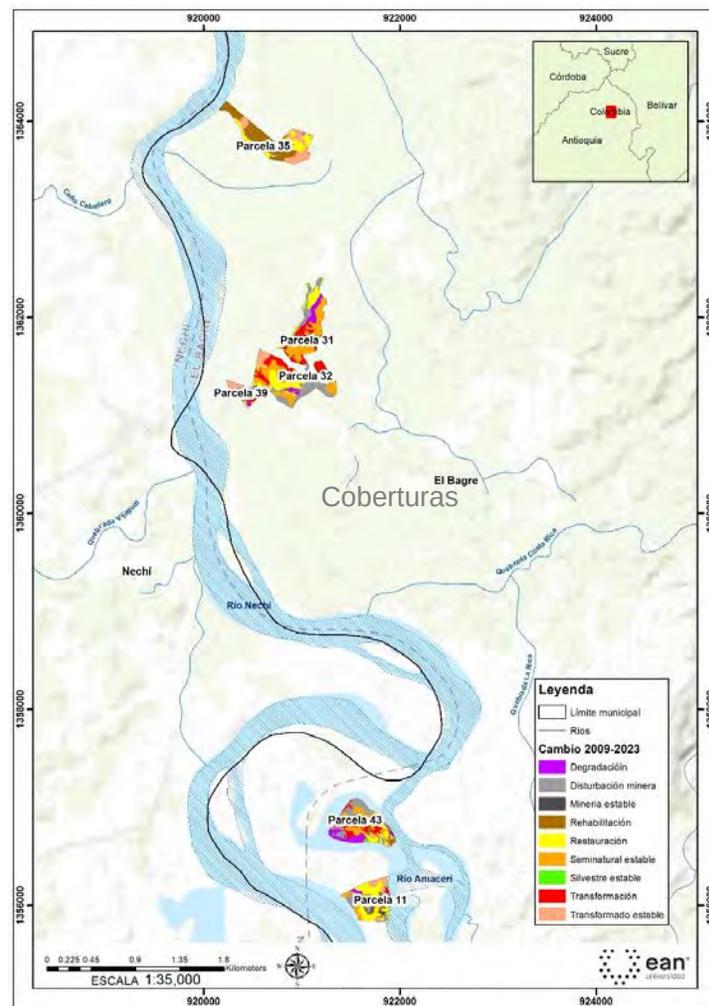
Entre el año 2009 y 2014, dentro de las parcelas agroforestales se identificaron nueve indicadores de cambio, los cuales evidencian una dinámica de transformación fuerte, entre procesos de transformación, disturbación minera y también de recuperación ecosistémica. El indicador seminatural estable con un porcentaje cercano al 22%, indica que durante el periodo de tiempo algunas partes de las parcelas se mantuvieron en buen estado de conservación.

Tabla 13. Indicadores de cambio de coberturas Parcelas

Indicadores de cambio	Cambio 2009-2014	
	Área (ha)	%
Degradación	5.72	5.60
Disturbación minera	17.61	17.25
Minería estable	0.64	0.63
Rehabilitación	12.05	11.80
Seminatural estable	23.34	22.86
Silvestre estable	0.28	0.28
Transformación	11.83	11.59
Transformado estable	10.35	10.14
Restauración	20.25	19.84
TOTAL	102.07	

Fuente: Elaboración EAN 2023

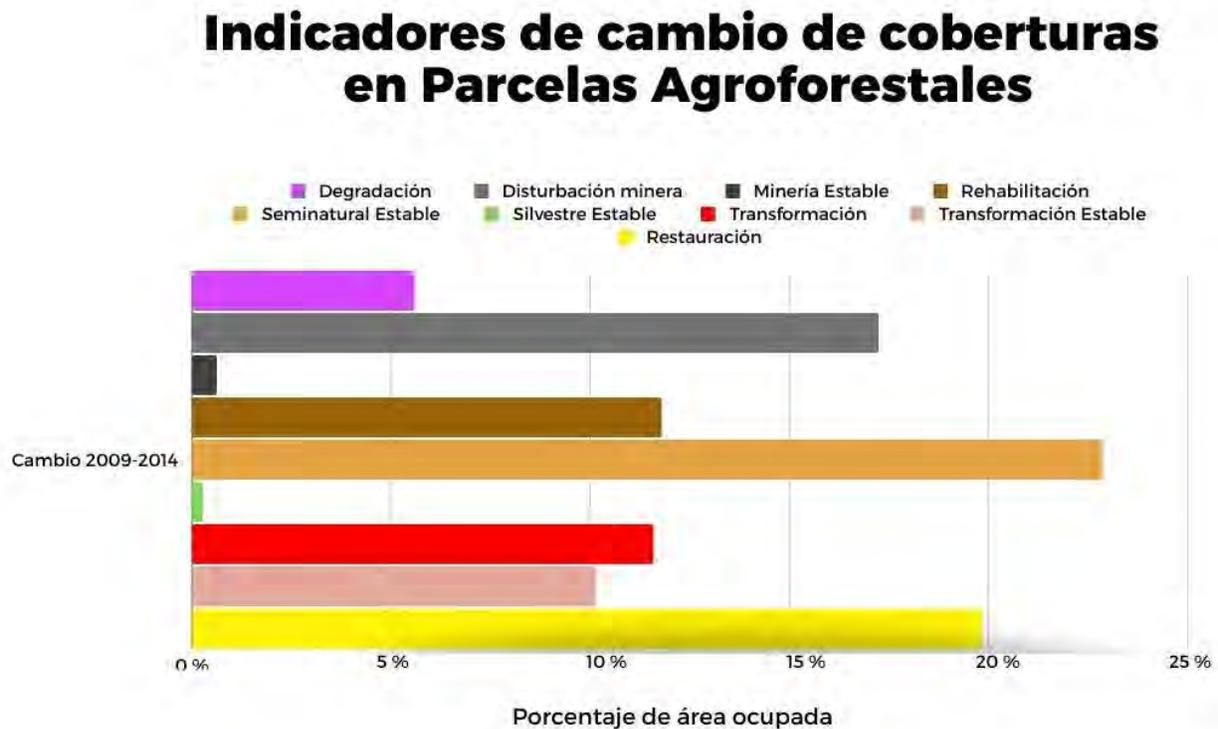
Ilustración 55. Indicadores de cambio de coberturas Parcelas



Fuente: Elaboración EAN 2023

Por su parte los indicadores de restauración y rehabilitación están mostrando la recuperación de los ecosistemas, de las casi 32 ha, aproximadamente 20 ha que corresponde al 20 % de la zona, son áreas que se encuentran bajo coberturas seminaturales, es decir, vegetación secundaria o en transición que indican estados ecológicos que sugieren la recuperación de los atributos de composición, estructura y función, lo cual permitirá el flujo ecológico entre distintos ecosistemas estratégicos de la región.

Ilustración 56. Expresión gráfica de Indicadores de cambio de coberturas en parcelas agroforestales



No obstante, también es importante mencionar los valores un poco elevados en la disturbación minera, degradación y en la transformación, pues estos muestran que los procesos mineros fueron permanentes durante el periodo de tiempo analizado.

6.4 Abundancia Y Riqueza de especies de fauna en las Parcelas Agroforestales

En los polígonos identificados como parcelas agroforestales 11, 31, 32, 35, 39 y 43, donde la Empresa Mineros S.A. ha realizado acciones de extracción minera y posterior recuperación, se tomó como información secundaria, los inventarios y reportes de especies que arroja el Sistema Global de Información sobre Biodiversidad-GBIF (por sus siglas en inglés) y a partir de estos datos se realizó el análisis de abundancia y riqueza de los grupos taxonómicos de especies de fauna representativos de la Biodiversidad asociados al análisis de coberturas en dichas parcelas. También se tomó información

asociada a la cartografía brindada por la empresa en donde para algunos polígonos se asoció información de reportes de especies de la biodiversidad.

Teniendo en cuenta la información que arroja el GBIF para el área de estudio, para el análisis de abundancia absoluta y riqueza de especies de la biodiversidad se priorizó el análisis de la avifauna, como indicadores del estado de los ecosistemas presentes en los polígonos donde se analizaron las coberturas, teniendo en cuenta la disponibilidad de información respecto de este grupo taxonómico.

Avifauna

Es importante recordar que las aves son fundamentales en la dinámica ecológica de los ecosistemas ya que, con su comportamiento y desarrollo, contribuyen al proceso de polinización y dispersión de semillas, facilitando los procesos de regeneración natural de los bosques y enriquecimiento de los ecosistemas, ya que pueden traer material genético de áreas cercanas y promover procesos de sucesión natural. Adicionalmente son indicadores de las condiciones ambientales de un hábitat y cumplen un papel importante en las cadenas tróficas. (Rodríguez Mahecha et al. 2008).

La tabla 14, presenta las especies de aves reportadas en el GBIF para los polígonos de las parcelas agroforestales y los valores de abundancia correspondientes al año 2021.

Tabla 14. Listado y Abundancia y Riqueza de aves en parcelas agroforestales para el año 2021 según orden

Orden	Especie	Abundancia	Riqueza
Accipitriformes	Buteogallus meridionalis	4	6
	Buteogallus urubitinga	2	
	Cathartes burrovianus	2	
	Coragyps atratus	10	
	Gampsonyx swainsonii	1	
	Rupornis magnirostris	5	
	Total Abundancia Orden	24	
Anseriformes	Chauna chavaria	12	3
	Dendrocygna autumnalis	5	
	Dendrocygna viduata	12	
	Total Abundancia Orden	29	
Apodiformes	Amazilia tzacatl	1	2
	Anthracothorax nigricollis	2	
	Total Abundancia Orden	3	
Caprimulgiformes	Chordeiles minor	6	2
	Nyctidromus albicollis	5	
	Total Abundancia Orden	11	
Charadriiformes	Actitis macularius	11	8
	Calidris bairdii	1	
	Calidris minutilla	1	
	Charadrius collaris	5	

Orden	Especie	Abundancia	Riqueza
	Jacana jacana	14	
	Sternula superciliaris	1	
	Tringa solitaria	7	
	Vanellus chilensis	9	
	Total Abundancia Orden	49	
Columbiformes	Columbina minuta	12	4
	Columbina talpacoti	12	
	Leptotila verreauxi	12	
	Patagioenas cayennensis	9	
	Total Abundancia Orden	45	
Coraciiformes	Chloroceryle amazona	4	2
	Megaceryle torquata	5	
	Total Abundancia Orden	9	
Cuculiformes	Coccyzus americanus	1	5
	Coccyzus pumilus	7	
	Crotophaga ani	13	
	Piaya minuta	2	
	Tapera naevia	14	
	Total Abundancia Orden	37	
Falconiformes	Herpetotheres cachinnans	6	1
	Total Abundancia Orden	6	
Galliformes	Ortalis garrula	2	1
	Total Abundancia Orden	2	
Passeriformes	Arundinicola leucocephala	7	47
	Campylorhynchus griseus	14	
	Cardellina canadensis	1	
	Catharus ustulatus	1	
	Certhiaxis cinnamomeus	6	
	Contopus virens	5	
	Elaenia flavogaster	5	
	Fluvicola pica	12	
	Furnarius leucopus	6	
	Geothlypis philadelphia	1	
	Hirundo rustica	3	
	Icterus nigrogularis	10	
	Machetornis rixosa	8	
	Megarynchus pitangua	1	
	Mniotilta varia	2	
	Myiarchus panamensis	1	
	Myiozetetes cayanensis	8	
	Myiozetetes similis	1	
	Parkesia noveboracensis	3	
Piranga rubra	1		

Orden	Especie	Abundancia	Riqueza
	Pitangus sulphuratus	13	
	Poecilotriccus sylvia	3	
	Progne chalybea	2	
	Progne tapera	2	
	Protonotaria citrea	1	
	Quiscalus lugubris	5	
	Ramphocelus dimidiatus	10	
	Sakesphorus canadensis	10	
	Saltator olivascens	12	
	Setophaga fusca	1	
	Setophaga petechia	10	
	Sicalis flaveola	6	
	Sporophila minuta	3	
	Sporophila schistacea	1	
	Stelgidopteryx ruficollis	4	
	Synallaxis albescens	8	
	Synallaxis candei	1	
	Tachycineta albiventer	1	
	Thraupis episcopus	8	
	Todirostrum cinereum	7	
	Tyrannus dominicensis	5	
	Tyrannus melancholicus	12	
	Tyrannus savana	12	
	Tyrannus tyrannus	2	
	Vireo olivaceus	3	
	Volatinia jacarina	8	
Xiphorhynchus picus	2		
	Total Abundancia Orden	248	
Pelecaniformes	Ardea alba	9	11
	Ardea cocoi	10	
	Ardea herodias	1	
	Bubulcus ibis	10	
	Butorides striata	7	
	Egretta caerulea	1	
	Egretta thula	1	
	Mesembrinibis cayennensis	1	
	Phimosus infuscatus	1	
	Pilherodius pileatus	3	
	Theristicus caudatus	5	
		Total Abundancia Orden	
Piciformes	Colaptes punctigula	6	7
	Dryocopus lineatus	1	
	Hypnelus ruficollis	13	

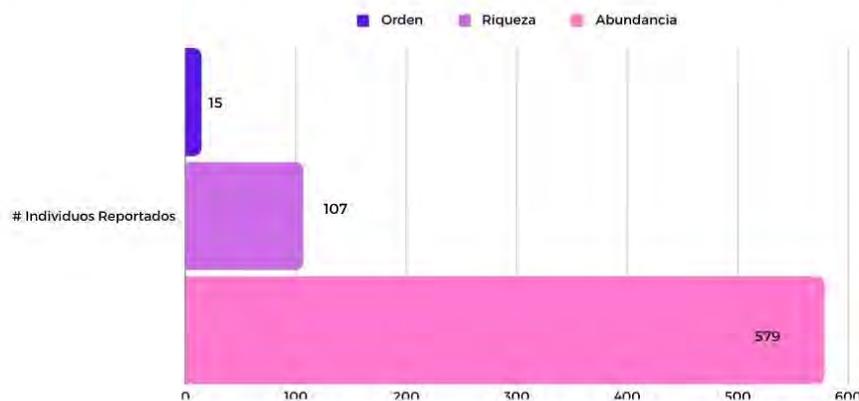
Orden	Especie	Abundancia	Riqueza
	Melanerpes rubricapillus	7	
	Picumnus cinnamomeus	1	
	Picumnus olivaceus	1	
	Ramphastos ambiguus	2	
	Total Abundancia Orden	31	
Psittaciformes	Amazona amazonica	3	7
	Amazona farinosa	1	
	Amazona ochrocephala	6	
	Ara ararauna	1	
	Ara severus	10	
	Aratinga pertinax	12	
	Forpus conspicillatus	2	
	Total Abundancia Orden	35	
Tinamiformes	Crypturellus soui	1	1
	Total Abundancia Orden	1	
Total general		579	107

Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF

Se reportaron un total de 579 individuos (abundancia), correspondientes a 107 especies (riqueza), dentro de 15 órdenes taxonómicas de aves para el año 2021 en las parcelas agroforestales donde la empresa Mineros S.A. ha adelantado acciones de extracción y posterior recuperación ecológica. La ilustración 57 identifica la riqueza y la abundancia para las 15 órdenes de aves reportadas en el año 2021 en las parcelas agroforestales.

Ilustración 57. Riqueza y abundancia de aves reportadas

Riqueza y Abundancia para las 15 ordenes de aves reportadas en Parcelas Agroforestales

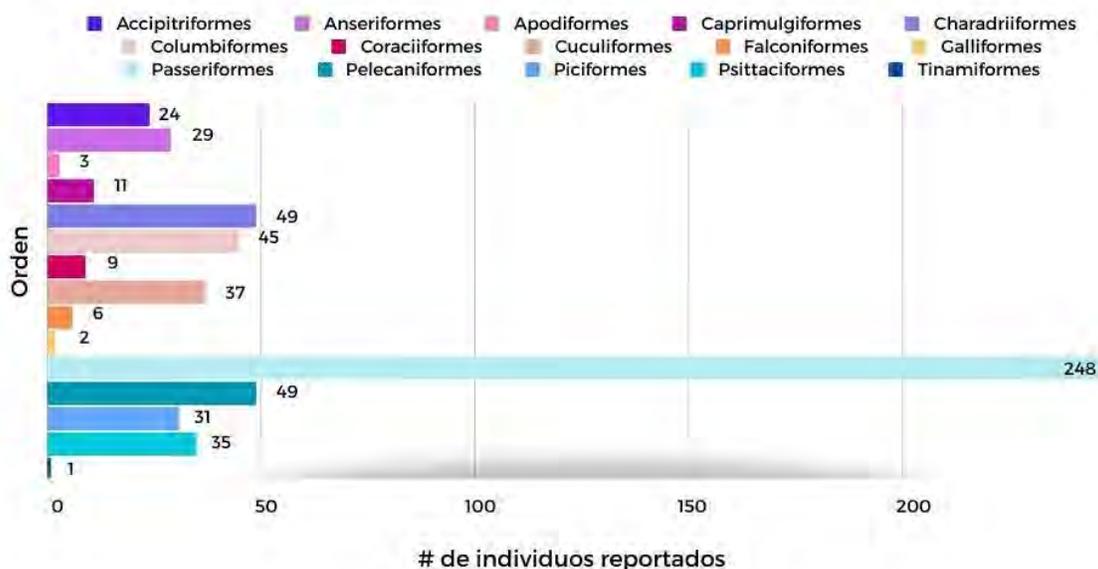


Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF

Si se realiza un análisis de abundancia en relación con las órdenes de aves identificadas, se tiene que las órdenes con mayor abundancia de individuos reportados, corresponde a la Passeriformes con 248 individuos de 47 especies, la Pelecaniformes con 49 individuos de 11 especies, la Charadriiformes con 49 individuos de 8 especies y la Columbiformes con 45 individuos de 4 especies. A continuación, se presenta en la ilustración 58, la abundancia de individuos por orden taxonómica de aves en las parcelas agroforestales objeto de estudio.

Ilustración 58. Gráfica de abundancia de aves según clasificación taxonómica basada en orden

Abundancia de aves según clasificación taxonómica basada en orden



Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF

Orden Passeriforme

En relación con la gran abundancia de individuos y riqueza de especies del orden Passeriforme, es importante resaltar que se trata del grupo taxonómico más diverso de animales vertebrados terrestres, cuya distribución se encuentra en todos los continentes del globo terráqueo con excepción de la Antártida. De igual manera corresponde un orden que comprende más de la mitad de las especies de aves registradas en el mundo (Bioenciclopedia, 2023).

Las passeriformes se caracterizan por ser aves de tamaños pequeños a medianos y corresponden a aquellas comúnmente nombradas como pájaros. De igual manera se resalta que este grupo taxonómico está conformado por gran diversidad de especies cuya característica más común es que tienen un pico cónico y puntiagudo adaptado para comer semillas, frutos e insectos principalmente. **Su gran**

abundancia dentro de los reportes realizados, denota que en los polígonos de las parcelas agroforestales, existe una amplia diversidad de hábitats y recursos disponibles, especialmente asociados a vegetación terrestre e insectos pues son la principal fuente alimenticia en sus dietas.

En relación con la riqueza y abundancia de esta orden, se evidencia que con un total de 248 individuos reportados es la de mayor abundancia y también la de mayor riqueza con 47 especies identificadas. De acuerdo a la información analizada se destacan 6 especies con más de 10 individuos reportados, las cuales corresponden al Cucarachero Chupahuevos (*Campylorhynchus griseus*) 14 individuos, Bienteveo común (*Pitangus sulphuratus*) 13 individuos, Viudita Pía (*Fluvicola pica*) 12 individuos, Pepitero grisáceo del Caribe (*Saltator olivascens*) 12 individuos, Sirirí común (*Tyrannus melancholicus*) 12 individuos, Tijereta sabanera (*Tyrannus savana*) 12 individuos.

Ilustración 59. Riqueza y abundancia de aves del orden passeriformes



Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF

A continuación, se presenta registro fotográfico de algunas especies significativas y las más abundantes de esta orden, también una descripción de su dieta y hábitat.



Campylorhynchus griseus - Cucarachero Chupahuevos
Insectívoro, convive en parejas o pequeños grupos, habita bosques abiertos y hábitats de matorral.
Foto: Horacio Luna - eBird S36561673 - Macaulay Library ML



Pitangus sulphuratus - Bienteveo común
Dieta, variedad de animales y plantas, incluyendo peces, insectos, lagartijas y frutas. Habita áreas de arbustos, a menudo cerca de zonas abiertas o cuerpos de agua.
Foto: Luke Seitz - eBird S33703533 - Macaulay Library ML



Fluvicola pica - Viudita Pía
Insectívoro, convive sólo en parejas, habita pantanos abiertos percha cerca del suelo, donde revolotean en busca de insectos.
Foto: Luke Seitz - eBird S27225157 - Macaulay Library ML



Saltator olivascens - Pepitero risáceo del Caribe
Nectarívoro/Frugívoro, se alimenta de flores de Ipomea. Habita tierras bajas tropicales tanto secas como húmedas, prefiere bordes de bosque, matorrales secundarios, cercas vivas y marañas.
Foto: Camilo Zabala - eBird S88323207 - Macaulay Library ML



Tyrannus melancholicus - Sirirí común
Insectívoro, caza a sus presas en vuelo, a veces incorpora pequeños frutos a su dieta. Prefiere áreas abiertas con algunos árboles y cerca de agua.
Foto: Daniel Irons - eBird S53583566 - Macaulay Library ML



Tyrannus savana - Tijereta sabanera
Insectívoro atractivo y conspicuo. Habita sabanas, pastizales y otras áreas abiertas con arbustos y árboles dispersos
Foto: Luke Seitz - eBird S27225157 - Macaulay Library ML

Como se aprecia en la descripción de las especies más representativas y abundantes en los registros para la orden de las passeriformes, la mayoría de ellas son insectívoras y están asociadas a áreas pantanosas y praderas abiertas y arbustivas, si bien la presencia de otras especies que habitan zonas de bordes de bosques y tienen dietas que incluyen frutos y flores, ***evidencia variabilidad en los hábitats y puede indicar estadios más avanzados en los procesos de sucesión ecológica. Esto teniendo en cuenta que el ecosistema de referencia son las selvas bajas inundables asociadas a planicies aluviales de inundación del río Nechí.***

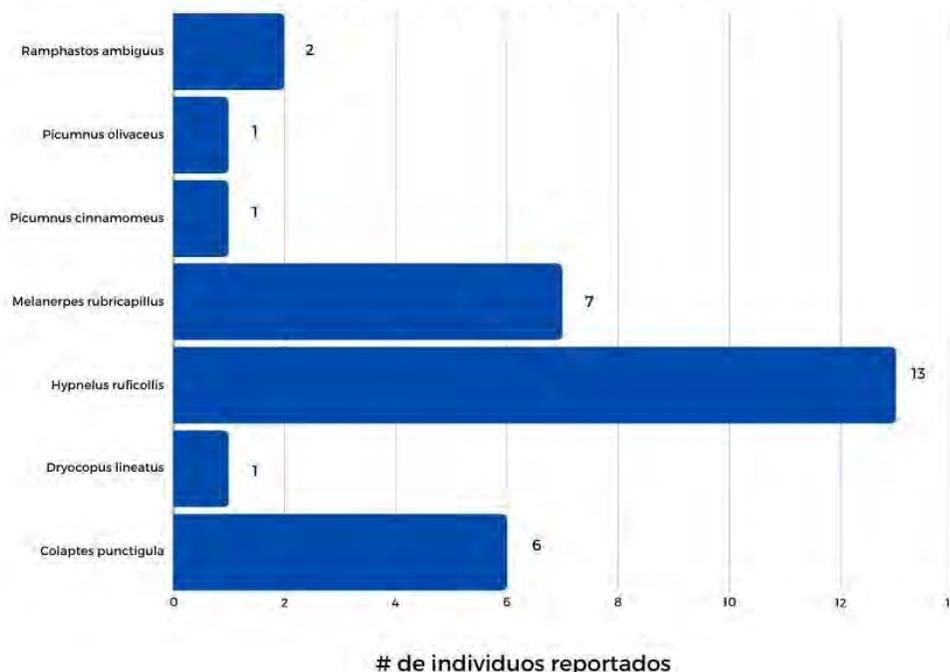
Orden Piciformes

El orden Piciforme es de distribución cosmopolita, comprende ocho familias y unas 400 especies, de las cuales Picidae (los pájaros carpinteros) es la más numerosa. Poseen patas zigodáctilas que les permite trepar troncos y ramas. Este orden se caracteriza por una gran diversidad en las especializaciones para la alimentación lo cual hace que las familias se distingan según la forma de los picos. Dentro de los reportes para esta orden se registraron 7 especies de las cuales 5 de ellas son pájaros carpinteros.

Dentro de los registros analizados para esta orden de aves se encontró que la especie más abundante corresponde al Buco Bobito (*Hypnelus ruficollis*) con 13 individuos, seguido por el Carpintero Coronirrojo (*Melanerpes rubricapillus*) con 7 individuos y el Carpintero Moteado (*Colaptes punctigula*) con 6 individuos.

Iustración 60. Riqueza y abundancia de aves del orden Piciformes

Riqueza y Abundancia de aves de orden Piciformes



Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF

A continuación, se presentan registro fotográfico y una breve descripción de las especies más relevantes para esta orden.



Colaptes punctigula – Carpintero Moteado

Insectívoro. Habita bosques húmedos subtropicales o tropicales de tierras bajas, bosques de manglares tropicales o subtropicales
Foto: Rhys Marsh – eBirdS28086466 – Macaulay Library ML 27566371



Melanerpes rubricapillus – Carpintero Coronirrojo

Insectívoro/Frugívoro/Nectarívoro. Habita bosques abiertos, bosques secundarios y jardines.
Foto: Peter & Jane Wolfe – eBird S33131311 – Macaulay Library ML 49989661



Hypnelus ruficollis – Bucu Bobito

Insectívoro, también caza lagartijas y otros animales pequeños. Habita, zonas bajas secas y húmedas, matorrales, bosques secos, manglares y bosques de galería
Foto: Andrés Vásquez Noboa – eBird S127932380 – Macaulay Library ML 535115981



Ramphastos ambiguus – Tucán Pechiamarillo

Principalmente frugívoro. También se alimenta de insectos, vertebrados como serpientes, lagartijas, pequeñas aves o mamíferos y roba huevos. Habita el dosel de bosque húmedo y el bosque de niebla, entre los 100 y 2.400 m de altitud.
Foto: Andres Vasquez Noboa – eBird S50211043 – Macaulay Library ML 536042571

A diferencia de las características generales de la orden de las paseriformes que habitan zonas inundables y áreas abiertas con matorrales, el hábitat de las especies de la orden de Piciformes está más asociado a bosques de borde o bosques secundarios, las especies de carpinteros por ejemplo utilizan árboles generalmente secos para realizar sus nidos haciendo huecos con sus picos, mientras que el tucán pechiamarillo suele sobrevolar las copas de los árboles en busca de frutos o vertebrados pequeños como lagartijas, su hábitat principal se encuentra en el dósel del bosque es decir en la parte alta también conocida como canopia (canpoy). ***Esta característica reafirma la idea de que en los ecosistemas donde se han adelantado acciones de recuperación posterior a la intervención minera, se han logrado estadios de sucesión ecológica avanzados, que brindan hábitat, refugio y alimento a estas especies de aves.***

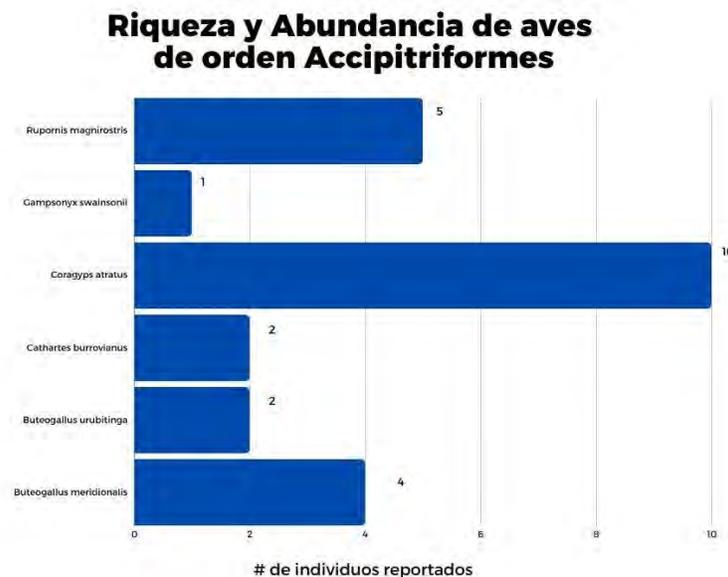
Dentro de las especies de aves reportadas para los polígonos de intervención de la empresa Mineros S.A., es importante resaltar que sólo dos de las especies registradas se encuentran bajo categoría de casi amenazadas (NearlyThreatened), una de ellas corresponde al Tucán pechiamarillo, por lo que **estos registros cobran gran importancia y apoyan la idea de adelantar acciones desde la empresa y articuladas con las comunidades y organizaciones ambientalistas de la región para promover estrategias de conservación de especies focales que se encuentran en el territorio.**

Orden Accipitriformes

El orden de las Accipitriformes incluye cuatro familias, 72 géneros y 259 especies, y contiene la mayoría de las rapaces diurnas incluidos los buitres del Nuevo Mundo. Dentro de sus características principales se encuentran el gran tamaño, dieta y alimentación principalmente carnívora, por lo que cuentan con un pico fuerte y curvado para desgarrar a sus presas, igualmente tienen garras fuertes para matar las presas y una visión muy aguda, para rastrearlas en vuelo, por ser predadores se sitúan en el último nivel de la cadena trófica. En los registros analizados para esta orden en los polígonos de recuperación minera se reportaron 24 individuos de 6 especies diferentes.

La especie más abundante reportada corresponde al buitre negro americano con 10 individuos, lo cual es lógico si se tiene en cuenta su comportamiento de estar normalmente en grupos de más de 5 individuos. Las otras especies más abundantes corresponden al Gavilán pollero (*Rupornis magnirostris*) con 5 individuos y al Gavilán cangrejero colorado (*Buteogallus meridionalis*) con 4 individuos. A continuación se grafica la abundancia reportada para esta orden de aves, según los datos tomados del GBIF.

Ilustración 61. Riqueza y abundancia de aves del orden Accipitriformes



Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF

La presencia de especies de la orden Accipitriformes, por ser aves rapaces y carroñeras, indica disponibilidad de alimento en el ecosistema de animales de otras especies y grupos taxonómicos como

mamíferos, reptiles, anfibios e insectos, evidenciando además dinámicas complejas y movimientos de materia y energía entre cadenas tróficas primarias y secundarias. A continuación se presenta registro fotográfico y algunas características generales de algunas de las especies de interés de este orden de aves.



Coragyps atratus – Buitre negro o Chulo

Carroñero en ambientes naturales, en ciudades suele hurgar en los basureros. Habita tierras abiertas y áreas con bosques o arbustos. Además se encuentra en bosques húmedos y tierras bajas, en bosques de arbustos en pastizales, pantanos y tierras húmedas, y viejos bosques degradados.

Foto: Luke Seitz - eBird S79529153 - Macaulay Library ML 299356411



Rupornis magnirostris – Gavián Pollero

Carnívoro/Insectívoro, caza presas pequeñas como mamíferos, lagartijas y aves. Habita en sabanas, montes y bosques.

Foto: Bradley Hacker - eBird S31683739 - Macaulay Library ML 35655601



Buteogallus meridionalis – Gavián Cangrejero colorado

Carnívoro/Insectívoro. Caza pequeños mamíferos, lagartijas, serpientes, cangrejos e insectos grandes. Habita en sabanas, montes y bosques.

Foto: Jay McGowan - eBird S34032573 - Macaulay Library ML 30422881



Gamponyx swainsonii - Elanio Enano – Gaviancito perlado

Carnívora, ave rapaz de tamaño pequeño se alimenta principalmente de pequeños reptiles y otras aves.

Habita en sabanas y los bosques secos o húmedos

Foto: Dorian Anderson - eBird S47154033 - Macaulay Library ML 112811261

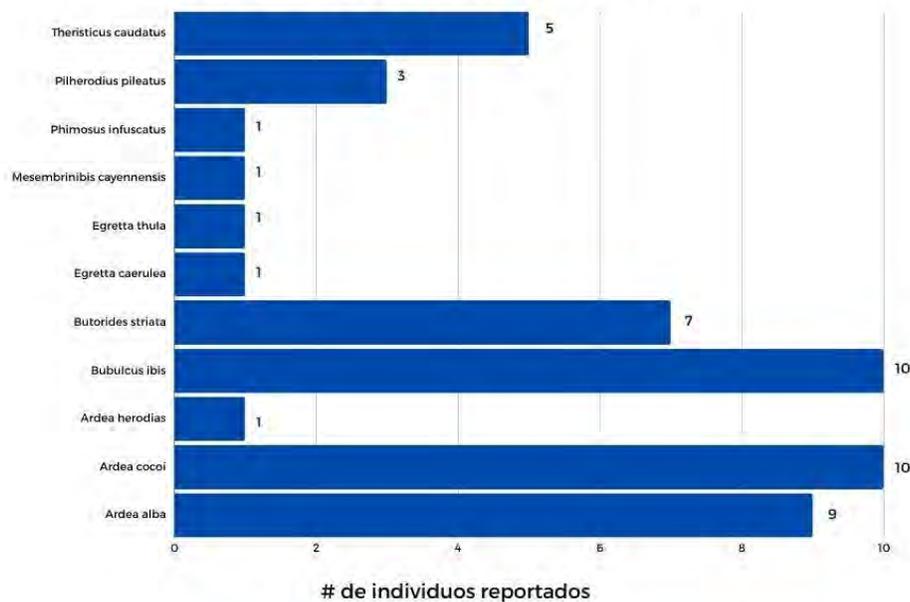
Respecto de las aves rapaces y carroñeras y su importancia en las dinámicas de los ecosistemas, se resaltan los procesos de caza por parte de las aves rapaces, de especies de fauna menores, cuyos restos orgánicos son posteriormente consumidos por los carroñeros contribuyendo al reciclaje. Los restos dejados por los carroñeros son después usados por los descomponedores e incorporados nuevamente al suelo como elementos y nutrientes disponibles para los productores primarios (vegetación). De acuerdo a lo anterior, **su presencia garantiza un funcionamiento adecuado del ecosistema en términos del ciclo de materia y energía y su paso por las diferentes cadenas tróficas.**

Orden Pelecaniformes

Los Pelecaniformes son un orden de aves de hábitos acuáticos, de tamaño medianas y grandes que presentan distribución mundial. Tienen patas con cuatro dedos del pie palmeados (membrana interdigital). La mayoría tiene un parche en la garganta de piel desnuda (parche gular). Se alimentan principalmente de peces, calamares, especies marinas o de agua dulce. La mayoría de especies de esta orden anidan en colonias, son aves monógamas, los polluelos generalmente son nidícolas (Wikipedia, INaturalist Colombia). En la actualidad el orden Pelecaniformes incluye 6 familias y más de 70 especies, entre ellas, las de pelícanos, garzas e íbices. De acuerdo a los registros analizados, se reportaron para esta orden una abundancia de 49 individuos distribuidos en 11 especies. A continuación se presenta el gráfico de abundancia para las especies de la orden Pelecaniformes reportadas en la base de datos del GBIF para el área de estudio.

Ilustración 62. Riqueza y abundancia de aves orden Pelecaniformes

Riqueza y Abundancia de aves de orden Pelecaniformes



Fuente: Este estudio a partir de datos del GBIF

Como se aprecia en la figura anterior, las 4 especies con mayor abundancia de esta orden corresponde a Garza cuca o Graza morena (*Ardea cocoi*) 10 individuos, Garzita bueyera (*Bubulcus ibis*) 10 individuos, Garza blanca (*Ardea alba*) 9 individuos y la Garzita azulada o estriada (*Butorides striata*) 7 individuos. Teniendo en cuenta la región biogeográfica del área de estudio, no se encontraron especies de pelícanos que están asociadas principalmente a aguas marinas y todas las especies identificadas se pueden agrupar en garzas e íbices. A continuación se presenta registro fotográfico y algunas características generales de las especies representativas.



Ardea cocoi - Garza Cuca o Morena

Carnívora, se alimenta de peces, anfibios e insectos tanto larvas como adultos. Habita áreas inundables y humedales salobres y dulceacuícolas.

Foto: Brian Sullivan - eBird S4076172 - Macaulay Library ML 128068191



Bubulcus ibis - Garzita bueyera

Insectívora, se alimenta principalmente de insectos, también puede comer ranas, arañas y polillas. Habita sabanas, pastizales, manglares, pantanos, áreas agrícolas, embalses y canaletas de agua en zonas agrícolas

Foto: Brandon Nidiffer - eBird S78237502 - Macaulay Library ML 292321851



Ardea alba - Garza blanca

Carnívora/Insectívora, se alimenta de peces, insectos (larva y adultos), anfibios y en menor cantidad por crustáceos, arácnidos y restos de vegetales. Forrajea en humedales poco profundos.

Foto: Alex Lamoreaux - eBird S31130123 - Macaulay Library ML 32782691



Butorides striata - Garzita azulada o estriada

Carnívora/Insectívora, se alimenta de peces, insectos acuáticos (adultos y larvas), cangrejos, moluscos, anfibios y reptiles. Habita humedales de agua dulce y salobre

Foto: David Disher - eBird S24568285 - Macaulay Library ML 48900061

Las garzas y el ibis son aves asociadas a cuerpos de agua como los humedales de planicies aluviales y zonas de inundación de ríos y quebradas, su presencia y reporte en las áreas de recuperación minera implica disponibilidad de hábitats y alimento como peces, insectos, anfibios y reptiles entre otros, y esto a su vez **evidencia condiciones de buena calidad de agua en cuanto a los aspectos físico químicos e hidrobiológicos ya que permite el desarrollo de especies bioindicadoras y altamente sensibles a las condiciones de calidad de agua como son los anfibios.**

6.5 Categoría de Amenaza

Como se mencionó al abordar la orden de las Piciformes, se presentaron en los registros analizados, dos especies bajo categoría de amenaza según la UICN, casi amenazada (NT), una que ya se mencionó y que corresponde al Tucán pechiamarillo y el Chicagüire, chajá o chavarrí (*Chauna chavaria*).

Esta especie, del orden de las Anseriformes, es un ave enorme y desproporcionada, con gruesas patas y cara roja y cresta rala (<https://ebird.org/species/norscr1?siteLanguage=es>), que se alimenta principalmente de plantas acuáticas. Su importancia radica en que es una de 4 especies con categoría de amenaza, identificadas en la cuenca baja de los ríos Cauca y Sinú (Ruiz y Cifuentes, 2021). ***Al ser una especie de distribución restringida y amenazada a escala global, se hace prioritario que sea considerada como especie focal dentro de las acciones de manejo y conservación de los Distritos Regionales de Manejo Integrado asociados a la cuenca del río Nechi como la CIÉNAGAS CORRALES Y EL OCHO, ubicado bastante cerca de la explotación minera que adelanta la empresa Mineros S.A.***



Chauna chavaria - Chajá o Chicagüire
Herbívoro/Granívoro, se alimenta de plantas acuáticas.
Habita Humedales que tengan árboles
Foto: Yanira Cifuentes Sarmiento - eBird S65096153 -
Macaulay Library ML 205091531

6.6 Análisis Cambio Climático

El departamento de Antioquia, ubicado en el noroeste de Colombia, está formado por 125 municipios agrupados en 8 subregiones:

Ilustración 63. Mapa del Departamento de Antioquia



Fuente: (Gobernación de Antioquia)

- *Valle de Aburrá*: Es la subregión más poblada y desarrollada del departamento, ubicada en el centro-sur de Antioquia.
- *Occidente*: subregión ubicada al oeste del departamento, bordeada por el océano Pacífico.
- *Suroeste*: subregión ubicada al suroeste del departamento, bordeada por el río Cauca.
- *Norte*: subregión ubicada al norte del departamento, bordeada por el río Magdalena.
- ***Bajo Cauca: subregión ubicada al noreste del departamento, bordeada por el río Cauca.***
- *Magdalena Medio*: subregión ubicada al oriente del departamento, bordeada por el río Magdalena.
- *Oriente*: subregión ubicada al este del departamento, bordeada por la cordillera central.
- *Nordeste*: La subregión se extiende sobre las vertientes orientales de la Cordillera Central y se caracteriza por los jardines, quebradas y altos a lo largo de su territorio. En su área norte la recreación es una alternativa de descanso.

Antioquia es un departamento ubicado al noroeste de Colombia, con una extensión de 63.612 kilómetros cuadrados. Su capital es Medellín, la segunda ciudad más poblada del país.

Es un departamento diverso, con una gran variedad de paisajes, climas y culturas. La cordillera de los Andes atraviesa el departamento de norte a sur, creando una topografía escarpada con profundos valles y altas montañas. El departamento también cuenta con una extensa costa en el océano Pacífico y el golfo de Urabá.

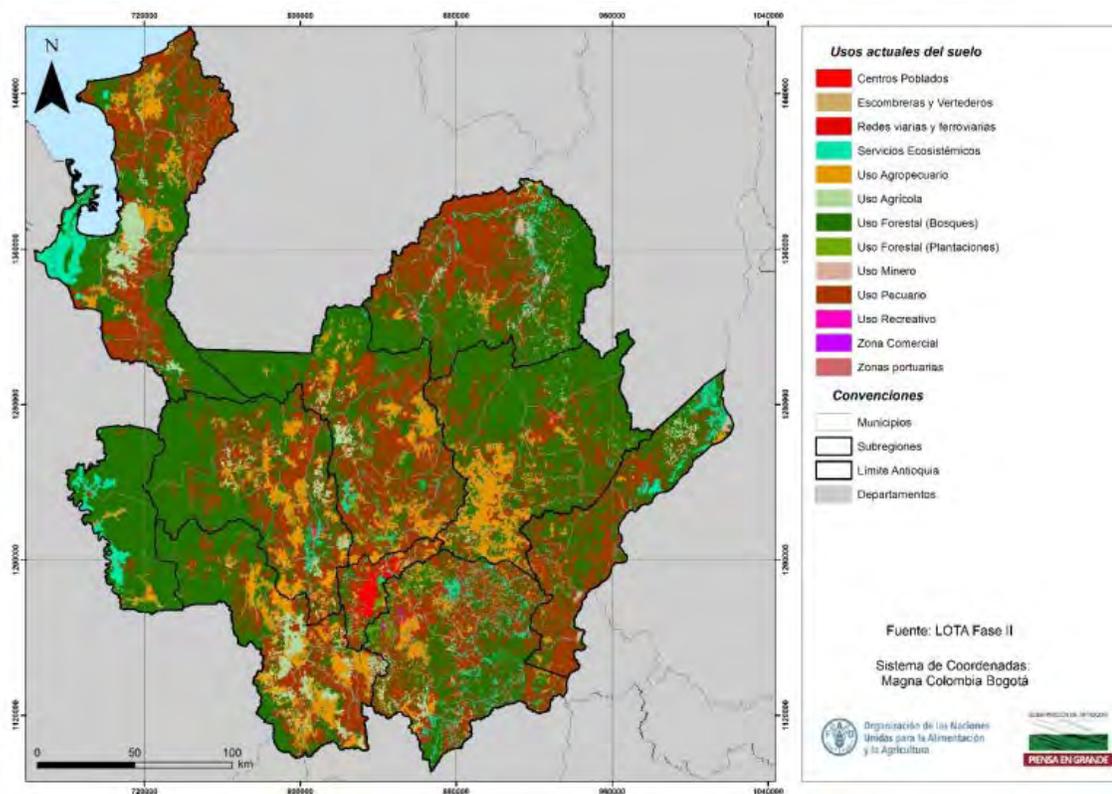
El territorio antioqueño es un departamento próspero, con una economía basada en la industria, el comercio y el turismo. El departamento es un importante centro de producción de textiles, maquinaria, productos químicos y alimentos. Medellín es un importante centro financiero y comercial. Antioquia es un departamento diverso con una economía próspera. El departamento es un importante centro industrial, comercial y turístico.

Vocación Productiva y Agrícola del departamento de Antioquia

Según el DANE, en 2022, el sector agropecuario de Antioquia representó el 10,2% del PIB departamental⁶. El departamento cuenta con una superficie agrícola de 1,2 millones de hectáreas, de las cuales el 70% se destina a cultivos transitorios, el 20% a cultivos permanentes y el 10% a pastos⁷.

Los principales cultivos transitorios del departamento son el café, el cacao, el plátano, el maíz y la yuca. Los principales cultivos permanentes son el aguacate, el banano, los cítricos, las flores y las hortalizas⁸.

Ilustración 64. Usos Actuales del Suelo en Antioquia



Fuente: (Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia., 2018)⁹

⁶ (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2022)

⁷ (Gobernación de Antioquia, 2023)

⁸ (Gobernación de Antioquia, 2023)

⁹ (Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia., 2018)

La industria agropecuaria de Antioquia está representada por más de 10.000 empresas, que generan más de 200.000 empleos. Las principales actividades industriales del sector son la producción de leche, carne, huevos, quesos, embutidos y productos procesados de frutas y hortalizas¹⁰.

El departamento de Antioquia tiene una vocación agrícola y productiva diversa y pujante. El sector agropecuario es un importante motor de la economía departamental y genera empleo y oportunidades para la población.

¿Cómo el Cambio Climático ha impactado en el departamento de Antioquia?

El departamento de Antioquia, en su **Plan Integral de Cambio Climático**¹¹, ha señalado que este fenómeno ha afectado el departamento de Antioquia, Colombia, de varias maneras, incluyendo:

- a. **Cambios en las temperaturas:** Las temperaturas en Antioquia han aumentado en un promedio de 1,1 °C desde 1960. Este aumento de las temperaturas está provocando cambios en los patrones de lluvia, lo que está afectando a la agricultura, la biodiversidad y el suministro de agua.
- b. **Cambios en las precipitaciones:** Las precipitaciones en Antioquia han aumentado en un promedio de 10% desde 1960. Este aumento de las precipitaciones está provocando inundaciones y deslizamientos de tierra, lo que está afectando a la infraestructura y a las comunidades.
- c. **Aumento del nivel del mar:** El nivel del mar en Antioquia ha aumentado en un promedio de 20 cm desde 1960. Este aumento del nivel del mar está provocando la erosión costera, lo que está afectando a las comunidades costeras.

Estos cambios han tenido un impacto significativo en el departamento de Antioquia, afectando a la economía, la sociedad y el medio ambiente.

A continuación se presentan algunos ejemplos específicos de cómo el cambio climático ha afectado a Antioquia¹²:

- **En la agricultura:** El aumento de las temperaturas y los cambios en las precipitaciones están provocando una reducción en los rendimientos de los cultivos. Esto está afectando a los agricultores, que están teniendo dificultades para mantener sus ingresos.
- **En la biodiversidad:** El aumento de las temperaturas y los cambios en las precipitaciones están provocando la migración y la extinción de especies. Esto está afectando a la biodiversidad del departamento, que es una de sus principales riquezas naturales.
- **En el suministro de agua:** El aumento de las temperaturas y los cambios en las precipitaciones están provocando una disminución en el suministro de agua. Esto está afectando a las comunidades, que están teniendo dificultades para acceder a agua potable.

¹⁰ (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2022)

¹¹ (Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia., 2018)

¹² (Gobernación de Antioquia, 2023)

- *En la infraestructura:* El aumento de las inundaciones y los deslizamientos de tierra están provocando daños a la infraestructura, como carreteras, puentes y viviendas. Esto está afectando a la economía y a la movilidad de las personas.
- *En las comunidades costeras:* El aumento del nivel del mar está provocando la erosión costera, lo que está obligando a las comunidades a desplazarse. Esto está afectando a la cultura y la forma de vida de estas comunidades.

El departamento de Antioquia está tomando medidas para adaptarse al cambio climático¹³. Estas medidas incluyen:

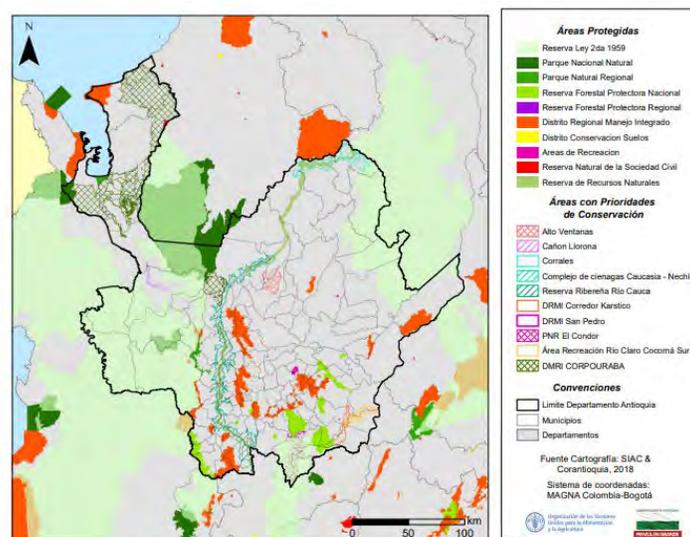
- La implementación de políticas y programas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.*
- La inversión en infraestructura para proteger a las comunidades de los impactos del cambio climático.*
- La educación y la sensibilización sobre el cambio climático.*

Estas medidas son necesarias para ayudar al departamento a enfrentar los desafíos del cambio climático y proteger su desarrollo sostenible.

Áreas Protegidas

El departamento de Antioquia, cuenta con un total de **96 áreas protegidas**, que ocupan una superficie de 213.317 hectáreas, equivalentes al 4,2% del territorio departamental¹⁴.

Ilustración 65. Áreas Protegidas en Antioquia



Fuente: (Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia., 2018)

¹³ (Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia., 2018)

¹⁴ (Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia., 2018)

Las áreas protegidas de Antioquia se clasifican en tres categorías:

- **Parques Nacionales Naturales:** Son áreas protegidas de alta importancia ecológica, que albergan una gran diversidad biológica y ofrecen servicios ambientales esenciales para la región.
 - a. *Parque Nacional Natural Las Orquídeas:* Este parque se encuentra en la región occidental de Antioquia y es conocido por su rica biodiversidad, en especial la variedad de orquídeas que crecen en la zona. También alberga una gran diversidad de fauna y ecosistemas.
 - b. *Parque Nacional Natural Paramillo:* Este parque se encuentra en la región de Urabá, en la parte noroccidental de Antioquia. Protege una amplia gama de ecosistemas, incluyendo bosques tropicales y páramos, y es hogar de una gran variedad de especies de flora y fauna.
- **Reservas Naturales de la Sociedad Civil:** Son áreas protegidas que son administradas por organizaciones privadas o comunitarias. En Antioquia se encuentran las siguientes reservas naturales de la sociedad civil:
 - a. *Reserva Natural El Silencio - La Laguna:* Ubicada en el municipio de Envigado, es un importante refugio de fauna silvestre, incluyendo osos de anteojos, aves rapaces y orquídeas.
 - b. *Reserva Natural El Socorro:* Ubicada en el municipio de El Retiro, es un importante ecosistema de bosques andinos que alberga una gran variedad de plantas y animales.
 - c. *Reserva Natural El Uvito:* Ubicada en el municipio de Guarne, es un importante corredor biológico que conecta los Andes con la región del Valle de Aburrá.
- **Reservas Forestales Protectoras Regionales:** Son áreas protegidas que tienen como objetivo proteger los recursos naturales, como los bosques y las fuentes de agua. En Antioquia se encuentran las siguientes reservas forestales protectoras regionales:
 - a. *Reserva Forestal Protectora Regional del Río Nare:* Ubicada en los municipios de Medellín y Guarne, es un importante corredor biológico que conecta los Andes con la región del Valle de Aburrá.
 - b. *Reserva Forestal Protectora Regional del Embalse el Peñol y Cuenca Alta del Río Guatapé:* Ubicada en los municipios de Guatapé, El Peñol y Marinilla, es un importante ecosistema de humedales que alberga una gran variedad de aves y peces.
 - c. *Reserva Forestal Protectora Regional de la Serranía de San Lucas:* Ubicada en los municipios de Amalfi, Anorí, Briceño, Dabeiba, Guadalupe, Murindó, Nechí y Remedios, es un importante ecosistema de bosques andinos que alberga una gran variedad de plantas y animales.

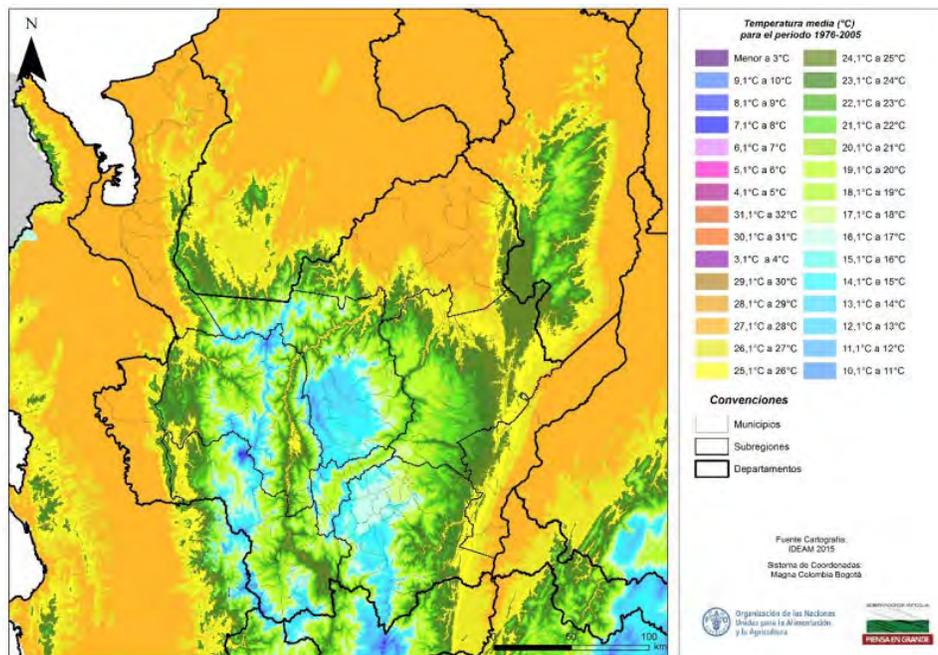
Las áreas protegidas del departamento de Antioquia juegan un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales. Estas áreas brindan un hábitat para una gran variedad de plantas y animales, así como servicios ambientales esenciales para la región, como la regulación del clima, la provisión de agua y la protección de los suelos.

El departamento de Antioquia está trabajando para aumentar la cobertura de áreas protegidas en el territorio departamental. **El objetivo es alcanzar una cobertura del 10% del territorio departamental con áreas protegidas para el año 2025.**

Variabilidad Climática

Según el IDEAM, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, las temperaturas en el departamento de Antioquia han aumentado en un promedio de 1,1 °C desde 1960. Este aumento de las temperaturas está provocando cambios en los patrones de lluvia, lo que está afectando a la agricultura, la biodiversidad y el suministro de agua.

Ilustración 66. Temperatura Media (°C) Para el Periodo 1976-2005



Fuente: (Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia., 2018) ¹⁵

Los cambios en las temperaturas se han observado en toda la región, pero son más notables en las zonas altas, donde el aumento de las temperaturas está provocando la disminución de los glaciares.

Algunos de los impactos del aumento de las temperaturas en Antioquia incluyen:

- Aumento de la frecuencia e intensidad de las olas de calor.
- Aumento de la demanda de energía para refrigeración.
- Reducción de los rendimientos de los cultivos.

¹⁵ (Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia., 2018)

- *Migración de especies.*
- *Aumento del riesgo de enfermedades transmitidas por vectores.*

El departamento de Antioquia está tomando medidas para adaptarse al cambio climático las cuales incluyen las siguientes acciones:

- *La implementación de políticas y programas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.*
- *La inversión en infraestructura para proteger a las comunidades de los impactos del cambio climático.*
- *La educación y la sensibilización sobre el cambio climático.*

Estas medidas son necesarias para ayudar al departamento a enfrentar los desafíos del cambio climático y proteger su desarrollo sostenible.

A continuación se presentan algunos datos específicos sobre los cambios en las temperaturas en Antioquia:

- *Temperatura promedio anual: 22 °C*
- *Aumento de la temperatura promedio anual: 1,1 °C*
- *Temperatura máxima promedio anual: 28 °C*
- *Temperatura mínima promedio anual: 16 °C*

Estos datos muestran que las temperaturas en Antioquia están aumentando a un ritmo acelerado. Este aumento de las temperaturas está teniendo un impacto significativo en el departamento, afectando a la economía, la sociedad y el medio ambiente.

Indicadores de Bosque

Según el informe de sostenibilidad de **Mineros S.A.** de 2022¹⁶, la zona de operación de la empresa en Colombia tiene un *índice de bosque per capita de 0,07 hectáreas*. Este indicador se calcula dividiendo el área total de bosque en la zona de operación por la población total de la misma.

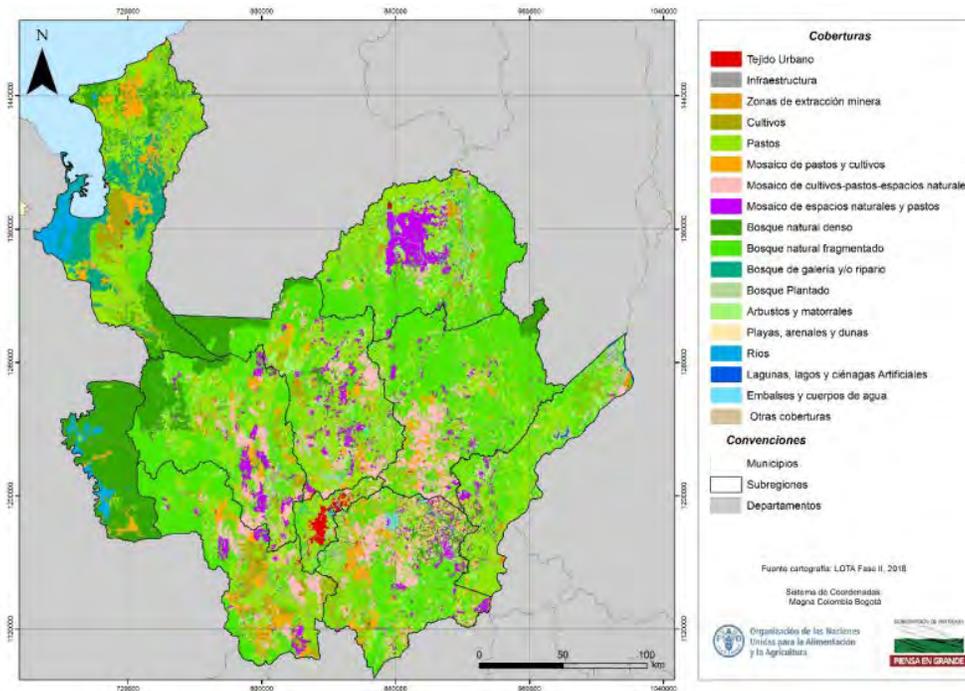
La zona de operación de **Mineros S.A.** en Colombia se encuentra en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Norte de Santander y Santander. En total, esta zona tiene una superficie de 17.400 hectáreas, de las cuales 1.220 hectáreas están cubiertas de bosque. La población total de la zona es de 170.000 personas¹⁷.

¹⁶ (Mineros SA, 2022)

¹⁷ (Mineros SA, 2022)

El índice de bosque per capita de 0,07 hectáreas por persona es inferior al promedio nacional de Colombia, que es de 0,1 hectáreas por persona. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la zona de operación de **Mineros S.A.** se encuentra en una región montañosa, donde la superficie de bosque es limitada¹⁸.

Ilustración 67. Cobertura de Antioquia



Fuente: (Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia., 2018)¹⁹

La empresa **Mineros S.A.** tiene un compromiso de conservar el medio ambiente y promover el desarrollo sostenible. La empresa ha implementado una serie de medidas para proteger el bosque en la zona de operación, incluyendo²⁰:

- a. Reforestación de áreas degradadas
- b. Protección de cuencas hidrográficas
- c. Educación ambiental para la comunidad

Gracias a estas medidas, la empresa ha logrado aumentar la cobertura boscosa en la zona de operación en los últimos años.

¹⁸ (Mineros SA, 2022)

¹⁹ (Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia., 2018)

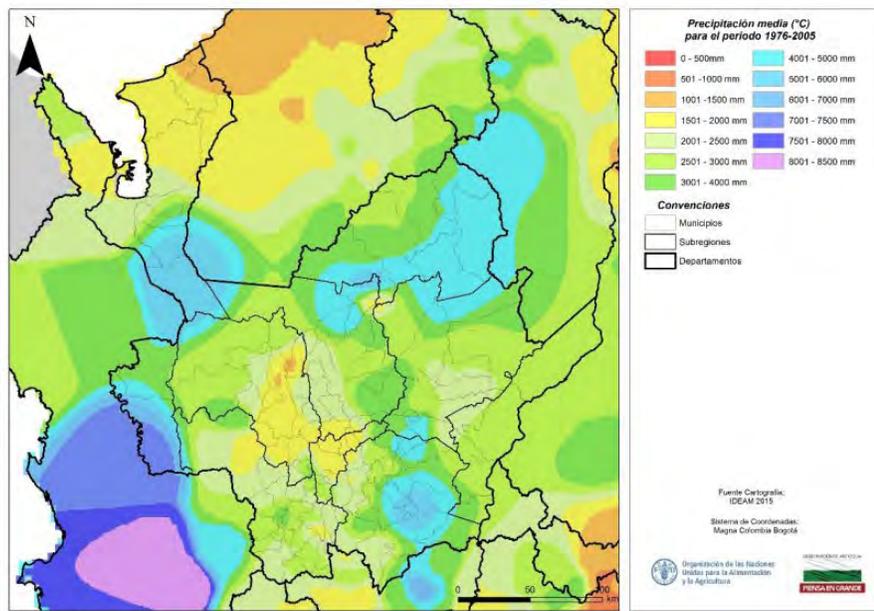
²⁰ (Mineros SA, 2022)

Cambios en el clima en términos de Pluviosidad en la zona de operación de Mineros S.A.

Según los registros meteorológicos de la zona de operación de *Mineros S.A.* en Colombia, se ha observado un aumento de la pluviosidad en los últimos años. El promedio anual de precipitaciones en la zona ha aumentado en un 10% desde 1990²¹.

Este aumento de la pluviosidad se ha observado en todas las estaciones del año, pero es más notable en la temporada de lluvias, que se extiende de abril a noviembre. En la temporada de lluvias, el promedio de precipitaciones ha aumentado en un 15% desde 1990²².

Ilustración 68. Precipitación media (MM) Para el Periodo 1976-2005



Fuente: (Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia., 2018)²³

El aumento de la pluviosidad se atribuye a un conjunto de factores, incluyendo el cambio climático y la deforestación. El cambio climático está provocando un aumento de las temperaturas globales, lo que está provocando un aumento de la evaporación y, por lo tanto, de las precipitaciones. La deforestación también está contribuyendo al aumento de la pluviosidad, ya que los árboles ayudan a regular el clima. El aumento de la pluviosidad tiene un impacto significativo en la zona de operación de **Mineros S.A.**, ya que afecta a la actividad minera y a la biodiversidad.

En términos de la actividad minera, el aumento de la pluviosidad puede provocar inundaciones y deslizamientos de tierra, lo que puede interrumpir las operaciones mineras. La empresa **Mineros S.A.** ha implementado una serie de medidas para mitigar los riesgos asociados al aumento de la pluviosidad, incluyendo:

- a. *La construcción de diques y muros de contención para prevenir inundaciones*

²¹ (Mineros SA, 2022)

²² (Mineros SA, 2022)

²³ (Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia., 2018)

b. *La reforestación de áreas degradadas para estabilizar los taludes*²⁴

En términos de la biodiversidad, el aumento de la pluviosidad puede provocar cambios en la vegetación y en la distribución de las especies. La empresa **Mineros S.A.** está trabajando con expertos en biodiversidad para monitorear los cambios en el ecosistema y tomar medidas para protegerlo.

A continuación se presentan algunos datos específicos sobre los cambios en la pluviosidad en la zona de operación de **Mineros S.A.** en Colombia:

Promedio anual de precipitaciones:

- 1990: 1.200 mm
- 2023: 1.320 mm²⁵

Promedio de precipitaciones en la temporada de lluvias:

1. 1990: 800 mm
2. 2023: 920 mm²⁶

Estos datos muestran que el aumento de la pluviosidad en la zona de operación de **Mineros S.A.** es un fenómeno significativo que está teniendo un impacto en la actividad minera y en la biodiversidad.

Disponibilidad de agua

La zona de operación de **Mineros S.A.** en Colombia se encuentra en una región montañosa, donde la disponibilidad de agua es abundante. El promedio anual de precipitaciones en la zona es de 1.320 mm²⁷, lo que proporciona un suministro suficiente de agua para las actividades mineras, las comunidades locales y el medio ambiente.

A continuación se presenta el análisis y la vulnerabilidad por falta del recurso hídrico, de acuerdo a las subregiones que se presentan en el departamento:

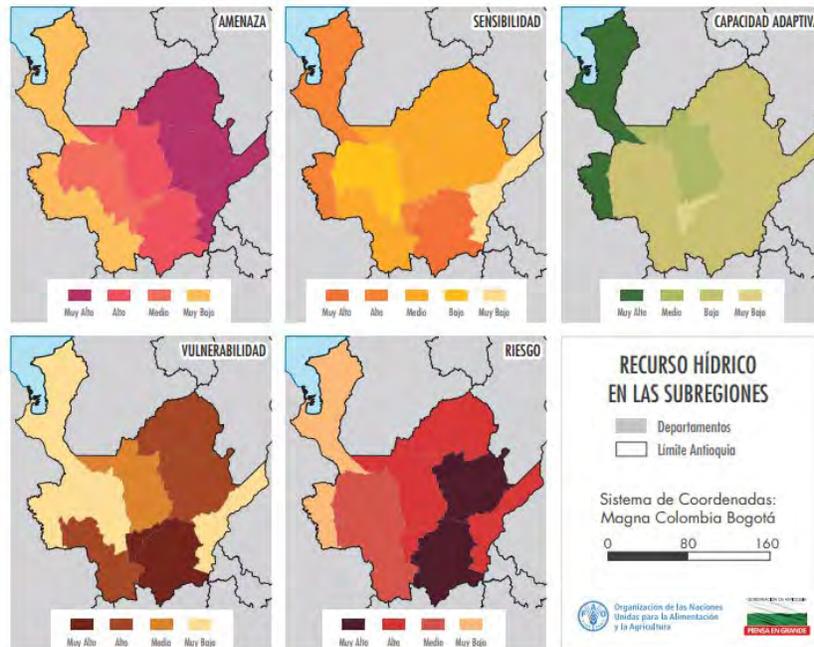
²⁴ (Mineros SA, 2022)

²⁵ (Mineros SA, 2022)

²⁶ (Mineros SA, 2022)

²⁷ (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2022)

Ilustración 69. Recurso Hídrico en la Subregiones



Fuente: (Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia., 2018)²⁸

De acuerdo con lo anterior, las subregiones del Valle de Aburrá y Oriente presentan muy alta vulnerabilidad por recurso hídrico, dado esto por el acelerado proceso urbanístico de estas subregiones que conlleva a una alta presión del recurso hídrico. Esta situación sugiere una planificación del territorio en torno a un manejo integral del agua. Si se considera el riesgo, las subregiones de Oriente y Nordeste se ubican en el rango de riesgo muy alto.

La empresa **Mineros S.A.** utiliza agua para una serie de procesos mineros, incluyendo:

- La extracción de oro:* El oro se extrae de la arena y el lodo mediante un proceso de lavado que utiliza agua.
- La separación del oro:* El oro se separa de la arena y el lodo mediante un proceso de flotación que utiliza agua.
- La gestión de residuos:* El agua se utiliza para limpiar los residuos mineros y evitar la contaminación del medio ambiente.

La empresa **Mineros S.A.** tiene un compromiso de utilizar el agua de manera eficiente y sostenible. La empresa ha implementado una serie de medidas para reducir su consumo de agua, incluyendo:

- *La reutilización del agua:* La empresa reutiliza el agua de los procesos mineros para otros fines, como el riego de las áreas verdes.
- *La implementación de sistemas de riego más eficientes:* La empresa ha implementado sistemas de riego más eficientes que utilizan menos agua.

La empresa **Mineros S.A.** también trabaja con las comunidades locales para garantizar que tengan acceso a agua potable de calidad. La empresa ha construido sistemas de agua potable en las comunidades cercanas a sus operaciones mineras.

²⁸ (Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia., 2018)

En general, la empresa **Mineros S.A.** gestiona el agua de manera responsable y sostenible en la zona de operación en Colombia. A continuación se presentan algunos datos específicos sobre la disponibilidad de agua en la zona de operación de **Mineros S.A.** en Colombia:

Caudal de los ríos principales:

Río Nechí: 1.000 m³/s²⁹

Río Cauca: 1.500 m³/s³⁰

Estos datos muestran que la zona de operación de **Mineros S.A.** tiene una disponibilidad de agua abundante, lo que permite a la empresa operar de manera sostenible.

Captura de CO₂

Según el informe de sostenibilidad de **Mineros S.A.** de 2022³¹, la empresa capturó 60.000 toneladas de CO₂ en Colombia en ese año. Esta cifra representa una reducción del 10% de las emisiones de CO₂ de la empresa en el país.

La captura de CO₂ de **Mineros S.A.** se realiza mediante un proceso llamado captura y almacenamiento de carbono (CCS). En este proceso, el CO₂ se captura de los gases de combustión de las operaciones mineras y se almacena de forma segura en el subsuelo.

La empresa **Mineros S.A.** tiene un compromiso de reducir sus emisiones de CO₂ y contribuir a la lucha contra el cambio climático. La empresa ha implementado una serie de medidas para reducir sus emisiones, incluyendo la captura de CO₂.

A continuación se presentan algunos datos específicos sobre la captura de CO₂ por parte de **Mineros S.A.** en Colombia:

- a. Volumen de CO₂ capturado: 60.000 toneladas
- b. Reducción de emisiones: 10%
- c. Proceso de captura: Captura y almacenamiento de carbono (CCS)

Estos datos muestran que **Mineros S.A.** está haciendo progresos en la captura de CO₂ y en la reducción de sus emisiones. La empresa tiene gran potencial de capturar de CO₂ en el futuro, lo que contribuiría a la lucha contra el cambio climático.

Además de la captura de CO₂, **Mineros S.A.** también está implementando otras medidas para reducir sus emisiones, incluyendo:

- *La eficiencia energética:* La empresa está trabajando para mejorar la eficiencia energética de sus operaciones mineras.
- *La energía renovable:* La empresa está invirtiendo en energía renovable, como la energía solar y la energía eólica.

²⁹ (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2022)

³⁰ (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2022)

³¹ (Mineros SA, 2022)

Estas medidas ayudarán a **Mineros S.A.** a reducir sus emisiones de CO2 y contribuir a la transición hacia una economía baja en carbono.

6.7. Análisis Componente Social

Las explotaciones mineras en el municipio de El Bagre se realizan en tres zonas diferenciadas específicamente por la estructura geológica del territorio, la primera zona y de mayor tamaño está ubicada al occidente y corresponde a la extracción de oro aluvial de los ríos Nechí y Tigüí; en la zona central existen otras explotaciones asociadas al batolito de Segovia y en la zona oriental se presenta extracción minera sobre estructuras de rocas metamórficas.

Los depósitos aluviales de oro son explotados por la empresa Mineros S.A. a través de una técnica de dragado sobre plataformas flotantes, dicha explotación se considera por su tamaño dentro del rango de “Gran Minería”; adicionalmente, es de carácter permanente. Cabe mencionar que dicha explotación no se realiza sobre el cauce del río Nechí, si no que se adelanta sobre la margen derecha del mismo en un sistema de paleocanales. En este sentido, la minería es la actividad económica predominante en el municipio, este renglón representa entre el 80% y el 85% de la dinámica económica.

La historia del municipio de El Bagre³² está ligada a la explotación de oro que se remonta a la conquista española. Inició como un caserío que se fue expandiendo a la vez que iba creciendo el desarrollo de la explotación aurífera. Los primeros habitantes de El Bagre, fueron esclavos, negros y extranjeros “gringos” procedentes de diferentes países y regiones, que vivían en rancherías y su sustento se dio a partir de la caza y de la pesca.

La base poblacional y étnica obedece a ello y a la relación directa que hubo entre explotación minera y esclavismo. Las migraciones ocurridas a lo largo del siglo 20, dieron lugar a dinámicas de crecimiento de la población que permitieron darle carácter de municipio a través de la Ordenanza N° 22 de Octubre 30 de 1.979

La evolución poblacional entre 1990 y 2023 para el municipio de El Bagre, ubicado en la Subregión del bajo Cauca, área de operación de la empresa Mineros S.A., pasó de 32.973 a 55.845 habitantes. Los habitantes de El Bagre representan actualmente el 0.82% de la población total de Antioquia, según las proyecciones del DANE³³. Registrándose en el Censo 2018 para la cabecera Municipal un crecimiento de 21.021 a 36.941 habitantes y en la zona rural de 11.952 a 18.584 habitantes.

De acuerdo al DANE, el comportamiento histórico del crecimiento poblacional se presenta en la Tabla No. 15.

³² Alcaldía Municipal ElBagre – Antioquia. <https://www.elbagre-antioquia.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Pasado-Presente-y-Futuro.aspx>

³³

de omisión municipal por área. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>.

Tabla 15. Tasa de crecimiento intercensal anual para el municipio de El Bagre Censos entre 1964 y 2018

El Bagre	Censo 1964 - 1973	Censo 1973 - 1985	Censo 1985 - 1993	Censo 1993 - 2005	Censo 2005 - 2018
	Total %				
	41,00	111,70	124,10	-0,60	12,70

Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

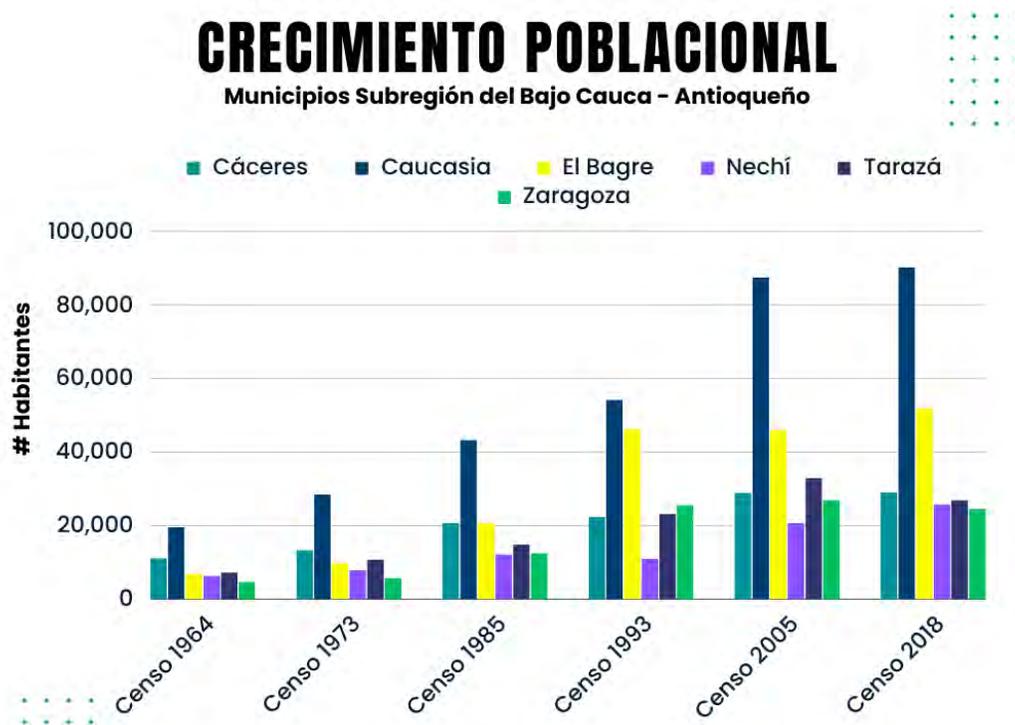
De manera comparativa se presentan en la Tabla 16 las cifras de habitantes registradas por el DANE para los diferentes municipios de la Subregión del Bajo Cauca Antioqueño, en los periodos censados.

Tabla 16. Cifras de crecimiento poblacional Subregión del Bajo Cauca Antioqueño

Bajo Cauca	Censo 1964 (Julio 15)	Censo 1973 (Octubre 24)	Censo 1985 (Octubre 15)	Censo 1993 (Octubre 15)	Censo 2005 (Junio 30)	Censo 2018
TOTAL	56.071	75.958	124.338	182.706	243.067	248.476
Cáceres	11.163	13.372	20.721	22.362	28.945	28.996
Caucasia	19.564	28.442	43.322	54.210	87.532	90.213
El Bagre	6.922	9.760	20.658	46.290	46.020	51.862
Nechí	6.380	7.884	12.163	11.003	20.668	25.790
Tarazá	7.291	10.786	14.922	23.244	32.943	26.964
Zaragoza	4.751	5.714	12.552	25.597	26.959	24.651

Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Ilustración 70. Comportamiento crecimiento poblacional Subregión del Bajo Cauca



Fuente: Datos Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Entre los años 1990 y 2005 se presentó el mayor aumento poblacional en el municipio, el crecimiento en este periodo puede estar asociado a la migración atraída por el auge de la minería de oro a causa de

la variación positiva en el precio internacional del oro. Como se observa en la ilustración 71, durante los años 90 el precio se mantiene relativamente estable en US\$ 300 la onza, hasta 1998; para el año 2005, el precio del oro presenta un incremento llegando a un valor de US\$ 850 la onza, superando este pico para mediados del 2011 donde llegó a alcanzar valores de US\$1.925 la onza. El mismo comportamiento puede observarse en el crecimiento poblacional de los municipios de Cauca y Zaragoza.

Ilustración 71. Comportamiento histórico del precio del



Fuente: <https://www.preciodeloro.org/2018/01/cotizacion-historica-del-oro-ultimos-5.html>

Si bien la población ha crecido a lo largo del periodo, del cual se tienen cifras histórica, la proyecciones del DANE a partir de las cifras del Censo 2005, estimaban un crecimiento poblacional para el municipio de El Bagre alrededor de un 12,7%, no obstante, la proyección a partir del Censo 2018 estima un crecimiento del 13,13%. Llegando a un total de habitantes de 55.845 para el 2023.

Los nuevos migrantes generan una problemática de ocupación ilegal de predios tanto urbanos como rurales, ocasionando también que exista mayor intervención ilícita de las zonas. En gran medida, la ocupación de predios ilegales esta asociada al desarrollo de actividades economías ilegales que financian a los grupos armados presentes en la región del Bajo Cauca Antioqueño. Esto acentúa las diferentes problemáticas sociales que se han presentado a lo largo de la explotación minera adelantada por la empresa Mineros S.A. en el territorio de la cuenca del río Nechí.

A partir de cifras oficiales del último Censo Minero Departamental realizado en el año 2011, para los municipios que conforman la región del Bajo Cauca se contabilizaban 460 minas “ilegales” y solo 13 legales, reportándose 166 puntos de extracción ilícita de oro en el municipio del Bagre lo que representaba para ese momento el 36,08% del total regional³⁴.

³⁴ Ministerio de Minas y Energía – Censo Minero Departamental 2010-2011
<https://repositoriobi.minenergia.gov.co/bitstream/handle/123456789/2181/2732.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Actualmente, el proceso de caracterización de Unidades Productiva Mineras – UPM para los seis municipios de la subregión del Bajo Cauca adelantado por la Agencia Nacional de Minería en asocio con la Gobernación de Antioquia que pretende la identificación de todo tipo de minería de la subregión, ha georeferenciado 4.187 UPM en los seis municipios, reportando para Mayo de 2023 la identificación de 852 UPM que representan un 20,35% de las unidades inscritas, para el proceso de conformación del Distrito Minero del Bajo Cauca.

Estas cifras muestran el crecimiento descontrolado de la minería en el Bajo Cauca, realizada en su gran mayoría por personas con pocos conocimientos técnicos, sin tener en cuenta los impactos ambientales que genera. No es extraño encontrar afirmaciones como: “La minería en esta región se desarrolla de manera indiscriminada, sin ningún control o supervisión que prevenga el deterioro o los impactos ambientales negativos (Defensoría del pueblo Colombia, 2016)”, ó, “Las personas desarrollan su labor de manera artesanal lo que contribuye a deteriorar zonas que en algunas ocasiones no poseen disponibilidad del mineral y no son reforestadas posteriormente (Avila, 2016)”, con el agravante de considerar minería a la extracción ilícita de minerales y dejando una imagen negativa para las intervenciones legales que se desarrollan en el Bajo Cauca.

Problemática que no es ajena a la empresa Mineros S.A. no sólo desde la perspectiva de imagen corporativa, sino porque la mayor cantidad de intervenciones de extracción ilícita se han desarrollado dentro del título minero en la margen izquierda del río donde la empresa no ha tenido ninguna operación. Adicionalmente, este fenómeno se viene presentando en la margen derecha en áreas que ya han sido restauradas, incluso en zonas de parcelas agroforestales que fueron entregadas para aprovechamiento a personas de la comunidad aledaña a las operaciones.

Ilustración 72. Fotografías Intervención Margen Izquierdo Río Nechí

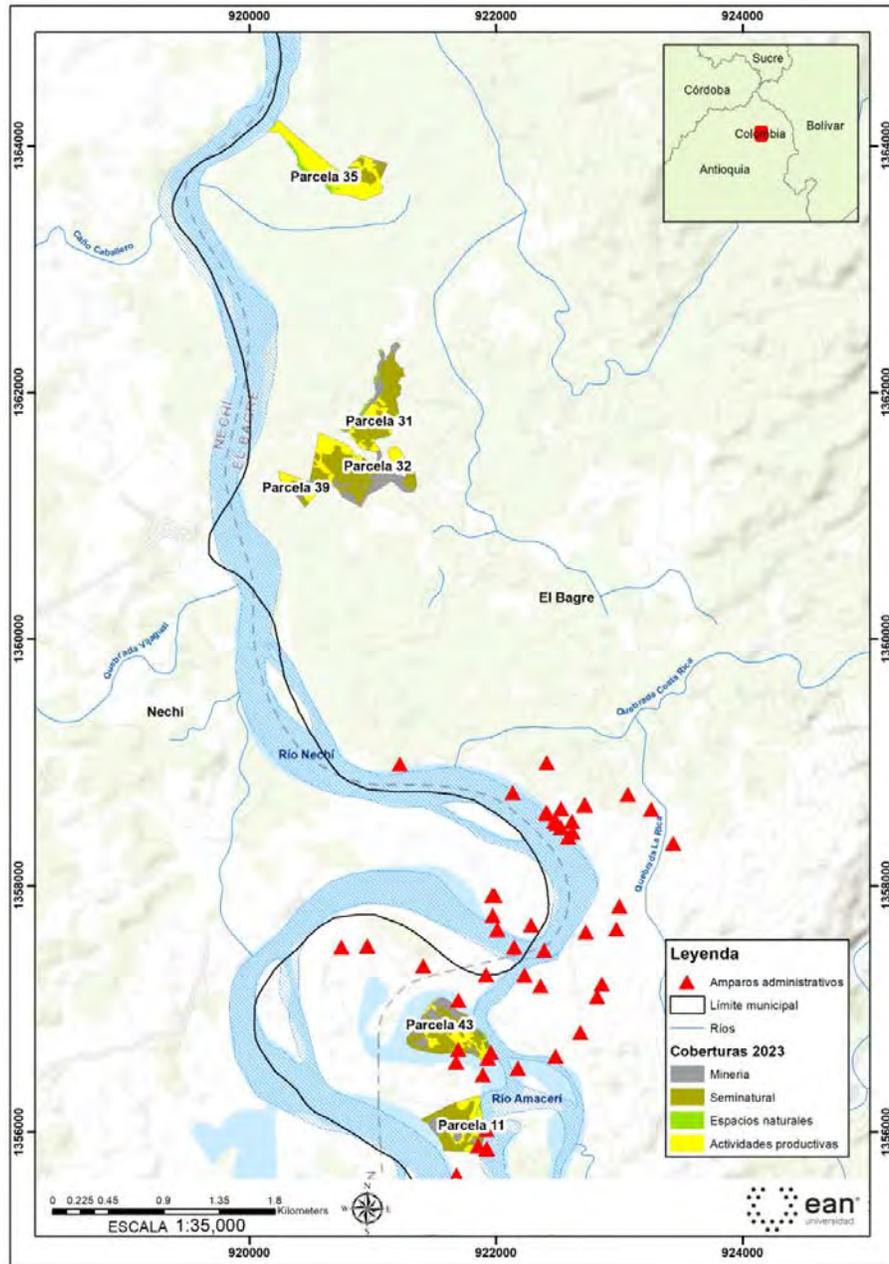


Fuente: Imágenes Sobrevuelo a Operación EAN-2023

Frente a ello, la empresa ha recurrido a hacer uso de la figura jurídica establecida en el código de minas que tiene como fin solicitar de manera inmediata el cese de la ocupación, perturbación o despojo por parte de terceros en el área objeto de su título minero, conocida como Amparos Administrativos³⁵

³⁵ Ley 685 de 2001. “Artículo 307. Perturbación. El beneficiario de un título minero podrá solicitar ante el alcalde, amparo provisional para que se suspendan inmediatamente la ocupación, perturbación o despojo de terceros que la realice en el área objeto de su título. Esta querrela se tramitará mediante el procedimiento breve, sumario y preferente que se consagra en los artículos siguientes. A opción del interesado dicha querrela podrá presentarse y tramitarse también ante la autoridad minera nacional.”

Ilustración 73. Amparos Administrativos



Fuente: Elaboración EAN 2023

En la ilustración No. 73 se muestran un gran número de puntos georeferenciados dentro del título de Mineros S.A. que han sido sujetos de la interposición de Amparos Administrativos, puede observarse como en las zonas que ya han sido restauradas por la compañía, inclusive en espacios que han logrado llegar a etapas de vegetación seminatural se han presentado nuevas intervenciones de extracción ilícita, incluyendo áreas de parcelas agroforestales.

En este punto es importante mencionar varias afirmaciones que han surgido en la última década tales como:

- “ En toda la zona del Bajo Cauca sólo existe una empresa que desarrolla esta actividad con todas las normas exigidas por la ley, la empresa Mineros S.A ubicada en el municipio de El Bagre la cual posee títulos de unas 40.000 hectáreas en toda la región, donde muchos están establecidos como mineros informales y mantienen una constante discordia con la empresa para ejercer actividad, pese a saber que están en territorios concesionados a la empresa (Guarnizo, 2014)”
- “ Las consecuencias sociales en la región se mantienen latentes debido a que históricamente su economía ha estado ligada a la explotación de oro por parte de sus habitantes, además de las injerencias de fuerzas armadas ilegales que dificultan el desarrollo del territorio, siendo un gran problema de bienestar social que el Estado no ha podido controlar a pesar de los esfuerzos realizados (Betancur, Palacios, Gaviria, y Rueda, 2011).”

Ahora bien, dentro de los compromisos socioambientales de la empresa frente a la rehabilitación de la zona de intervención minera, ha establecido un relacionamiento social con las comunidades rurales asentadas en las zonas de influencia basado en el interés de mejorar la seguridad alimentaria para las mismas, a través de esquemas de diversificación productiva, para lo cual luego de haber realizado un diagnóstico de las condiciones sociales de los beneficiarios otorgó un gran número de áreas de su proyecto de rehabilitación a partir de parcelas agroforestales, estrategia que se incorpora como plan de cierre de las intervenciones realizadas en las pozas cerradas a lo largo del área ubicada en la margen derecha del río Nechí.

Dicha iniciativa se trabaja mediante el desarrollo de proyectos productivos de uso sostenible como un modelo de economía futuro, incluyendo la posibilidad de desarrollar cultivos de arroz, limón, maíz o apicultura. Adicionalmente, se incorporan facilidades de infraestructura como vivienda, estufa ecológica, planta potabilizadora y planta eléctrica. Frente a los resultados obtenidos en los últimos años este esquema se está evaluando para otorgar las parcelas a organizaciones comunitarias buscando garantizar el éxito de la preservación de las zonas restauradas.

Ilustración 74. Modelo de parcelas agroforestales

Modelo Parcelas Agroforestales



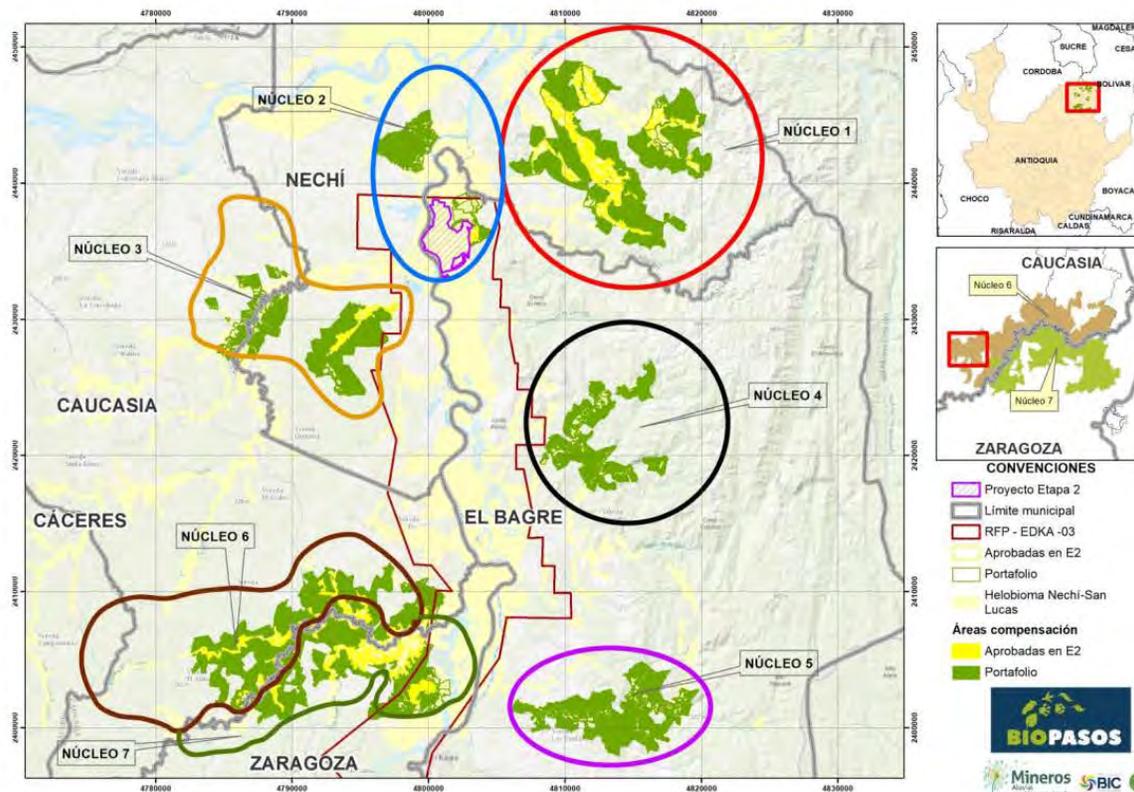
Fuente:
Elaboración
Mineros S.A -
EAN 2023

Es importante mencionar, que dentro del mismo ejercicio de rehabilitación de áreas se involucran organizaciones comunitarias en la producción y siembra de especies nativas.

Por otra parte, la empresa dentro del Plan Unificado de Compensaciones a través de acuerdos de conservación con custodios comunitarios, ha venido trabajando la recuperación del ecosistema de referencia de la región intervenida y la posibilidad de que se establezca un corredor de conectividad biológica entre áreas y ecosistemas de interés Nacional y regional y con categorías de protección.

Dicha iniciativa involucra la Reserva de Recursos Naturales de la zona ribereña del Río Cauca, la Reserva natural Bajo Cauca Nechí, además de los Distritos Regional de Manejo Integrado Ciénagas del Sapo Hoyo Grande, Corrales y El Ocho, el Complejo de Humedales de Ayapel en Córdoba y el área de importancia ambiental Serranía de San Lucas.

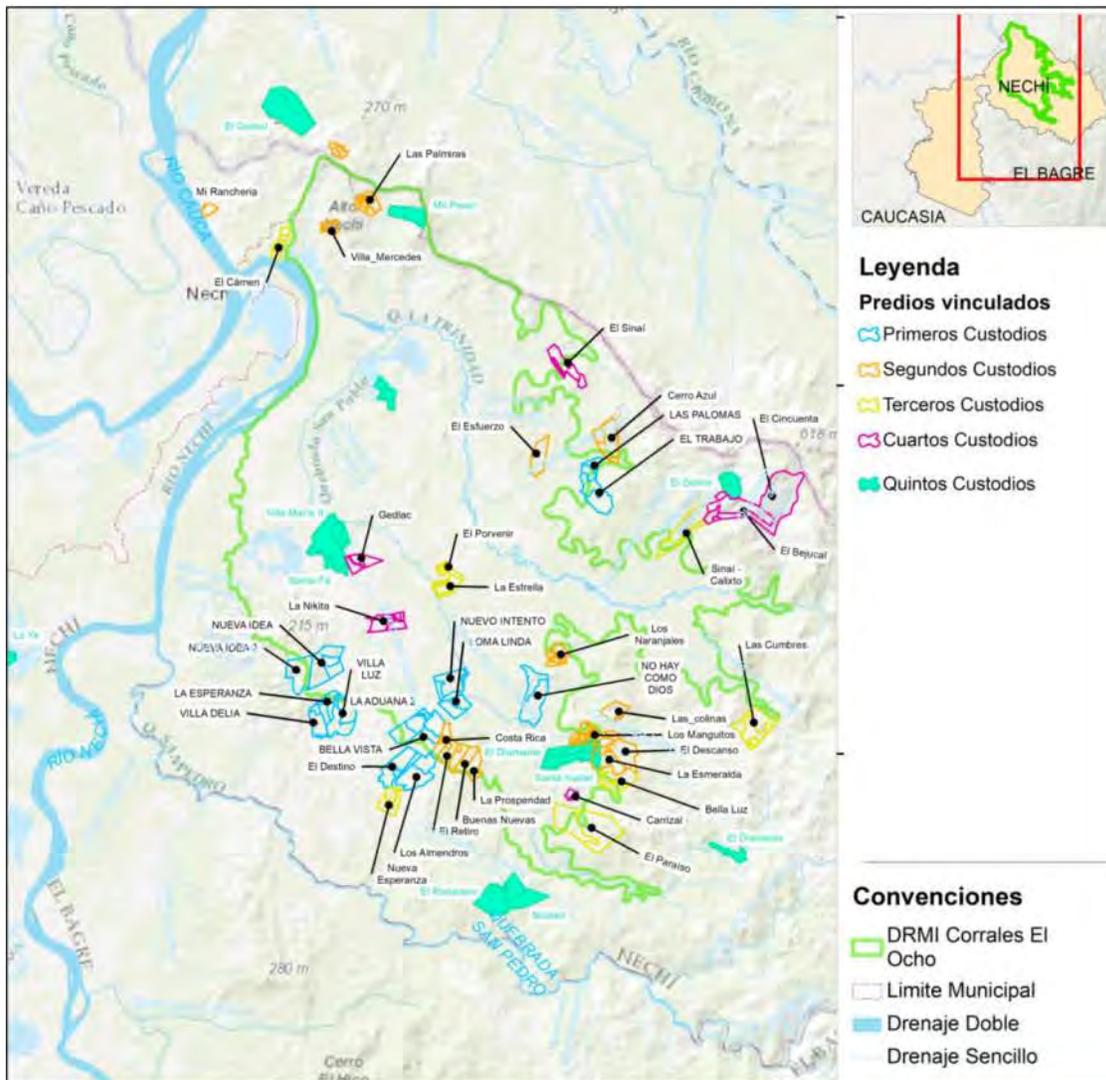
Ilustración 75. Áreas de compensación aprobadas Núcleo 1: DRMI SAPO HOYO GRANDE; DRMI CORRALES Y EL OCHO



Fuente: Elaboración Mineros S.A 2023. Todos los derechos reservados.

Se han firmado acuerdos de conservación durante los años 2022 y 2023, en cinco grupos lo que ha permitido vincular 54 predios como se visualizan en la ilustración 76, que suman 1.430 ha. Allí se adelantan acciones de restauración, preservación y enriquecimiento y se están implementando actividades productivas de agricultura, ganadería y acuicultura regenerativa con al rededor de 30 custodios de las comunidades.

Ilustración 76. Predios Vinculados iniciativas en Núcleo 1 - áreas de compensación aprobadas

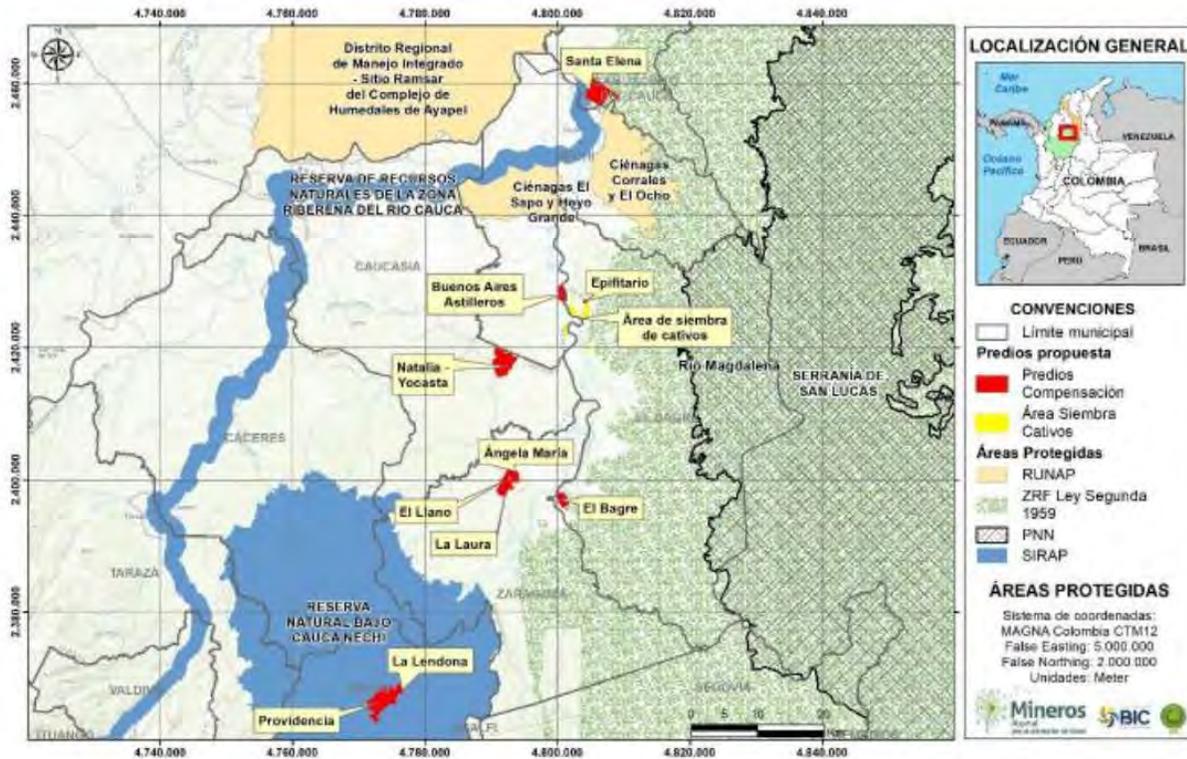


Fuente: Elaboración Mineros S.A 2023. Todos los derechos reservados.

Igualmente, dentro de las estrategias de compensación se desarrolla actualmente en 4 predios un proyecto de caucho como alternativa productiva que contribuye a la sostenibilidad territorial de la región del Bajo Cauca. Cuenta con al rededor de 1.200 hectáreas plantadas y 448.552 árboles de diferentes edades, localizado en siete fincas que hacen parte del total de 2010,59 ha del Plan Unificado de Compensación en Aprobación. Estas son:

- Fincas La Sierrita, Ángela María, El Llano, La Laura en el municipio de Zaragoza
- Finca Natalia -Yocasta en el municipio de Caucasia, y
- Finca Santa Elena, en el municipio de San Jacinto del Cauca

Ilustración 77. Áreas de compensación en aprobación



Fuente: Elaboración Mineros S.A 2023. Todos los derechos reservados.

Es importante mencionar que los servicios de mantenimiento, explotación y comercialización de los cultivos de caucho se realiza a partir de la empresa Negocios Agroforestales S.A.S. que vincula para este ejercicio personal de la zona de influencia del proyecto minero.

Vale la pena mencionar en este punto, que a partir de la Alianza Colombia Sostenible, con el Fondo Colombia en Paz, se puso en marcha la granja piscícola en El Bagre como resultado del trabajo conjunto entre Asoagrollana (asociación comunitaria beneficiaria), la Fundación Mineros y el Fondo. Que si bien escapa a una acción de compensación ambiental, tiene gran impacto social para la comunidad, ya que establece un importante proyecto comunitario de diversificación productiva en la región, apalancado en recursos de la minería de oro aluvial.

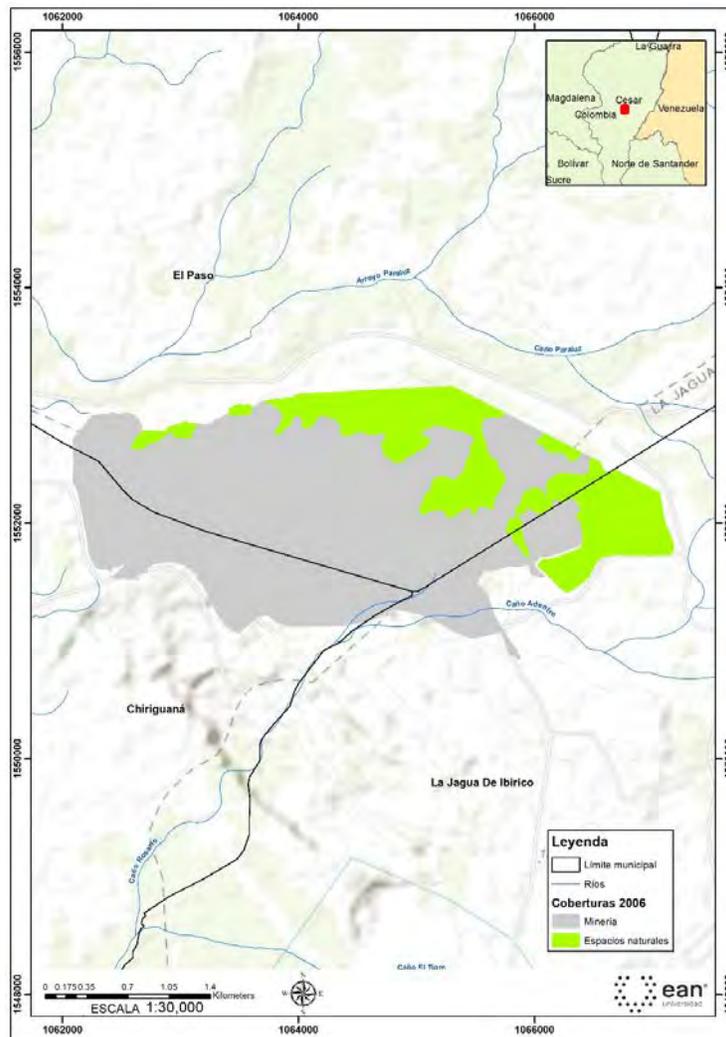
Tabla 17. Cambio de coberturas Botadero # 3

Cobertura	1990		2006		2015		2022	
	Área (ha)	%						
Cuerpos de agua					3.64	0.49	6.86	0.92
Minería			573.06	76.5	209.87	28	17.66	2.36
Seminatural					100.99	13.5	10.77	1.44
Espacios naturales	716.34	95.6	176.37	23.5	16.77	2.24	595.92	79.5
Actividades productivas	33.09	4.41			418.16	55.8	118.21	15.8
TOTAL	749.42		749.42		749.42		749.42	

Fuente: Elaboración EAN 2023

Para el año 2006 se evidencia la aparición de la actividad minera, llegando a ocupar cerca del 76% de la zona, transformando principalmente las coberturas silvestres como los herbazales con arbustos predominantes en el área. Se observa, que para este año se conservaba aun aproximadamente el 23% de las coberturas silvestres.

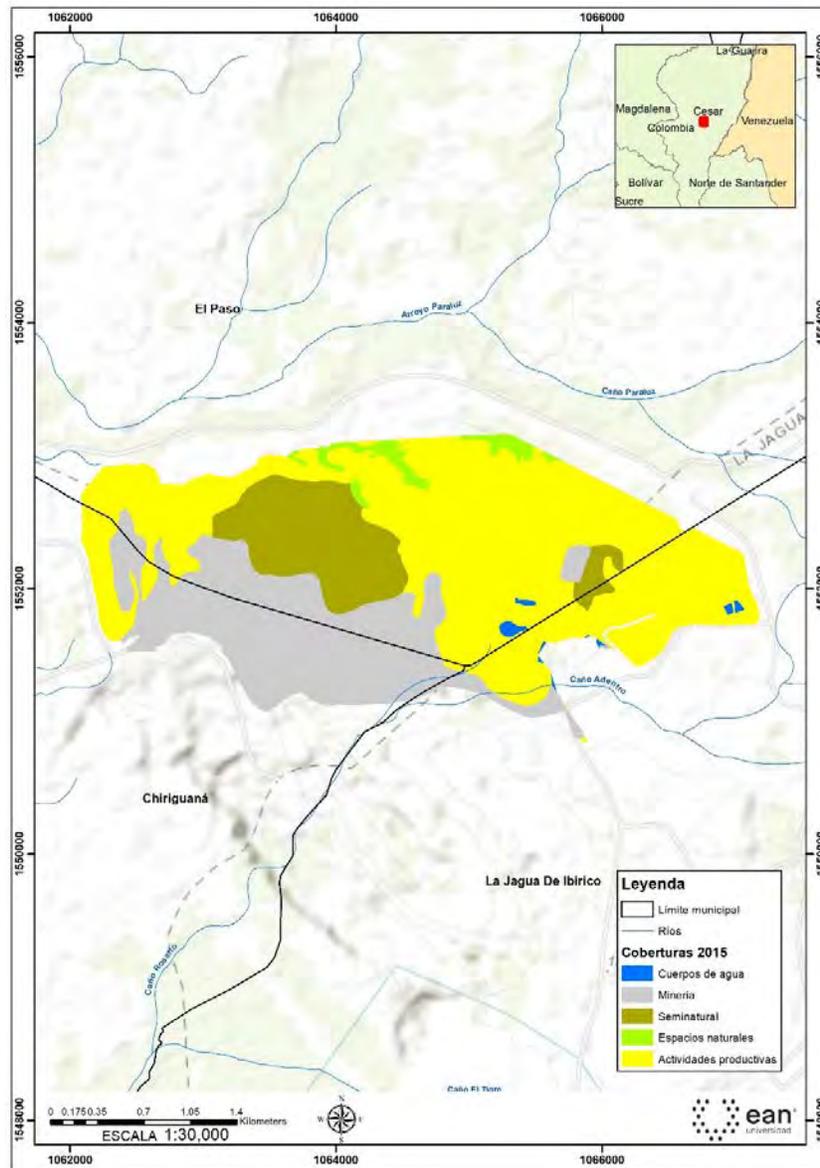
Ilustración 79. Coberturas Botadero # 3 - Año 2006



Fuente: Elaboración EAN 2023

En el año 2015 aunque todavía se evidenciaba la actividad minera con cerca 209 ha (28%), se comienza a observar los procesos de recuperación ecosistémica, pues aparecen las coberturas seminaturales, asociadas principalmente a la vegetación secundaria o en transición (13.5%) y los pastos limpios, que en este caso se caracterizan por ser los primeros pasos de los procesos de rehabilitación ecosistémica y no necesariamente están relacionados con actividades pecuarias; se observa que llegaron a ocupar mas de la mitad de la zona.

Ilustración 80. Coberturas Botadero # 3 - Año 2015

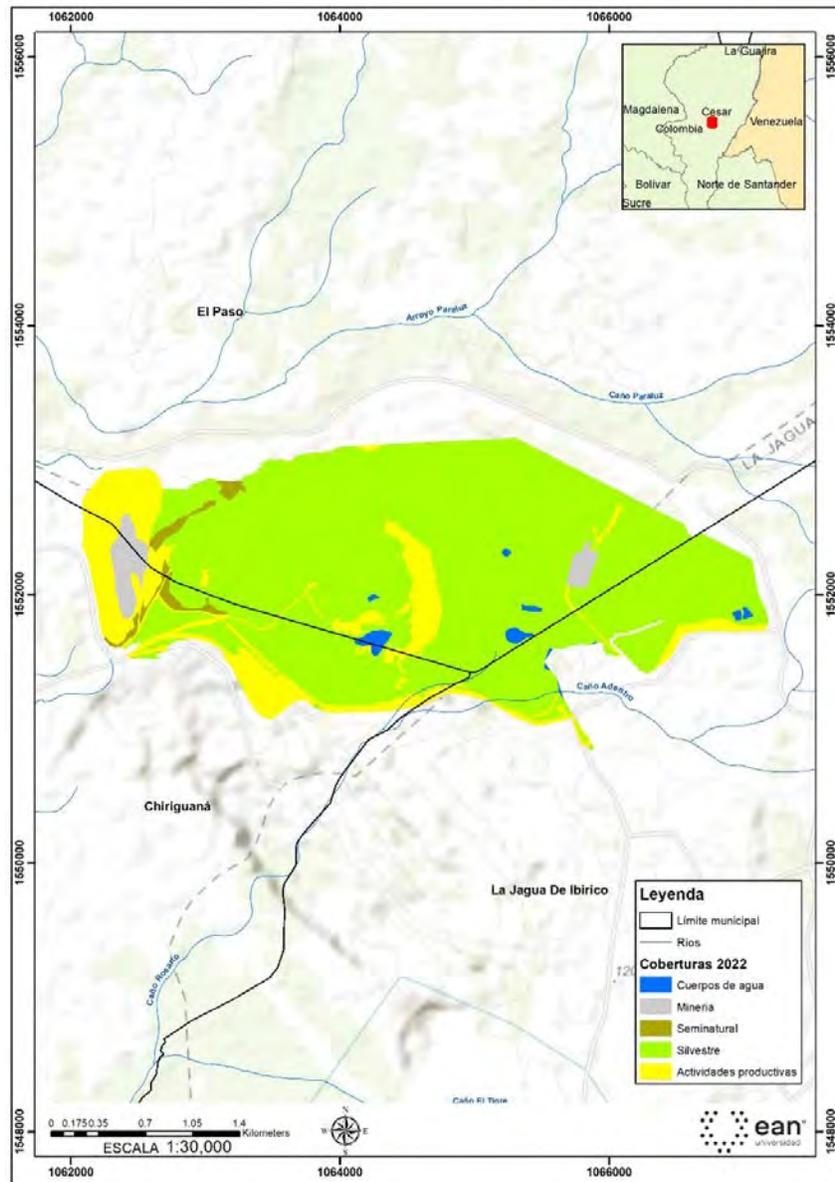


Fuente: Elaboración EAN 2023

En el año 2022 la configuración espacial del botadero es totalmente diferente, se observan solamente dos pequeños relictos asociados a la actividad minera y en contraste un predominio muy notorio de coberturas silvestres como herbazales y arbustales (80%), indicando resultados de éxito y

avanzados de los procesos de restauración ecológica. Los pastos limpios con un 15 % siguen demostrando pasos iniciales en los procesos de restauración, asociados también a la presencia de los cuerpos de agua artificiales, que en este tipo de paisajes cumplen un rol fundamental en la provisión hídrica que facilita la restauración ecológica.

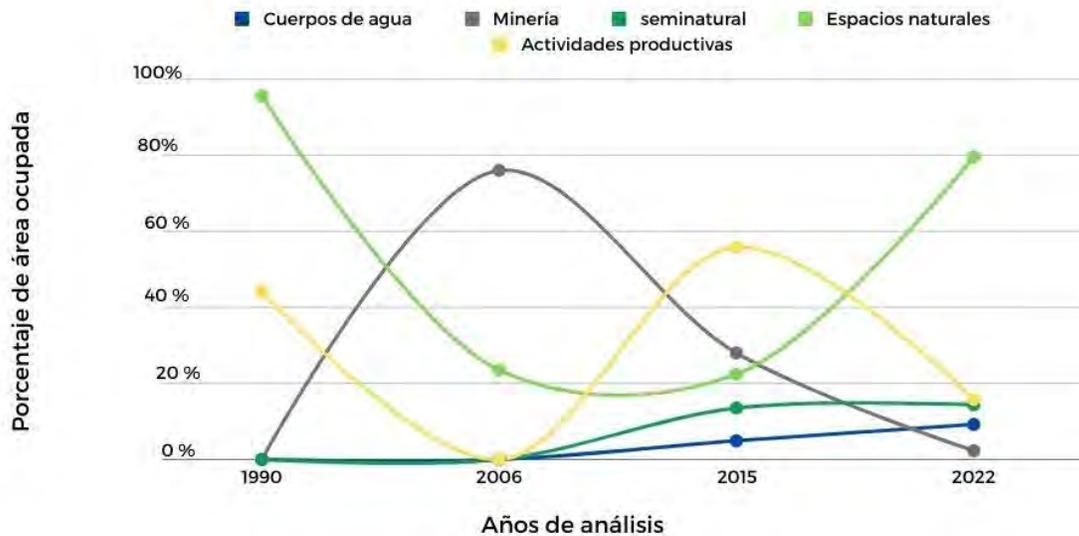
Ilustración 81. Coberturas Botadero # 3 - Año 2022



Fuente: Elaboración EAN 2023

Ilustración 82. Cambio Tendencial de las principales coberturas en el Botadero # 3

Cambio tendencial de coberturas Botadero #3

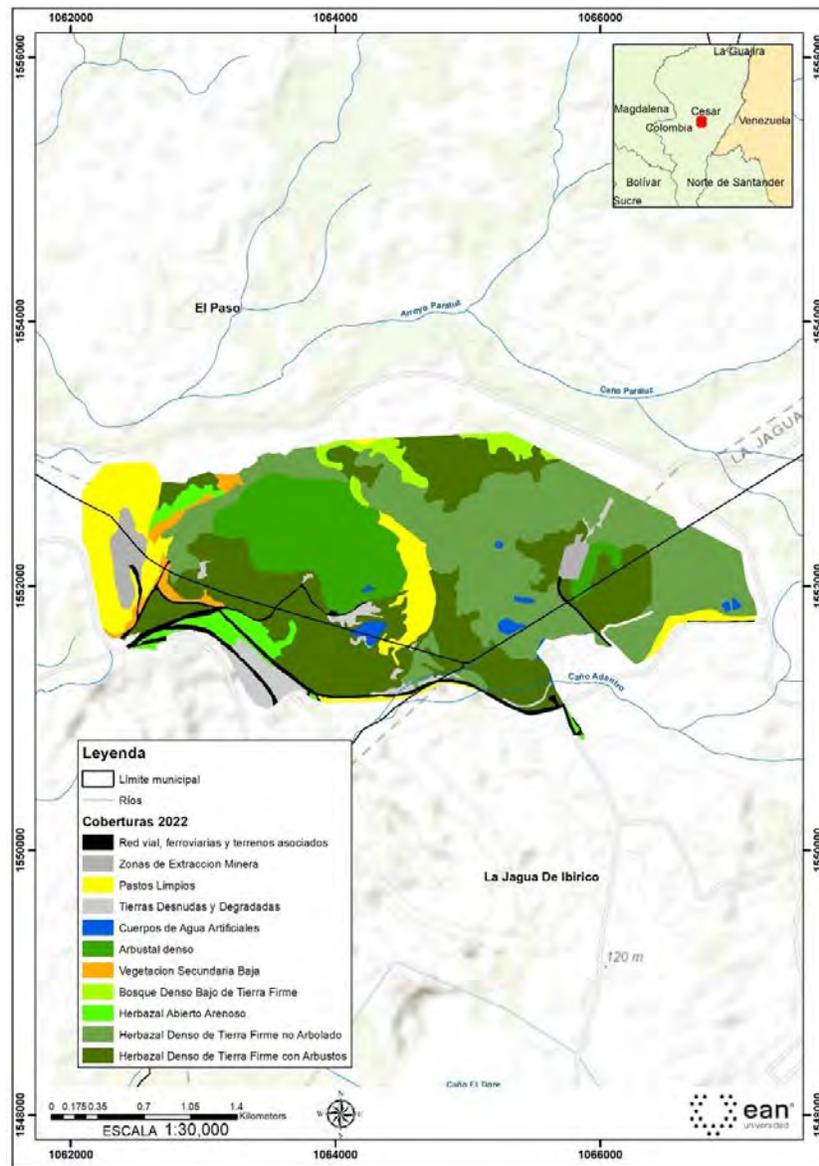


Fuente: Elaboración EAN 2023

En conclusión, el botadero 3 ha tenido desde el año inicial de intervención una dinámica de transformación muy variada, en el año 1990 existió un predominio de las coberturas silvestres las cuales fueron transformadas casi en su totalidad para los procesos mineros, en el año 2006 se consolida este tipo de actividad, dejando pequeños espacios de herbazales y arbustos.

Sin embargo, desde el año 2015 empezaron a ocurrir cambios que evidencian el inicio de las acciones de recuperación ecológica, pues a medida que las zonas mineras disminuyen, los pastos aumentan al igual que las coberturas seminaturales, ambos indicadores de distintas etapas de restauración. Para el año 2022 ya se observa un paisaje heterogéneo en cuanto a sus coberturas silvestres producto de la restauración ecológica, dicha heterogeneidad propicia la aparición de zonas de transición ecosistémica que aportan al aumento de la biodiversidad.

Ilustración 83. Coberturas en Detalle Botadero # 3 año 2022



Fuente: Elaboración EAN 2023

7.2 Indicadores de cambio Botadero #3

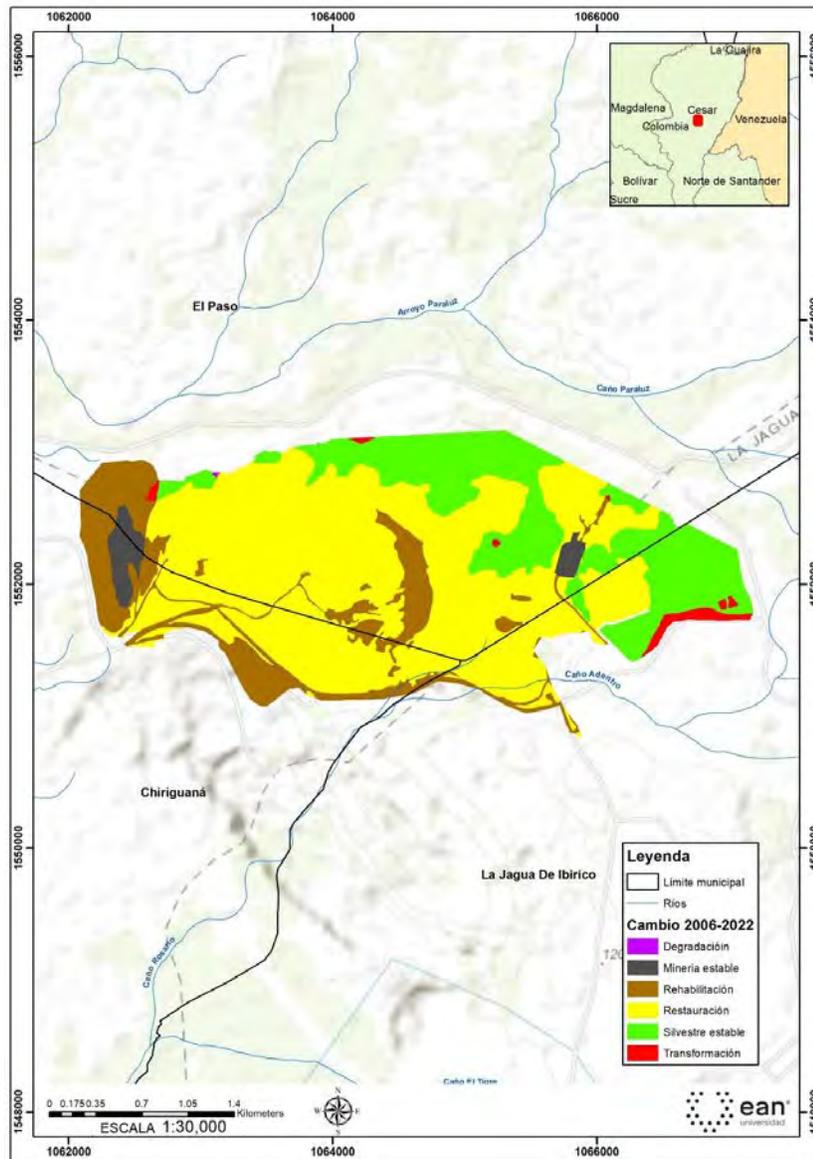
Entre el año 2006 y 2022, dentro del botadero 3 se identificaron seis indicadores de cambio, los cuales evidencian una dinámica de transformación fuerte, entre procesos de minería, degradación, transformación, pero también de recuperación ecosistémica.

Tabla 18. Indicadores de Cambio de coberturas Botadero # 3

Indicadores de cambio	Cambio 2006-2022	
	Área (ha)	%
Degradación	0.16	0.02
Minería estable	17.66	2.36
Rehabilitación	116.36	15.53
Silvestre estable	167.38	22.34
Transformación	8.72	1.16
Restauración	439.14	58.60
TOTAL	749.42	100

Fuente: Elaboración EAN 2023

Ilustración 84. Mapa Indicadores de Cambio Botadero # 3

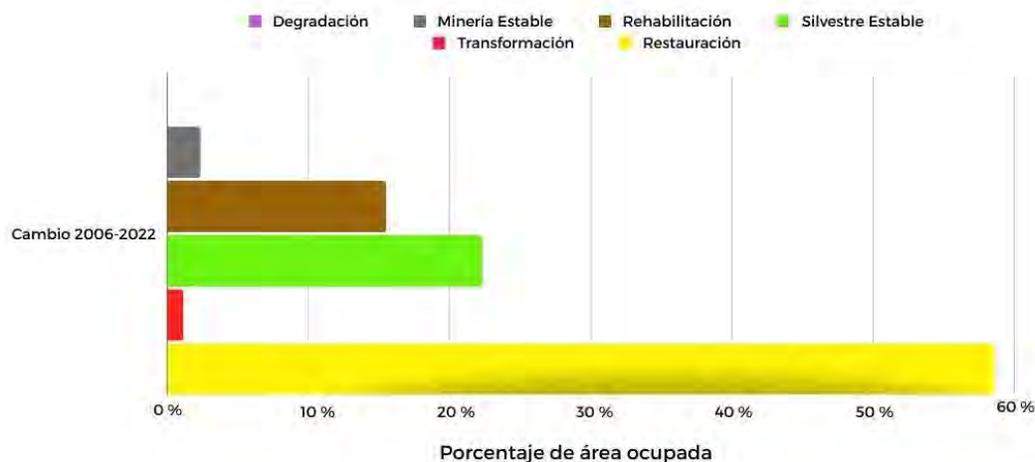


Fuente: Elaboración
EAN 2023

Por su parte los indicadores de restauración y rehabilitación están mostrando la recuperación de los ecosistemas, de las casi 550 ha que suman estos dos indicadores, aproximadamente 430 ha son en el año 2022 coberturas de herbazales y arbustales evidenciando ecosistemas muy similares a los del año inicial antes de la intervención minera. Las 116 ha de rehabilitación corresponden a los primeros pasos de los procesos de restauración que en el año 2022 corresponden a pastos limpios principalmente. Este tipo de coberturas indican estados ecológicos que sugieren la recuperación de los atributos de composición, estructura y función, lo cual permitirá el flujo ecológico entre distintos ecosistemas estratégicos de la región.

Ilustración 85. Gráfico Indicadores de Cambio Botadero # 3

Indicadores de cambio de coberturas Botadero #3



Fuente: Elaboración EAN 2023

No obstante, también es importante mencionar los valores bajos en la minera estable, degradación y en la transformación, pues estos muestran que los procesos mineros fueron parados desde al año 2015 aproximadamente, dándole paso a las acciones de recuperación ecosistémica.

7.3 Cambio de coberturas Botadero # 9

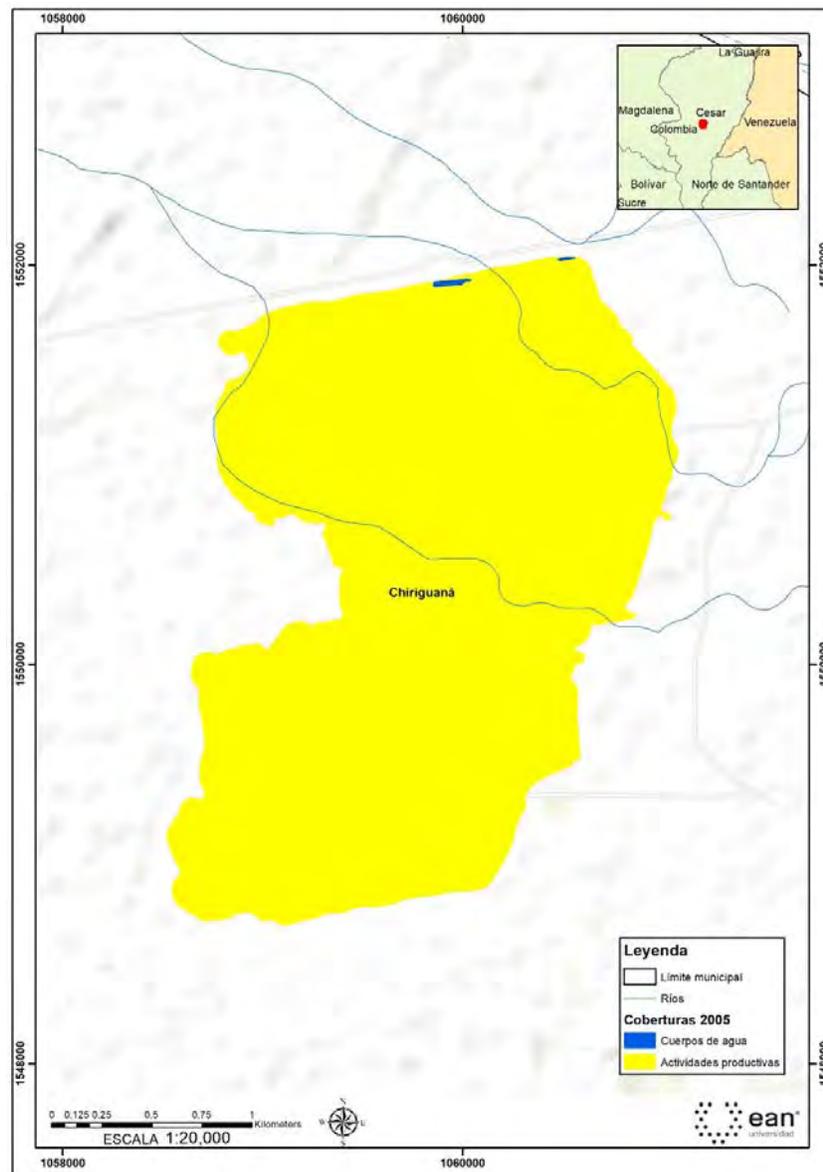
Tabla 19. Cambio de coberturas Botadero # 9

Cobertura	2005		2011		2015		2022	
	Área (ha)	%						
Cuerpos de agua	0.62	0.11			4.64	0.8	34.61	5.96
Minería			484.91	83.6	573.94	98.9		
Seminatural							44.93	7.74
Espacios naturales			10.11	1.74	1.51	0.26	450.15	77.6
Actividades productivas	579.68	99.9	85.29	14.7	0.21	0.04	50.62	8.72
TOTAL	580.31		580.31		580.31		580.31	

Fuente: Elaboración EAN 2023

Antes de la intervención minera sobre el botadero 9, se observa que allí exista un predominio total de pastos limpios destinados principalmente a la actividad ganadera. Ya en el año 2011 se evidencia la aparición de la actividad minera llegando a ocupar cerca del 84% de la zona, también se observan pequeños procesos de recuperación con 10 ha de coberturas silvestres, principalmente herbazales con arbustos; en este año permanecen cerca de 85 ha de pastos.

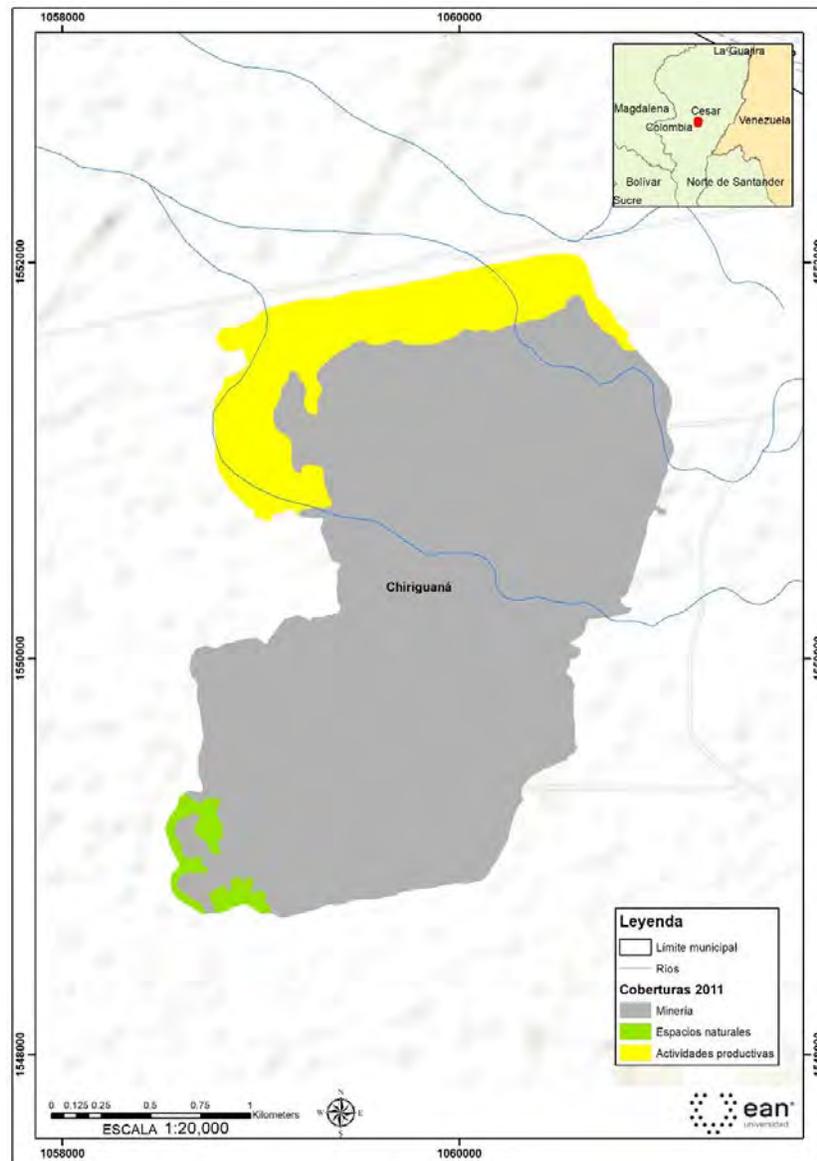
Ilustración 86. Cambio de coberturas en Botadero # 9 año 2005



Fuente: Elaboración EAN 2023

Para el año 2015 se evidencia un aumento considerable de las zonas de extracción minera, pues llegaron a ocupar aproximadamente el 99% de la zona, transformando principalmente las coberturas de pastos y los pequeños relictos de coberturas silvestres que se observaron en el año 2011. La aparición de los cuerpos de agua también empieza a ser parte de los posteriores procesos de recuperación.

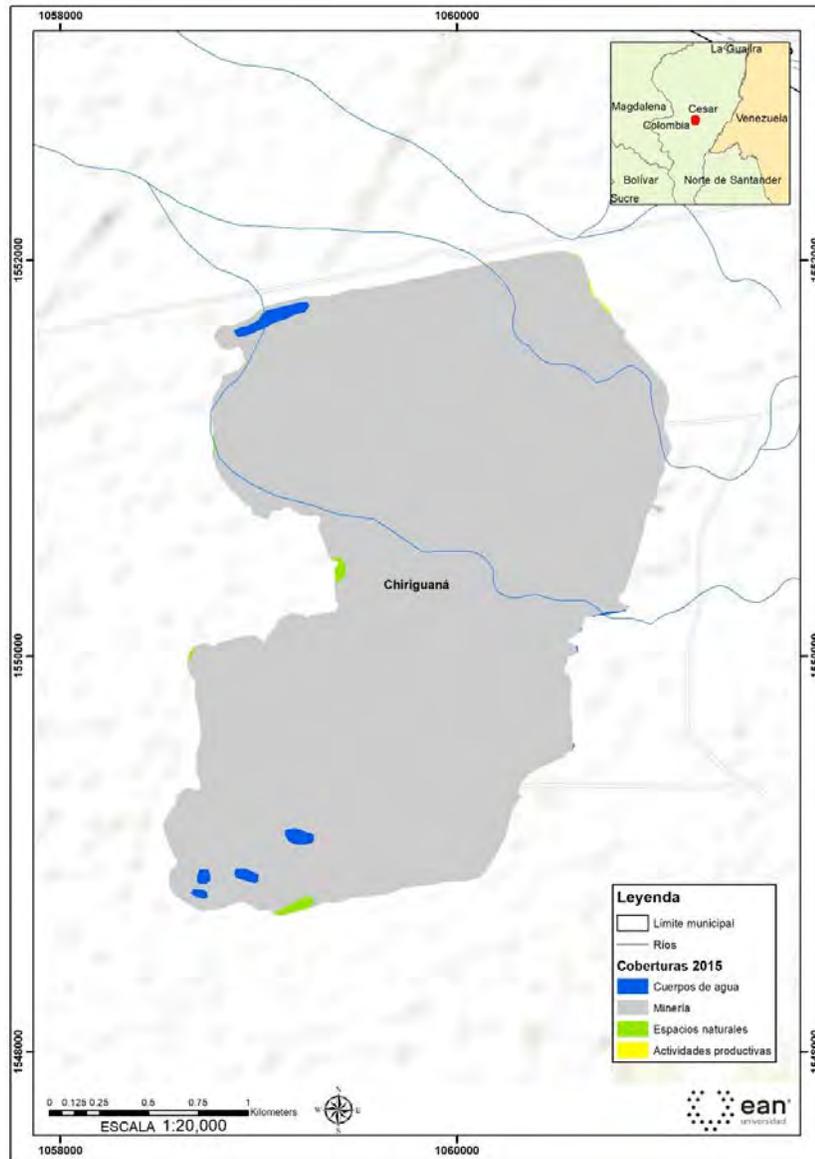
Ilustración 87. Cambio de coberturas en Botadero # 9 año 2011



Fuente: Elaboración EAN 2023

En el año 2022 la configuración espacial del paisaje es totalmente diferente, ya no se evidencia ninguna cobertura asociada a la minería y por el contrario predominan las coberturas silvestres entre herbazales, arbustales y zonas pantanosas (77%). También se observan coberturas seminaturales, como la vegetación secundaria y en transición y las coberturas de pastos (16%), ambas indicando distintos estadios de los procesos de restauración.

Ilustración 88. Cambio de coberturas en Botadero # 9 año 2015

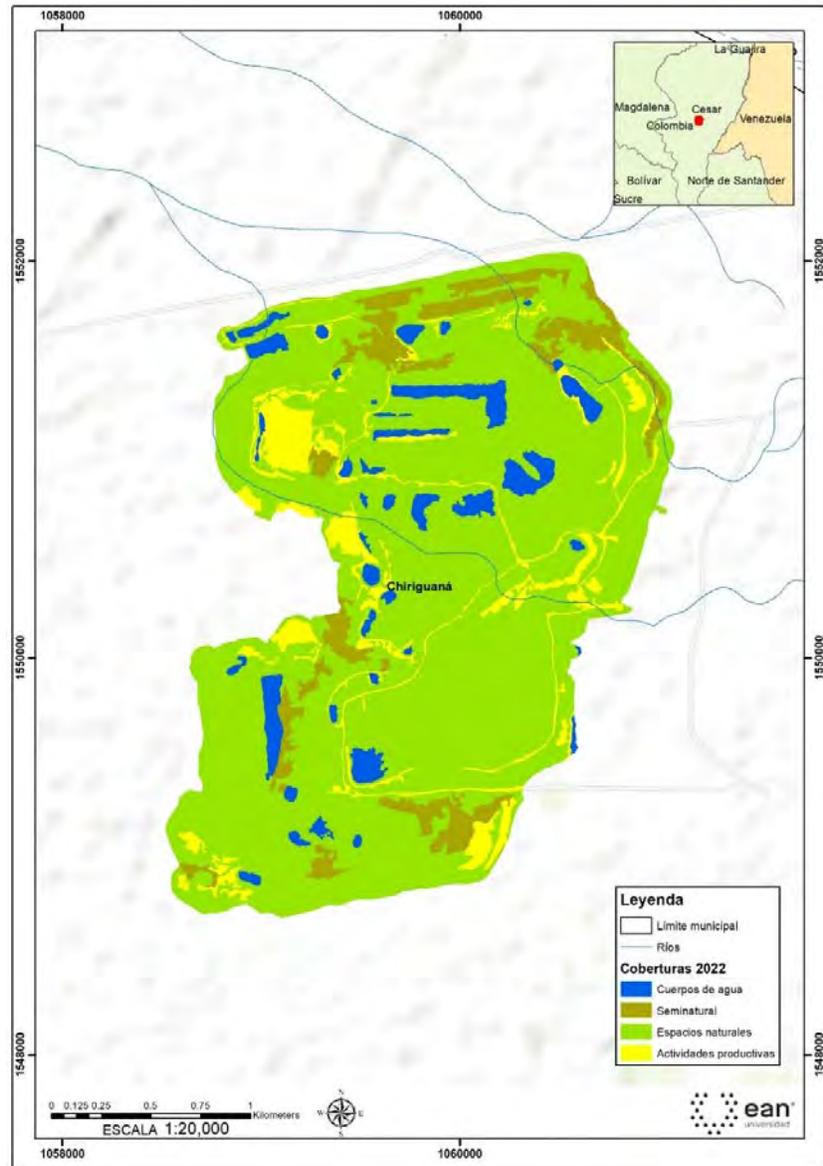


Fuente: Elaboración

EAN 2023

Particularmente en el año 2022 se observa gran variedad de parches de cuerpos de agua artificial distribuidas aleatoriamente por todo le botadero, lo que es un gran estrategia para la conservación y restauración, pues permite que zonas que originalmente fueron destinadas al uso ganadero y luego a la minería, tengan permanentemente una oferta hídrica que facilitara el flujo de energía entre las distintas coberturas y biodiversidad.

Ilustración 89. Cambio de coberturas en Botadero # 9 año 2022

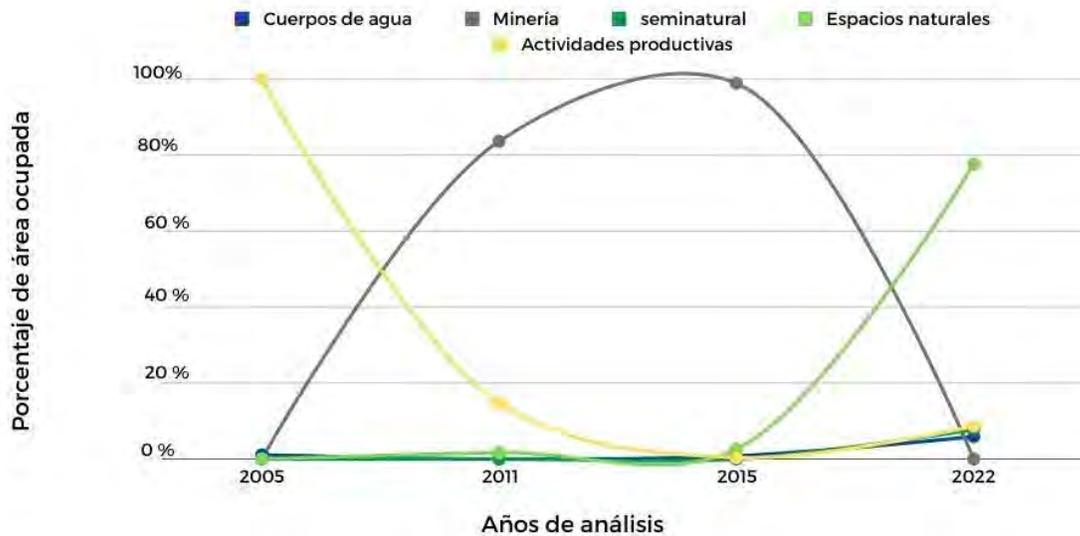


Fuente: Elaboración EAN 2023

En conclusión, el botadero 9 fue una zona destinada a la actividad minera que originalmente fue utilizada para la ganadería, transformando principalmente pastos. Desde que empezó la minería hasta el año 2015, hubo una transformación casi total de los pastos y de los pequeños relictos de vegetación silvestre que se alcanzaron a recuperar. No obstante, desde al año 2015 hasta el 2022 se observan una serie de transformaciones en donde existieron procesos de rehabilitación y recuperación ecosistémica, pues actualmente no se evidencia coberturas asociadas a la minería y por el contrario existen una gran variedad de coberturas silvestres.

Ilustración 90. Cambio Tendencial de las principales coberturas en Botadero # 9

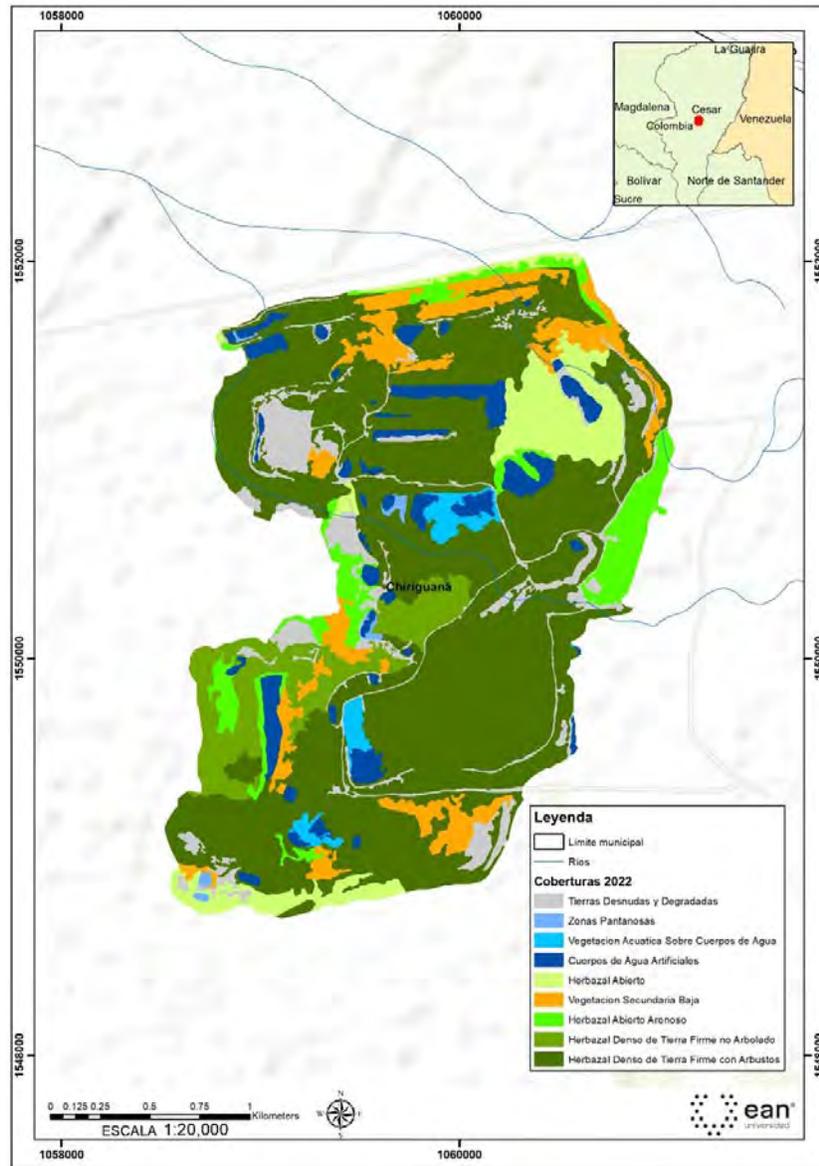
Cambio tendencial de coberturas Botadero #9



Fuente: Elaboración EAN 2023

En comparación con el año inicial o línea base (2015), en la actualidad el botadero 9 es un paisaje bastante heterogéneo entre coberturas silvestres y algunas antrópicas como los cuerpos de agua artificial, que conjuntamente forman un ecosistema que está recuperando sus atributos de composición, estructura y función, lo que aporta al ofrecimiento de distintos servicios ecosistémicos.

Ilustración 91. Cobertura en detalle en Botadero # 9 para el año 2022



Fuente: Elaboración EAN 2023

7.4 Indicadores de cambio Botadero #9

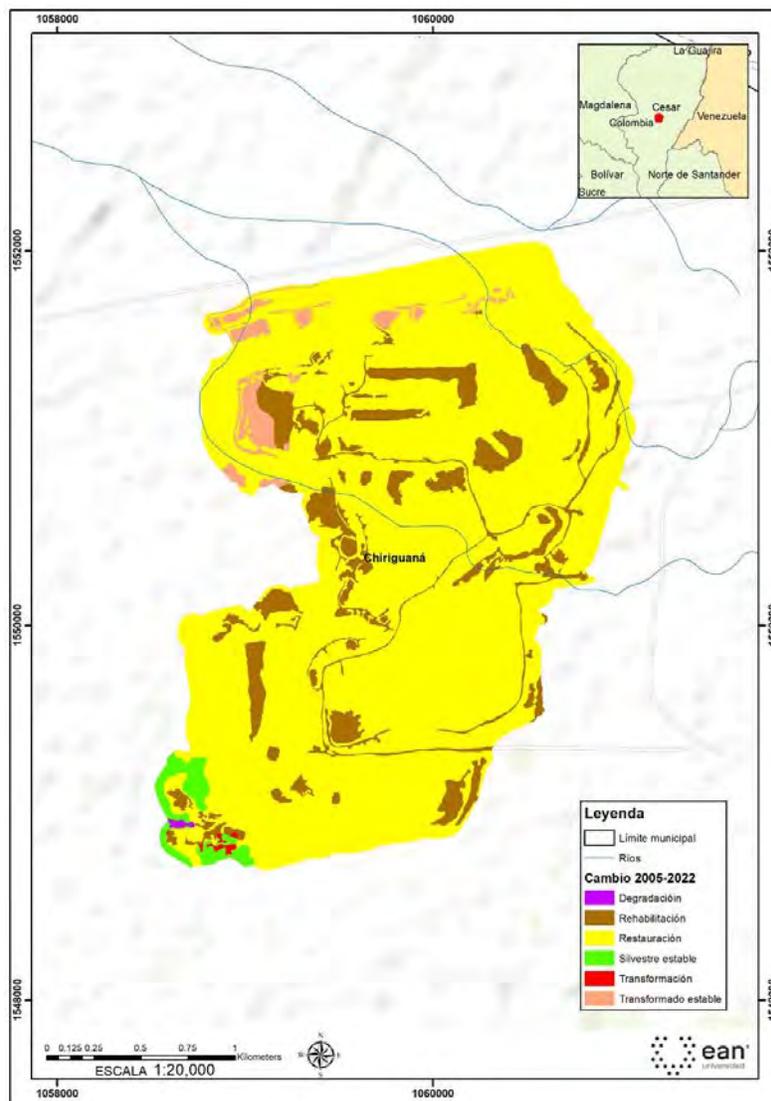
Entre el año 2005 y 2022, dentro del botadero 9 se identificaron seis indicadores de cambio, los cuales evidencian una dinámica de transformación muy variada, principalmente el indicador de restauración es el que registro un mayor porcentaje, mostrando que el 83% del botadero fue recuperado a coberturas silvestres.

Tabla 20. Indicadores de Cambio de coberturas Botadero # 9

Indicadores de cambio	Cambio 2005-2022	
	Área (ha)	%
Degradación	0.47	0.08
Transformado estable	14.01	2.41
Rehabilitación	70.48	12.15
Silvestre estable	8.91	1.54
Transformación	0.73	0.13
Restauración	485.70	83.70
TOTAL	580.31	100

Fuente: Elaboración EAN 2023

Ilustración 92. Mapa de indicadores de cambio en Botadero # 9



Fuente: Elaboración EAN 2023

Entre los indicadores de restauración y rehabilitación suman casi el 95 % de la zona, el primero muestra básicamente coberturas silvestres como herbazales y arbustales resultados de éxito de las distintas intervenciones sobre el territorio, mientras que las segundas son principalmente los cuerpos de agua artificiales y algunos pastos.

Ilustración 93. Grafica de indicadores de cambio en Botadero # 9

Indicadores de cambio de coberturas Botadero #9



Fuente: Elaboración EAN 2023

También se observan algunos parches de pastos y zonas degradadas y erosionadas que se mantienen bajo el indicador de transformado estable, los cuales se han mantenido iguales dentro del periodo de tiempo analizado, por lo que es importante revisar las acciones de manejo para que propicien su recuperación o si son espacios que se quieren mantener con estas coberturas para algún uso en particular.

7.5 Análisis de Integridad Ecológica en áreas de recuperación ecosistémica

En la mina Pribbenow, la empresa Drummond Ltda. ha realizado un seguimiento detallado a los componentes biológicos del territorio, a través de la instalación de 10 estaciones biosensoras terrestres en zonas aledañas al área de explotación minera en jurisdicción del municipio de la Loma (Cesar), con el fin de tener un inventario actualizado de los recursos biológicos (flora y fauna) para establecer la magnitud de los impactos que genera la actividad carbonífera en el desarrollo y en la dinámica de los ecosistemas, de tal manera que se puedan tomar las medidas que permitan identificar y mitigar

impactos ambientales de la actividad extractiva y realizar seguimiento a las acciones de recuperación y rehabilitación de los ecosistemas de referencia en la región.

En desarrollo de este ejercicio de monitoreo biológico de los principales grupos taxonómicos se ha recolectado por parte de la empresa, gran cantidad de información primaria, a nivel multiestacional (época de lluvia y sequía) de la estructura, de la composición florística, de la entomofauna y de la fauna de vertebrados silvestres; que permite, a través del análisis descriptivo de tales componentes en cuanto a abundancia relativa, densidad, diversidad y otros análisis estadísticos, generar una batería de indicadores asociados a las especies, poblaciones y comunidades presentes en las áreas de estudio que puede ser utilizada para adelantar una evaluación de la integridad ecológica del área que incluye los botaderos 3 y 9.

Metodología y Marco Conceptual

El término integridad ecológica describe la “salud” de un paisaje, área o ecosistema, incluyendo la suma de los organismos (la biota) y las interacciones y procesos ecológicos (no biológicos y biológicos). Se entiende como la capacidad del ecosistema para mantener un sistema ecológico, integrado, balanceado y adaptable, que tenga el rango completo de elementos y procesos que se esperarían en el hábitat natural de la región. Este concepto integra elementos de composición, estructura y función de las especies (Andreasen *et al.* 2001, Pimentel *et al.* 2002, Mora, 2017a, 2017b, Duffy *et al.* 2007 en <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/estado-de-los-ecosistemas/integridad-ecologica>)

La integridad de un ecosistema es una medida del bienestar, de la viabilidad, salud y de la entereza de un ecosistema, referida a su capacidad de carga, o a su potencial para proveer servicios ecosistémicos. También es una medida de la capacidad de un ecosistema de mantener y apoyar una comunidad de organismos, la cual tiene una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable con las de hábitats naturales de la misma región (Parrish *et al.* 2003).

En el país, se han desarrollado metodologías para evaluar la integridad de un ecosistema orientadas principalmente al análisis de las medidas de manejo en las áreas protegidas, en función del seguimiento a la protección y conservación de los objetivos y valores objeto de conservación en ecosistemas estratégicos, si bien dichas metodologías se pueden adaptar para realizar una evaluación de integridad en otras áreas de interés como sería el caso de las zonas de recuperación ambiental de actividades mineras, donde se busca restituir valores ecosistémicos que fueron afectados por las intervenciones en el territorio.

Parrish (2003), plantea que un sistema ecológico tiene integridad y es capaz de sobrevivir cuando sus características dominantes se encuentran dentro de un rango natural de variación y pueden resistir y recuperarse de las perturbaciones por la dinámica natural o desequilibrios humanos. En función a lo anterior y con el fin de evaluar dicha característica propone las siguientes tareas y pasos (Parrish *et al.* 2003):

1. Seleccionar ecosistemas representativos y centrales para el bienestar y la funcionalidad de la zona (el área observada lo cual podría ser un área manejada).

2. Encontrar atributos e indicadores ecológicos adecuados, los cuales se puede, si es necesario, diferenciar en indicadores positivos (p.ej. abundancia de especies en peligro de extinción, índices de biodiversidad, poblaciones de especies claves) e indicadores negativos (p. ej. especies invasoras, indicaciones de perturbaciones humanas, deforestación, grado de contaminación, etc.).
3. Idealmente hay que incluir indicadores de escalas/niveles y naturalezas diferentes: nivel de paisaje/indicadores geográficos, indicadores químicos, físicos, biológicos (vegetación, fauna y flora, comunidades) y culturales-humanos (perturbaciones).
4. Definir sistemas de medición adecuados para cada uno de los indicadores.
5. Pensar en una evaluación significativa pero manejable (calculando rangos, índices, valores estadísticos).
6. Contar con el apoyo de especialistas respectivos (ante todo en la identificación de especies, evaluación de muestras, etc.).

De acuerdo a los pasos enunciados, la Guía para el monitoreo de integridad ecológica en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Vida Silvestre de Honduras (2014), propone una serie de factores (es decir las variables y medidas) que se necesitan considerar para definir y evaluar la integridad ecológica de un ecosistema:

1. Unidades biológicas (algunos ejemplos):
 - a) composición de especies
 - b) comunidades
 - c) gremios ecológicos
 - d) especies invasoras
 - e) especies de interés especial
2. Interacciones y relaciones biológicas:
 - a) Explotación (depredadores, fitófagos, parásitos, etc.)
 - b) Mutualismo
 - c) Descomposición (hojarasca, carroña, estiércol, etc.)
3. Características de la vegetación y de la geografía de escalas diferentes; impactos y condiciones abióticas; contexto de clima, paisaje, etc.
4. Factores de estrés, perturbaciones e impactos humanos (por ejemplo erosión, carreteras, deforestación, agricultura, contaminación, etc.)

En el mismo sentido, la Propuesta Metodológica para la Evaluación de Integridad Ecológica *“Herramienta para el Análisis de la Efectividad en el Largo Plazo en Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia”* (2007), menciona la necesidad de identificar atributos ecológicos clave (AEC), que permitan identificar características biológicas, procesos ecológicos e interacciones biofísicas, para lo cual diferentes autores coinciden en agruparlos en cuatro conjuntos (Poiani et al. 2000, TNC 2000, Parrish et al. 2003, Ba1-re1-a y Corrales 2004, en Zambrano et al., 2007):

- a. **Composición y estructura biológica:** especies, niveles, gremios tróficos y asociaciones de especies, entendiéndose que cada uno de estos niveles de organización sufre cambios a través

del tiempo que determinan el funcionamiento y por lo tanto la integridad de un sistema biológico.

- b. **Regímenes ambientales y disturbios naturales:** fluctuaciones naturales, de los factores físicos y químicos que determinan el clima o los eventos geológicos y producen alteraciones en tiempo y espacio de los valores objeto de conservación.
- c. **Interacciones bióticas:** relativas a las dinámicas biológicas (Ej. reproducción, flujos de energía, competencia) que definen la permanencia de un objeto de conservación en el tiempo y el espacio.
- d. **Conectividad:** la posibilidad que tienen los sistemas biológicos para mantener las relaciones ecológicas con otros sistemas y el flujo de recursos necesarios para completar sus ciclos ecológicos.

Con base en los indicadores que se definan para los diferentes grupos de atributos ecológicos claves, el siguiente paso consiste entonces en establecer una línea de referencia de la información o un rango aceptable de valoración para esos indicadores, de manera que con base en la información recolectada, se pueda generar una valoración que permita conocer si los rangos son deseables o no deseables.

El establecimiento de rangos aceptables implica un conocimiento adecuado para ponderar cada categoría de evaluación. Dadas las limitaciones de información disponible se hace necesario establecer en primera instancia una línea de referencia que permita construir los rangos necesarios para la evaluación. En esta medida y reconociendo la dinámica de los sistemas ecológicos, la metodología de integridad ecológica comienza por establecer una línea de referencia de información y si esta es suficiente, definir rangos de variación para cada atributo. La calificación inicial se limita a dos situaciones.

Tabla 21. Valoración y descripción propuesta para indicadores utilizados

Calificación	Descripción
Deseable	El indicador muestra que los valores se mantienen constantes, aumentan o disminuyen con respecto a la línea de referencia y se considera que esta condición o cambio NO implica riesgo para la persistencia del valor objeto de conservación o la de otros elementos de biodiversidad asociados a éste.
No Deseable	El indicador muestra que los valores se mantienen constantes, aumentan o disminuyen con respecto a la línea de referencia y se considera que esta condición o cambio implica riesgo para la persistencia del valor objeto de conservación o la de otros elementos de biodiversidad asociados a éste.

Fuente: Tomado de Zambrano et al., 2007

Debido a que la calificación tiene en muchos casos algún grado de incertidumbre pues la línea de referencia es imprecisa, es importante describir las razones que conducen a ella con base en los datos obtenidos con los indicadores y la inferencia respecto a la condición de los atributos ecológicos clave evaluados.

Además de la calificación inicial que define el indicador como deseable o no deseable, se asigna una valoración numérica a cada indicador, a partir de los valores extremos de la escala propuesta por Parrish et al. (2003). Las situaciones catalogadas como “Deseables”, tendrán un valor igual a la calificación en “

Muy Alto”, en la Tabla 21. De otra parte, las situaciones catalogadas como “No Deseables” tendrán el valor correspondiente a la calificación “Bajo” en la misma tabla.

Tabla 22. Calificación de estado según valores asignados a cada indicador (Adaptado de Parrish et al. 2003).

Calificación	Valor	Descripción
Muy Alto	4	El indicador se encuentra en un estado ecológicamente deseable, debiendo perdurar las acciones de manejo para su mantenimiento.
Alto	3.5	El indicador se encuentra en un estado ecológicamente deseable, pero se requieren mejorar las acciones de manejo para su mantenimiento.
Medio	2.5	El indicador se encuentra en un estado no deseable y requiere mejores y mayores acciones de manejo para su mantenimiento. Si no se da seguimiento, hay riesgo de perder el objeto de conservación.
Bajo	1.0	Si se permite que el indicador se mantenga en esta categoría en el largo plazo, hará la restauración o prevención de desaparición del objeto de conservación prácticamente imposibles (Ej., complicado, costoso y con poca certeza de revertir el proceso de alteración).

Fuente: Tomado de Zambrano et al., 2007

Una vez realizada la calificación de los valores asignados a cada indicador, se realiza entonces ahora sí, la **Valoración de Integridad Ecológica** como tal, a partir de los resultados obtenidos para cada valor objeto de conservación o atributo ecológico clave en el paso anterior. Para ello, se deben relacionar cualitativamente y cuantitativamente para la valoración de la integridad ecológica del área analizada.

Posterior a la identificación de todos los valores objeto de conservación o atributos ecológicos clave evaluados en una tabla de colores equivalente a las condiciones establecidas en la tabla de Valoración y descripción propuesta para indicadores utilizados (tabla 22), puede concluirse si la integridad ecológica del área analizada es deseable o no deseable dependiendo del número de atributos ecológicos clave en cada una de estas dos condiciones. A partir de esta valoración cualitativa, se obtiene un descriptor cuantitativo que consiste en el promedio simple de las calificaciones de los valores objeto de conservación evaluados.

Tabla 23. Valoración de integridad de un área protegida. según el estado de los atributos ecológicos clave.

Escala	Atributos Ecológicos Clave
Deseable	
No Deseable	

Fuente: Tomado de Zambrano et al., 2007

Este promedio simple de las calificaciones de los valores objeto de conservación evaluados, equivale a un índice de integridad ecológica que puede ser interpretado de acuerdo con la escala numérica definida por The Nature Conservancy (TNC. 2000) para viabilidad y conservación (Tabla 23).

Tabla 24. Calificación de integridad para el área evaluada de acuerdo con el promedio simple de los elementos de conservación, según valores de los indicadores utilizados para cada atributo ecológico clave (Modificado de Herr8ía & Corrales 2005.).

Rango	Valor Indicador	Descripción
>= 3.75	5	La integridad Ecológica del área evaluada se encuentra en un estado deseable, requiriéndose mantener el tipo de manejo que se ha llevado a cabo en los últimos años.
3.0 - 3.74	4	La integridad Ecológica del área evaluada se encuentra en un estado deseable, pero se requieren mejorar los esquemas de manejo para evitar que algunos atributos ecológicos clave se pierdan.
1.75 - 2.99	3	La integridad Ecológica del área evaluada se encuentra en un estado NO deseable y requiere intervención humana para su mejoramiento. Si no se da seguimiento, la persistencia de los objetos de conservación está en alto riesgo.
< 1.75	2	Si se permite que la integridad ecológica se mantenga en esta categoría, la restauración o prevención de desaparición de los objetos de conservación será prácticamente imposible (Ej., complicado, costoso y con poca certeza de revertir el proceso de alteración).
0	1	La evaluación no se ha realizado

Fuente: Tomado de Zambrano et al., 2007

En función de los resultados del cálculo de la integridad ecológica se deberán revisar las estrategias y programas de manejo y recuperación de las áreas de interés, de tal forma que se permita mejorar o mantener el estado de conservación de los atributos ecológicos clave, en concordancia con las acciones estratégicas que el área en recuperación desarrolla o debe replantear.

Definición de Indicadores, Rangos y Calificación

De acuerdo a la metodología arriba explicada, utilizada para calcular la integridad ecológica en el sistema de áreas protegidas del país y de acuerdo a la información brindada por la empresa Drummond Ltda. Colombia, a continuación, se utilizarán los valores que se presentan en los informes de monitoreo biológico de las 10 estaciones biosensoras presentes en la mina Pribbenow, presentados tanto en época de lluvia como de sequía para los diferentes años en el periodo comprendido entre el 2007 y el 2014. Para hacer un ejercicio preliminar que nos permita calcular la integridad ecológica del área de recuperación ambiental por las actividades mineras, incluyendo los botaderos 3 y 9.

Inicialmente frente a la selección de los factores a analizar y teniendo en cuenta que la información corresponde a monitoreos de biodiversidad, se entiende que el análisis corresponde al análisis de **unidades biológicas**, correspondientes en este caso a las **comunidades insectos, herpetos y aves**, que fueron evaluadas en los informes presentados para las estaciones biosensoras, lo cual corresponde a atributos ecológicos clave que dan cuenta de la **Composición biológica** de las áreas intervenidas por la empresa.

Teniendo en cuenta la información disponible en relación con los indicadores de biodiversidad, se define abordar los siguientes indicadores de unidades biológicas:

- A. **Riqueza:** Se refiere al número de especies de fauna y flora diferentes presentes en un determinado espacio (ecosistema, biotopo o superficie) y en un determinado período de tiempo.
- B. **Abundancia:** Se refiere a la cantidad de individuos de cada especie, población o comunidad presente en una comunidad o un área geográfica determinada
- C. **Diversidad de Shannon:** Refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies
- D. **Diversidad de Margalef:** Este indicador, también conocido como índice de diversidad específica de Margalef, es una medida utilizada en ecología para estimar la diversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada. Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos. El mínimo valor que puede adoptar es cero, y ocurre cuando solo existe una especie en la muestra ($s=1$, por lo que $s-1=0$). Por debajo de 2 se considera una región de baja biodiversidad, y por encima de 5, una región de alta biodiversidad.
- E. **Índice de Equidad de Pielou (J'):** Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad. La equidad se refiere a la distribución de la abundancia de especies: por ejemplo, una muestra con 50 individuos de cinco especies, con diez individuos de cada una puede considerarse equitativa. En los sistemas naturales la equidad no es necesariamente común o deseable dado que los procesos de competencia, mutualismo, simbiosis tienden a generar una baja equidad o uniformidad.

De acuerdo a dicha selección y con base en información secundaria revisada, a continuación, se presentan los indicadores y la calificación de los mismos para los diferentes grupos taxonómicos:

Entomofauna – Orden Coleóptera

Para definir los rangos asociados a los indicadores de riqueza y abundancia para la entomofauna, se tomó únicamente el orden coleóptera pues es el que cuenta con mayor información secundaria debido al gran interés que esta orden tiene en los procesos ecológicos del Bosque Tropical.

De acuerdo al análisis realizado por Medina y Gozález (2014), el número de especies de escarabajos coprófagos en bosques secos varía significativamente dependiendo de la localidad muestreada. En los primeros estudios realizados por el Instituto Humboldt en bosques secos del Tolima y la Costa Atlántica, se registraron entre 16 y 32 especies (Escobar 1997, IAVH 1997); 32 especies sumando cuatro

localidades del Caribe colombiano (IAvH 1997). De acuerdo a otros estudios publicados de escarabajos coprófagos de bosque seco y basados en revisión de ejemplares en colecciones biológicas, se han registrado hasta 35 especies en diferentes localidades de bosque seco en Colombia (Solís et al. 2011); en promedio por localidad (23 localidades) se registran 19,4 especies (Delgado et al. 2012)

De acuerdo a la información reportada, se tomará el promedio como, el límite inferior de un indicador de riqueza alto.

Tabla 25. Calificación y valor asignado para los indicadores biológicos de las comunidades de insectos – Entomofauna Orden Coleóptera

Calificación Indicador	Valor Asignado	Indicadores analizados				
		Riqueza	Abundancia	Diversidad de Shannon	Diversidad Margalef	Equidad - Uniformidad Pielou
Muy Alto	5	> 32	3000	> 4	> 10	< 0,25
Alto	4	31 - 19	2999 - 1900	3,99 - 2,5	5 - 10	0,49 - 0,25
Medio	3	18-10	1899 - 1000	2,49 - 1	4,99 - 2	0,5 - 0,74
Bajo	2	< 10	< 1000	< 1	< 2	> 0,75
Sin calificación	0	No medido	No medido	No medido	No medido	No medido

Herpetofauna – Anfibios y Reptiles:

Se tomó el grupo de los anfibios y reptiles para definir los rangos de los indicadores de riqueza y abundancia para herpetos, teniendo en cuenta la disponibilidad de información secundaria respecto de estos grupos taxonómicos con base en la siguiente información.

Según Urbina-Cardona et al. (2014), el Bosque Seco Tropical en Colombia alberga por lo menos 82 especies de anfibios, la mayor cantidad de información sobre los anfibios del BST se ha obtenido de estudios realizados en las llanuras de la región Caribe (Bernal-Carlo 1991).

Perlaza y Peláez (2018), en su trabajo, “Diversidad de herpetofauna en tres fragmentos de bosque seco Tropical (bst) entre los municipios Colosó – Chalán”, en el departamento de Sucre, reportaron una riqueza de 51 especies de 23 familias con una abundancia de 1795 individuos. De esas 51 especies 30 corresponden a la clase Reptilia y sólo 21 a la clase Amphibia, si bien la abundancia es mayor para los anfibios con un total de 1271 individuos, contra 524 individuos de reptiles reportados.

Por su parte, Medina-Rangel (2011), en su estudio “Diversidad alfa y beta de la comunidad de reptiles en el complejo cenagoso de Zapatosa, Colombia” registró 857 individuos de la clase Reptilia distribuidos en 48 especies y 18 familias en los departamentos de César y Magdalena.

Tabla 26. Calificación y valor asignado para los indicadores biológicos de las comunidades de anfibios y reptiles - Herpetofauna

Calificación Indicador	Valor Asignado	Indicadores analizados				
		Riqueza	Abundancia	Diversidad de Shannon	Diversidad Margalef	Equidad - Uniformidad Pielou
Muy Alto	5	> 60	> 1250	> 4	> 10	< 0,25
Alto	4	59 - 30	1249 - 750	3,99 - 2,5	5 - 10	0,49 - 0,25
Medio	3	29 - 10	749 - 250	2,49 - 1	4,99 - 2	0,5 - 0,74
Bajo	2	< 10	< 250	< 1	< 2	> 0,75
Sin calificación	0	No medido	No medido	No medido	No medido	No medido

Avifauna:

Para la definición de los rangos de los indicadores biológicos utilizados para la avifauna, se utilizó información secundaria de estudios realizados en Bosque Seco Tropical en Colombia. En este contexto, el estudio realizado por Gómez y Scott (2014) realizado en el valle alto del río Magdalena en el departamento del Tolima, registra un total de 145 especies de 33 familias y una abundancia de 4060 individuos. Por su parte Vergara et al. (2017), en su estudio sobre diversidad de aves en fragmentos de bosque seco tropical en paisajes ganaderos del Departamento de Córdoba, reportaron un total de 180 especies de 48 familias con una abundancia de 6667 individuos en áreas de bosque seco secundario, potreros arbolados, y potreros sin árboles.

Mejía (2022), realizó una caracterización de Fauna del Banco de Hábitat del Bosque Seco Tropical del Cesar "La Lope", identificando los siguientes valores; 147 especies de 51 familias con una abundancia de 1750 individuos reportados. Esta investigación es muy interesante teniendo en cuenta que se realiza en el mismo departamento y en "Bancos de Hábitat", que se definen como un área en la que se pueden realizar actividades de preservación, restauración, rehabilitación, recuperación y/o uso sostenible para la conservación de la biodiversidad, que vendría siendo un ejercicio similar al que realiza la Empresa Drummond en las áreas de recuperación de extracción minera en el municipio de La Loma.

Tabla 27. Calificación y valor asignado para los indicadores biológicos de las comunidades de aves - Avifauna

Calificación Indicador	Valor Asignado	Indicadores analizados				
		Riqueza	Abundancia	Diversidad de Shannon	Diversidad Margalef	Equidad - Uniformidad Pielou
Muy Alto	5	> 200	> 4000	> 4	> 10	< 0,25
Alto	4	199 - 100	3999 - 1500	3,99 - 2,5	5 - 10	0,49 - 0,25
Medio	3	99 - 50	1499 - 700	2,49 - 1	4,99 - 2	0,5 - 0,74
Bajo	2	< 50	< 700	< 1	< 2	> 0,75
Sin calificación	1	No medido	No medido	No medido	No medido	No medido

7.6 Cálculo de Integridad Ecológica mina Pribbenow

Una vez definidos los rangos para la asignación del valor y la clasificación de cada indicador, se procedió a identificar los valores correspondientes a los indicadores elegidos con base en los informes disponibles en el periodo comprendido entre el 2007 y el 2012 de manera que se pudiera con base en ello, calcular la integridad ecológica para cada grupo taxonómico con la información disponible, a continuación se presenta el cálculo que arroja el ejercicio.

Entomofauna

A continuación, se presentan los resultados del análisis de indicadores para la orden de coleópteros de la entomofauna presente en las áreas de recuperación de la mina Pribbenow, de acuerdo a la información extraída de los informes de monitoreo a la biodiversidad realizados por la empresa Drummond en el periodo comprendido entre 2007 y 2012.

Tabla 28. Resultados de Integridad Ecológica para la orden Coleópteros en el área de recuperación de la mina Pribbenow

Análisis	Categoría	Grupo Taxonómico	Indicador	Lluv 2007	Sec 2008	Lluv 2008	Lluv 2009	Sec 2009	Lluv 2010	Sec 2011	Sec 2012	Total o Promedio	Valor Asignado	Calificación Indicador	Estado
Unidades Biológicas	Composición	Entomofauna a Coleóptera	Riqueza	9	28	29	17	17	17	17	7	30	4	Alto	Deseable
			Abundancia	461	1390	1149	845	969	690	383	102	5989	5	Muy Alto	Deseable
			Diversidad Shannon	1,848	3,136	3,042	Sin Info	Sin Info	2,693	2,615	1,689	2,109	3	Medio	No Deseable
			Diversidad Margalef	1,304	3,731	3,974	2,374	2,327	2,441	2,685	1,347	3,334	3	Medio	No Deseable
			Equidad Pielou	0,841	0,941	0,903	Sin Info	Sin Info	0,950	0,923	0,868	0,904	2	Bajo	No Deseable

Fuente: Este estudio a partir de datos Drummond (2007-2012)

Como se observa en la tabla anterior, la riqueza se considera en un rango alto, mientras que la abundancia se considera muy alta, lo que evidencia un alto esfuerzo de muestreo para la orden de los coleópteros dentro de la entomofauna. En este sentido los indicadores de riqueza y abundancia arrojan parámetros deseables.

Por su parte, los índices de Diversidad de Shannon y Margalef, evidencian valores medios lo cual indica que la integridad Ecológica del área evaluada en relación con la composición de comunidades de coleópteros, se encuentra en un estado NO deseable y requiere intervención humana para su mejoramiento.

Herpetofauna

A continuación, se presentan los resultados del análisis de indicadores para la herpetofauna (Clases Amohibia y Reptilia), presente en las áreas de recuperación de la mina Pribbenow, de acuerdo a la información extraída de los informes de monitoreo a la biodiversidad realizados por la empresa Drummond en el periodo comprendido entre 2007 y 2012.

Tabla 29. Resultados de Integridad Ecológica para la Herpetofauna en el área de recuperación de la mina Pribbenow

Análisis	Categoría	Grupo Taxonómico	Indicador	Sec 2007	Lluv 2007	Sec 2008	Lluv 2008	Sec 2009	Lluv 2009	Lluv 2010	Sec 2011	Lluv 2011	Sec 2012	Total o Promedio	Valor Asignado	Calificación Indicador	Estado
Unidades Biológicas	Composición	Herpetofauna	Riqueza	26	28	32	29	27	27	25	26	29	29	56	4	Alto	Deseable
			Abundancia	148	342	430	502	310	346	186	336	272	227	3099	5	Muy Alto	Deseable
			Diversidad Shannon	2,12	1,82	2,24	2,258	2,47	2,58	2,10	2,13	1,71	1,719	2,115	4	Alto	Deseable
			Diversidad Margalef	5,003	4,627	5,112	4,503	4,532	4,447	4,593	4,298	4,995	5,161	6,842	4	Alto	Deseable
			Pielou	0,651	0,546	0,646	0,671	0,749	0,783	0,652	0,654	0,508	0,510	0,525	3	Medio	No deseable

Fuente: Este estudio a partir de datos Drummond (2007-2012)

Para el análisis de integridad ecológica de la composición poblacional de la herpetofauna se encontró que se tiene una riqueza alta y una abundancia muy alta en relación con los ecosistemas de bosque seco tropical, lo cual evidencia que las diferentes coberturas analizadas en los informes de Drummond correspondientes a bosques de galería, bosques secundarios, áreas de plantación agrícola, áreas con potreros y áreas con rastrojos, generan gran diversidad de hábitats para esta comunidad.

Avifauna

A continuación, se presentan los resultados del análisis de indicadores para la Avifauna presente en las áreas de recuperación de la mina Pribbenow, de acuerdo a la información extraída de los informes de monitoreo a la biodiversidad realizados por la empresa Drummond en el periodo comprendido entre 2007 y 2012.

Tabla 30. Resultados de Integridad Ecológica para la Avifauna en el área de recuperación de la mina Pribbenow

Análisis	Categoría	Grupo Taxonómico	Indicador	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total o Promedio	Valor Asignado	Calificación Indicador	Estado
Unidades Biológicas	Composición	Avifauna	Riqueza	145	169	170	155	133	128	227	5	Muy Alto	Deseable
			Abundancia	2177	4010	2792	2549	1233	1983	14744	5	Muy Alto	Deseable
			Diversidad Shannon	4,397	4,628	4,435	4,441	4,621	4,196	4,453	5	Muy Alto	Deseable
			Diversidad Margalef	18,736	20,249	21,299	19,634	18,547	16,727	23,545	5	Muy Alto	Deseable
			Pielou	0,884	0,902	0,863	0,881	0,945	0,865	0,822	2	Bajo	No deseable

Fuente: Este estudio a partir de datos Drummond (2007-2012)

Respecto de los datos analizados para el cálculo de la integridad ecológica de las comunidades de avifauna, Son los que presentan el mejor valor de todos los grupos taxonómicos analizados, ya que tanto los indicadores de riqueza y abundancia como los de diversidad biológica presentan valores muy altos indicando que los ecosistemas de las áreas de recuperación de la mina Pribbenow, presentan tanto recursos, como hábitat, como refugio para que las poblaciones de aves que presentan una alta diversidad, puedan subsistir en el espacio y en el tiempo.

En relación con el índice de Pielou, y a diferencia de los demás índices evaluados que muestran un alto grado de correlación con la riqueza, se puede señalar que de todos los índices evaluados, Pielou (J')

es el que muestra mayor independencia con la riqueza. Según los criterios descritos por Smith y Wilson (1996) y Beisel et al. (2003), los índices de equidad idealmente deberían ser independientes de la riqueza, pero los resultados muestran que esto no es así para la mayoría de los índices.

A pesar de ello, las correlaciones obtenidas no son correlaciones fuertes, lo cual puede explicarse por la relación matemática inevitable entre los índices y la riqueza: nótese que los cinco índices evaluados incluyen en su formulación a la riqueza o a las sumatorias de las abundancias relativas (que finalmente dan cuenta de la riqueza, ya que para una muestra de comunidades existirán tantas abundancias relativas que se suman como número de especies hay). Se resalta igualmente que las correlaciones obtenidas entre los índices y la riqueza son negativas, lo cual puede deberse a que mientras más especies tengan una muestra comunitaria, mayor es la probabilidad de encontrar alguna especie rara o alguna especie dominante.

Integridad Ecológica de los diferentes grupos taxonómicos analizados

Finalmente, con base en el análisis de cada uno de los grupos taxonómicos, se realiza una evaluación final para toda el área que comprende todas las comunidades de fauna vertebrada e invertebrada que se muestreo por parte de la empresa Drummond a lo largo del periodo de tiempo analizado (2007-2012), y se realiza un promedio para calcular la integridad ecológica general del área de recuperación de la mina Pribbenow. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 31. Cálculo de Integridad Ecológica para las áreas de recuperación de la mina Pribbenow, de acuerdo al análisis de indicadores de biodiversidad a las comunidades de fauna vertebrada e invertebrada evaluada entre el 2007 y el 2012

Análisis	Categoría	Grupo Taxonómico	Valor Asignado	Calificación Indicador	Estado
Unidades Biológicas	Composición	Avifauna	5	Muy Alto	Deseable
			5	Muy Alto	Deseable
			5	Muy Alto	Deseable
			5	Muy Alto	Deseable
			2	Bajo	No deseable
		Entomofauna	4	Alto	Deseable
			5	Muy Alto	Deseable
			3	Medio	No Deseable
			3	Medio	No Deseable
			2	Bajo	No Deseable
		Herpetofauna	4	Alto	Deseable
			5	Muy Alto	Deseable
			4	Alto	Deseable
			4	Alto	Deseable
		3	Medio	No deseable	
TOTAL			3,9333	Muy Alto	Deseable

Fuente: Este estudio a partir de datos Drummond (2007-2012)

De acuerdo a los resultados que arroja el cálculo de integridad ecológica en las áreas de recuperación de la mina Pribbenow, se evidencia que los ecosistemas presentes, tienen un grado muy alto de integridad ecológica, lo que indica que este parámetro del área evaluada se encuentra en un estado deseable, requiriéndose mantener el tipo de manejo que se ha llevado a cabo en los últimos años.

Tanto las poblaciones de entomofauna, como herpetofauna y avifauna, presentan datos de diversidad y riqueza altos y muy altos indicando disponibilidad de recursos para el desarrollo de las diferentes especies presentes en el área. Teniendo en cuenta la diversidad de organismos evaluada, también indica procesos ecológicos complejos de ciclaje de nutrientes e incorporación de los mismos en las cadenas tróficas en diferentes niveles desde productores primarios, a consumidores de diferentes grados y descomponedores.

La biodiversidad presente en el Área de recuperación de la mina Pribbenow para los grupos analizados, presenta valores deseables comparables con parámetros del ecosistema de referencia Bosques Seco Tropical.

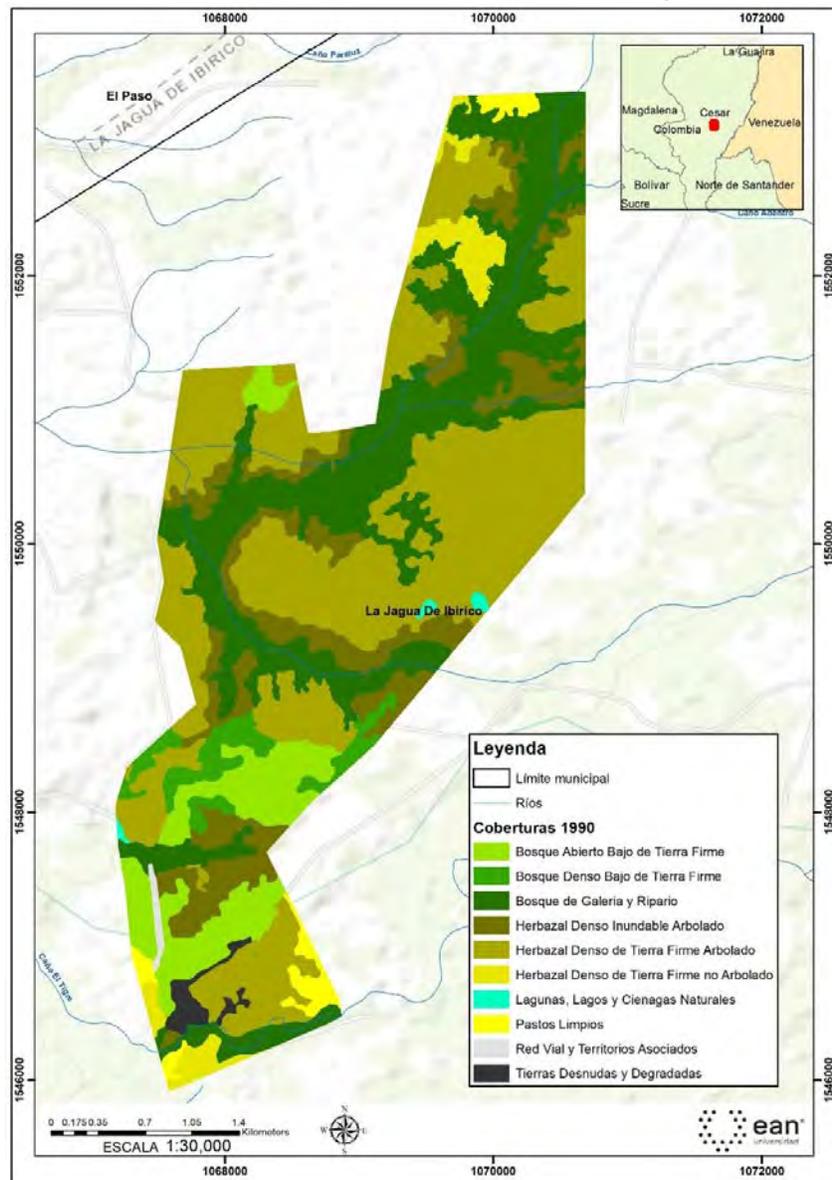
Si bien esta información es relevante, se anota que la misma corresponde a información de hace más de 10 años por lo que se hace pertinente seguir adelantando acciones de monitoreo que permitan evaluar los parámetros e indicadores del área al día de hoy.

Sería igualmente importante incluir información de monitoreo de mamíferos como indicadores de biodiversidad que agrupa gran cantidad de especies y que pueden presentar poblaciones interesantes en relación con el análisis de salud del ecosistema.

7.7 Análisis ecológico El Paujil

La zona de El Paujil es considerada hoy en día como un sector de gran importancia ecológica tanto para la empresa como para la región, debido a la gestión que se ha dado sobre esta y a su biodiversidad. Esta zona desde el año 1980 ha estado sometida a una serie de cambios en su estructura y composición, en este sentido se elaboró un análisis multitemporal de coberturas para comparar la dinámica ecosistémica y sus posibles variaciones ecológicas.

Ilustración 94. Mapa de Coberturas zona El Paujil año 1980



Fuente: Elaboración EAN 2023

Se realizó la interpretación de coberturas de la tierra para los años 1980 y 2022, utilizando para el primer año fotografías aéreas y para el segundo año imágenes satelitales de alta resolución. Se implementó la leyenda y metodología Corine Land Cover Colombia a escala 1:25.000.

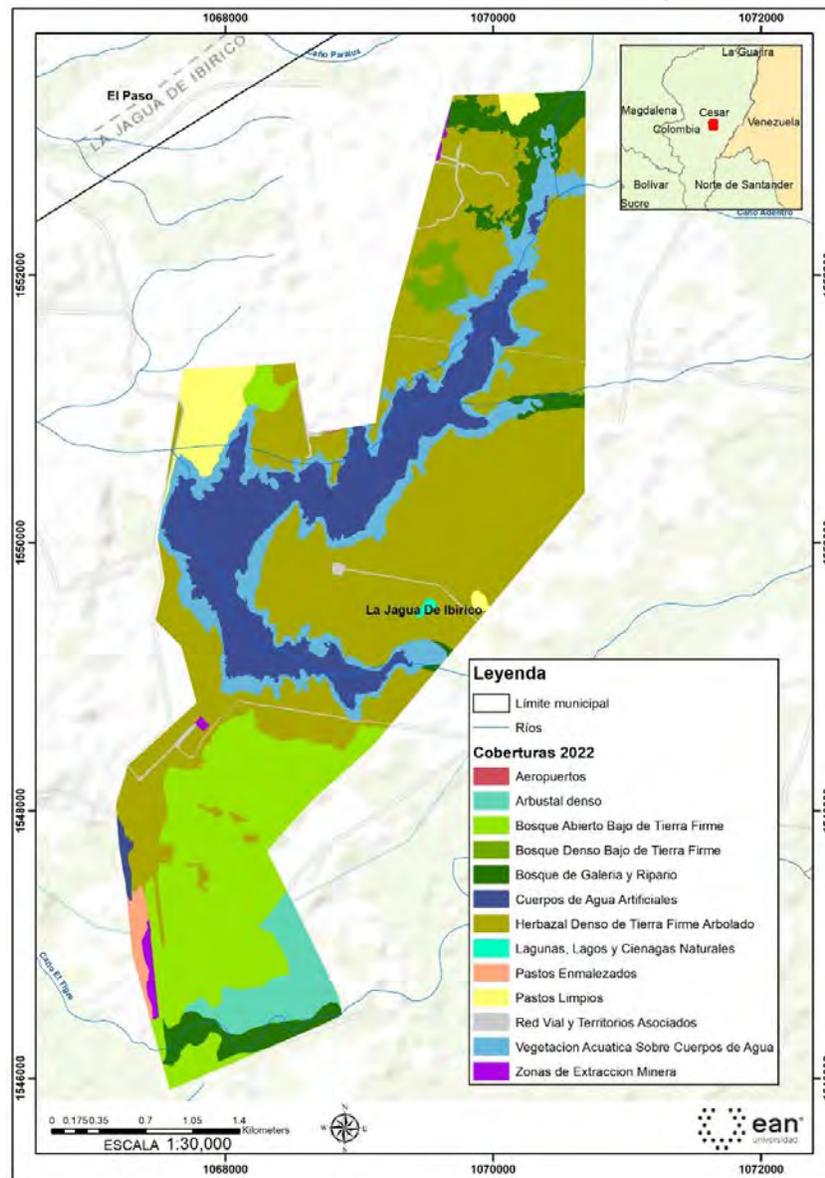
Tabla 32. de coberturas de la tierra zonal el Paujil años 1980 y 2022

Coberturas	1980		2022	
	Área (ha)	Porcentaje	Área (ha)	Porcentaje
Aeropuertos			0.13	0.01
Arbustal denso			43.42	3.42
Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme	107.39	8.45	214.29	16.87
Bosque de Galería y Ripario	355.10	27.95	62.41	4.91
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	41.81	3.29	14.36	1.13
Cuerpos de Agua Artificiales			189.13	14.89
Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado	504.95	39.75	560.96	44.16
Herbazal Denso de Tierra Firme no Arbolado	40.26	3.17		
Herbazal Denso Inundable Arbolado	177.20	13.95		
Lagunas, Lagos y Ciénagas Naturales	3.37	0.27	1.13	0.09
Pastos Enmalezados			8.10	0.64
Pastos Limpios	24.05	1.89	38.49	3.03
Red Vial y Territorios Asociados	4.06	0.32	10.62	0.84
Vegetación Acuática Sobre Cuerpos de Agua			122.19	9.62
Zonas de Extracción Minera			5.14	0.40
Tierras Desnudas y Degradadas	12.16	0.96		
TOTAL	1270.35		1270.35	

Fuente: Elaboración EAN 2023

Para el año 1980 la zona el Paujil contaba con 10 tipologías de coberturas entre silvestres y de origen humano, estas últimas estuvieron muy poco representadas, llegando a ocupar cerca del 3% del área. Entre las coberturas silvestres las más predominantes fueron el herbazal denso de tierra firme arbolado y el bosque de galería, también se evidencian bosques densos y abiertos y otras coberturas asociadas a dinámicas de inundación como los herbazales inundables. Esta configuración espacial de coberturas, demuestra que en ese entonces El Paujil era un ecosistema caracterizado por sus elementos relacionadas con el recurso hídrico como el bosque de galería y los herbazales inundables, que junto con el resto de coberturas formaban un paisaje heterogéneo propicio para la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos.

Ilustración 95. Mapa de Coberturas zona El Paujil año 2022

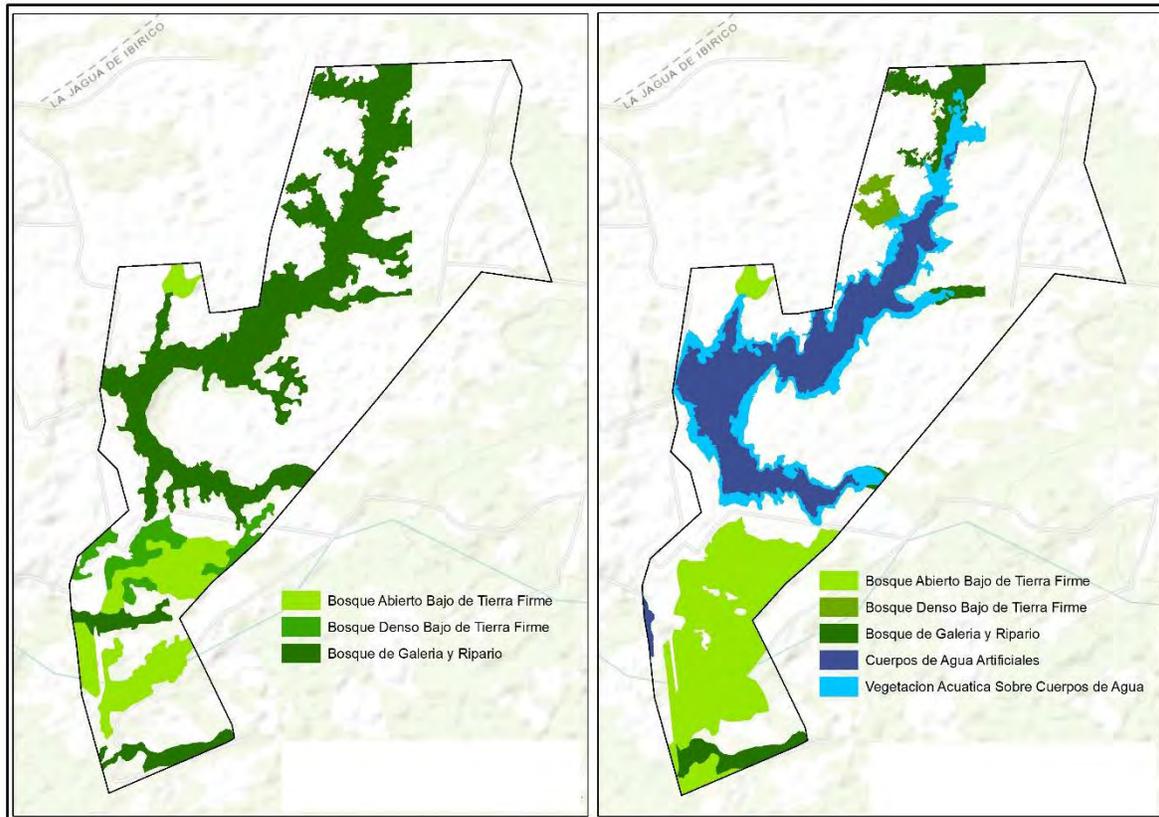


Fuente: Elaboración EAN 2023

Para el año 2022 la zona El Paujil es un poco más heterogénea, pues presenta 13 tipologías de coberturas, evidenciando la intervención humana, pues se observan nuevas coberturas como aeropuertos, zonas de extracción minera y cuerpos de agua artificial. Esta última aparece notoriamente con aproximadamente 190 ha, llegando a ocupar cerca del 14% de El Paujil, las otras coberturas antrópicas están muy poco representadas, por lo que actualmente El Paujil es una zona con predominio de coberturas silvestres en donde el herbazal denso de tierra firme no arbolado es la cobertura más extensa con 560 ha (44%). La configuración espacial evidencia un paisaje heterogéneo en donde el espejo de agua y los herbazales son las coberturas bajo las que se dan las distintas relaciones ecológicas, siendo el recurso hídrico el elemento principal de la funcionalidad ecosistémica.

Al comparar las principales coberturas entre el año 1980 y 2022, se observa claramente la aparición de un gran cuerpo de agua artificial rodeado de vegetación acuática, entre ambas ocupan cerca del 25 % del territorio, reemplazando principalmente al bosque de galería.

Ilustración 96. Comparación de las principales Coberturas entre 1980 y 2022



Fuente: Elaboración EAN 2023

El la tabla 32 , se observa la dinámica entre las coberturas del año 1980 y la aparición del cuerpo de agua artificial y la vegetación acuática en el año 2022. Principalmente siete fueron las coberturas que se transformaron para darle paso a la aparición de estos espacios acuáticos. De las aproximadamente 310 ha que suman el cuerpo de agua y la vegetación acuática en la actualidad, cerca de 220 ha correspondían al bosque de galería; de estas 220 ha, 151 ha actualmente son un cuerpo de agua artificial y aproximadamente 70 ha son vegetación acuática.

Tabla 33. Cambio de coberturas entre 1980 y 2022

Coberturas 1980	Cuerpos de Agua Artificiales 2022		Vegetación Acuática Sobre Cuerpos de Agua	
	Área (ha)	Porcentaje	Área (ha)	Porcentaje
Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme	1.55	0.82		
Bosque de Galería y Ripario	151.42	80.06	68.99	56.46
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme			0.06	0.05
Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado	11.44	6.05	30.30	24.80
Herbazal Denso de Tierra Firme no Arbolado	0.04	0.02	0.52	0.43
Herbazal Denso Inundable Arbolado	23.93	12.65	22.32	18.27
Lagunas, Lagos y Ciénagas Naturales	0.74	0.39		
Total	189.13	100	122.19	100.00

Fuente: Elaboración EAN 2023

Actualmente la zona de El Paujil es un ecosistema heterogéneo con predominio de características acuáticas, en donde la mayoría de las relaciones ecológicas se dan alrededor del cuerpo de agua artificial. Si bien hubo un remplazo de casi la totalidad del bosque de galería y parte de los herbazales, modificando además la estructura y composición del ecosistema del año 1980, el ecosistema del presente puede estar presentado unas características funcionales muy parecidas al original.

7.8 Áreas de Humedal y sus Servicios Ecosistémicos

Si bien se evidencia una transformación de ecosistemas en el área del Paujil, se puede afirmar inicialmente que los dos ecosistemas predominantes, tanto el bosque de galería preexistente como el humedal actual, están asociados a cuerpos de agua y en general sus dinámicas obedecen a los ciclos hidrológicos y a los pulsos de inundación determinados por los periodos de sequía y lluvia y los regímenes de precipitación.

En tal sentido, resulta interesante realizar un análisis orientado a destacar los servicios ecosistémicos que presenta el área del Paujil actualmente, en función de las nuevas características y atributos identificados en el análisis de coberturas.

Los servicios ecosistémicos se entienden como las contribuciones directas e indirectas que hacen los ecosistemas al bienestar de las sociedades humanas, por ejemplo, al proporcionar alimentos nutritivos y agua limpia; al regular las enfermedades y el clima; al apoyar la polinización de los cultivos y la formación de suelos, y al ofrecer beneficios recreativos, culturales y espirituales (FAO, 2023). Esto se ve representado en elementos o funciones derivadas de los ecosistemas que son percibidas, capitalizadas y disfrutadas por el ser humano como beneficios que incrementan su calidad de vida. La estrecha relación que la biodiversidad tiene entre su estructura, composición y función y los sistemas sociales, se da a través de procesos ecológicos que son percibidos como beneficios que generan bienestar y permiten el desarrollo de los sistemas culturales humanos en sus dimensiones sociales, económicas, políticas, tecnológicas, simbólicas y religiosas (MADS y IAvH, 2017).

Los servicios ecosistémicos, se dividen en 4 categorías:

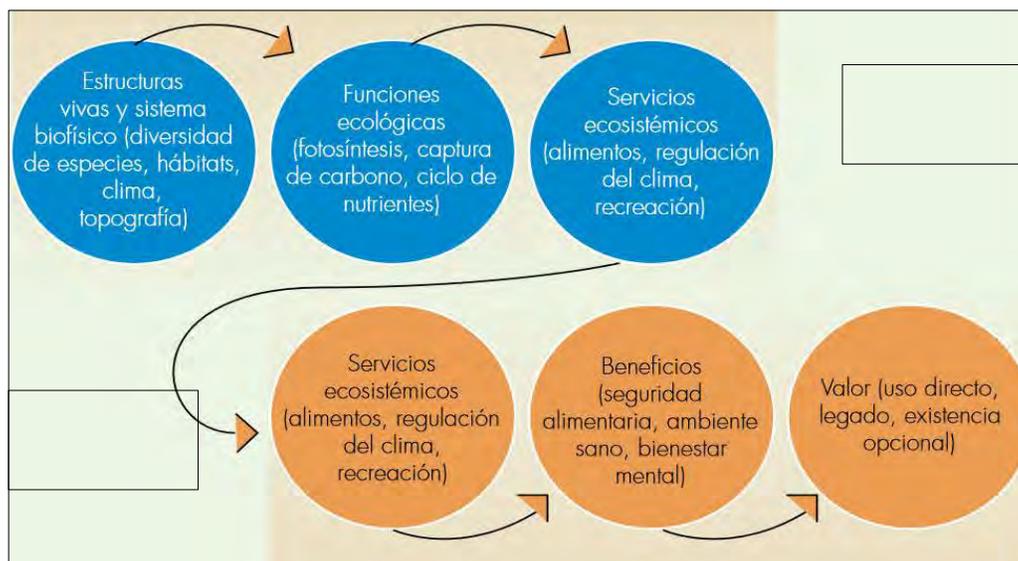
Servicios de soporte o apoyo: Procesos y funciones necesarias para la provisión de los demás servicios ecosistémicos, incluidas la producción primaria, la formación del suelo o los ciclos de nutrientes.

Servicios de regulación: Beneficios resultantes de la regulación de procesos ecosistémicos, entre ellos el mantenimiento de la calidad del aire, la regulación del clima o el control de la erosión.

Servicios de provisión: Bienes y productos materiales obtenidos directamente de los ecosistemas tales como: alimentos, fibras, madera, agua y recursos genéticos.

Servicios de culturales: Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas a través del enriquecimiento espiritual, las experiencias estéticas, el desarrollo cognitivo, el turismo, la reflexión o la recreación.

Ilustración 97. Servicios Ecosistémicos: Relación entre Sistemas Naturales y Sistemas Sociales



Fuente: Adaptado de MADS y IAVH, 2017

En la ilustración anterior, se presenta gráficamente, la manera como los Servicios Ecosistémicos, que surgen del desarrollo de las funciones ecológicas que ocurren en los sistemas biofísicos y las estructuras vivas, son percibidos por los sistemas sociales como beneficiosos en diferentes ámbitos y por tal razón dan un valor a los usos y beneficios obtenidos de la generación de esos servicios. En tal sentido, una de las características principales de estos servicios es que son el resultado de largos y complejos procesos e interacciones entre el relieve, las condiciones abióticas, como el clima, y diferentes atributos que caracterizan la biodiversidad de un territorio, es decir que dependen en gran medida de la biodiversidad que presentan los ecosistemas, al ser las relaciones entre especies, poblaciones y comunidades, las que determinan el funcionamiento del mismo.

Los servicios ecosistémicos corresponden entonces, a todos los procesos y funciones que provienen de la biodiversidad presente en los sistemas biofísicos y que son percibidos por sus habitantes como beneficios directos o indirectos que les proveen bienestar y mejor calidad de vida. La regulación del clima, la provisión y regulación del agua, la calidad del aire, la seguridad alimentaria, la prevención y

mitigación de desastres, el bienestar mental o la recreación, son servicios que se identifican fácilmente y que son esenciales para la sostenibilidad económica, social y ambiental de la sociedad.

En el área del Paujil, la empresa Drummond realizó una transformación del ecosistema en un área aproximada de 310 hectáreas, que permitió convertir un bosque de galería, en un área cenagosa con características y atributos de un ecosistema de Humedal. Esta transformación implica igualmente que los servicios ecosistémicos asociados al sistema biofísico se modifican en función de las características abióticas del mismo y de las nuevas interacciones y procesos que la biodiversidad presenta en el área transformada. En tal sentido y habiendo revisado la definición y las categorías de los servicios ecosistémicos (SE), vale la pena resaltar, en términos generales pues no se cuenta con datos específicos para una valoración más precisa, algunos de estos servicios asociados a los Humedales.

La importancia de los Humedales ha sido ampliamente discutida y reconocida a nivel mundial por el gran interés que tienen estos ecosistemas no sólo desde el punto de vista ecológico sino también socioeconómico, debido a sus múltiples funciones, valores y atributos, los cuales son esenciales para la sociedad en su conjunto. En tal sentido, desde la Convención Ramsar, se han definido metodologías que permiten valorar los servicios ecosistémicos que prestan los humedales buscando con esto, fortalecer las estrategias para su uso racional, tener un mejor conocimiento para la toma de decisiones y que estos ecosistemas contribuyan de manera fundamental en el logro del desarrollo sostenible (Ramsar, 2018).

La Convención Ramsar, define los ecosistemas de Humedal como, *“las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”* (Ramsar, 2006). Esta definición, es adoptada para el país a través del documento de Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia (2001), que surge como compromiso a las definiciones de la Ley 357 de 1997 *“Por medio de la cual se aprueba la Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas”*, suscrita en Ramsar, Irán, el dos (2) de febrero de 1971.

Como se aprecia, la definición de Humedales es sumamente amplia y por ello existen gran diversidad de ecosistemas muy diferentes que son considerados Humedales. Para ello se adoptó un sistema de clasificación, basado en niveles jerárquicos que permite identificar los tipos de humedales (Scott 1995, Tabla 22), y que tiene en cuenta, las siguientes variables:

- **Ámbito:** Es la naturaleza ecosistémica más amplia en su origen y funcionamiento.
- **Sistema:** Los humedales naturales se subdividen según la influencia de factores hidrológicos, geomorfológicos, químicos o biológicos. Los artificiales se separan con base en el proceso que los origina o mantiene.
- **Subsistema:** Los humedales naturales se subdividen dependiendo del patrón de circulación del agua.
- **Clase:** Se define con base en descriptores de la fisonomía del humedal, como formas de desarrollo dominantes o características del sustrato, tales como textura y granulometría en caso de no estar cubierto por plantas.
- **Subclase:** Depende principalmente de aspectos biofísicos particulares de algunos sistemas o de la estructura y composición de las comunidades bióticas presentes.

Tabla 34. Clasificación Ecosistemas de Humedal acogida por la Convención RAMSAR

ÁMBITO	Sistema	Subsistema	Clase	Subclase	
HUMEDALES MARINOS Y COSTEROS	Marino	Submareal		Aguas marinas someras	
			Lecho acuático	Lecho marino	
		Arrecife	Arrecifes de coral		
		Intermareal	Roca	Playas rocosas	
	No consolidado		Playas de Arena y Grava		
	Estuarino	Submareal		Aguas Estuarinas	
		Intermareal	No consolidado	Plano lodosos intermareales	
			Emergente	Pantanos salados	
	Lacustre/ Palustre	Permanente/ Estacional		Manglares	
				Lagunas Salinas salobres	
HUMEDALES INTERIORES CONTINENTALES	Fluvial	Perenne		Lagunas costeras dulces	
			Emergente	Ríos/ Arroyos permanentes	
		Intermitente	Emergente	Deltas Interiores	
				Ríos/Arroyos Intermitentes	
	Lacustre	Perenne		Planicies Inundables	
		Estacional		Lagos dulces permanentes	
		Permanente/ Estacional		Lagos dulces estacionales	
	Palustre	Permanente	Emergente		Lagos y pantanos salinos permanentes / estacionales
					Pantanos y ciénagas dulces permanentes
			Arbustivo	Turberas abiertas	
		Estacional	Boscoso	Humedales alpinos y de tundra	
				Pantanos arbustivos	
			Emergente	Bosque pantanoso dulce	
	Geotérmico			Turbera boscosa	
				Ojos de agua, oasis	
	Humedales Artificiales				Ciénaga estacional dulce
				Humedales geotérmicos	
				Estanques de acuicultura	
				Estanques artificiales	
				Tierras de regadío	
				Tierras agrícolas	
				Zonas de explotación de sal	
				Áreas de almacenamiento de agua/ Embalses	
				Excavaciones	
				Áreas de tratamiento de aguas residuales	
Humedales Cársticos				Canales y zanjas	
				Costeros	
				Continental	
				Artificiales	

Fuente: Adaptado de Scott 1995, Tomado de MADS 2001.

Para el caso del área inundable del Paujil, si bien obedece a una transformación antrópica y por tanto se considera un humedal artificial, por sus características geomorfológicas, sistemas de abastecimiento, coberturas de la tierra y tipos de vegetación presentes en el ecosistema, este Humedal se clasificaría de la siguiente manera:

- **Ámbito:** Humedal Interior Continental
- **Sistema:** Palustre
- **Subsistema:** Permanente
- **Clase:** Emergente
- **Subclase:** Ciénagas dulces permanentes

Muchas características de los humedales son importantes para la sociedad y generan valores tanto intrínsecos como externalidades aprovechadas por el hombre, inicialmente se reconoce que, sin humedales, los ciclos del agua, del carbono y de los nutrientes se verían considerablemente alterados, en la m

ayoría de los casos de manera perjudicial. En tal sentido, es importante entonces reconocer los servicios de soporte de los Humedales, como el primer elemento fundamental en su importancia para el hombre y más teniendo en cuenta las actuales circunstancias relacionadas con el cambio climático y los retos que esto significa para la humanidad.

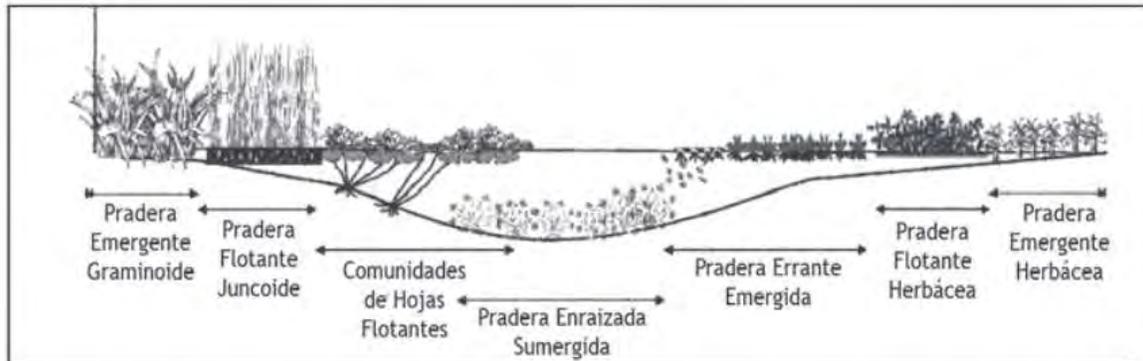
Los servicios de soporte que prestan los humedales, tienen una relevancia particular en términos de la resiliencia y la capacidad de los ecosistemas de proporcionar beneficios más amplios y son por lo tanto aspectos importantes en la toma de decisiones orientadas a la gestión. No obstante, a menudo debido a la falta de reconocimiento de estos valores múltiples e interconectados, las políticas y decisiones no tienen lo suficientemente en cuenta estas interconexiones e interdependencias (Ramsar, 2018).

Dentro de los **servicios de soporte** más importantes se encuentran la **formación de suelos, la producción primaria, el ciclo de los nutrientes, el reciclado del agua y la provisión de hábitat para la diversidad biológica**, todos procesos fundamentales e importantes en los Humedales y que permiten el desarrollo de los otros servicios ecosistémicos.

Teniendo en cuenta que el análisis de esta área, se adelanta en el marco de la revisión de las acciones positivas y de recuperación ecológica que la empresa Minera Drummond S.A. ha adelantado dentro de sus obligaciones ambientales, se resalta especialmente, dentro de esta categoría de servicios de soporte, la generación de un hábitat acuático en el que pueden existir diversos tipos de coberturas asociadas (vegetación flotante, pradera enraizada, pradera emergente), que a su vez generan gran variedad de interrelaciones funcionales que permiten hospedar una alta diversidad de fauna, especialmente aves, tanto residentes como migratorias, que probablemente no llegarían allí, de no ser por las transformaciones asociadas al cambio coberturas analizado.

A continuación, se presenta de manera gráfica, el tipo de coberturas asociadas a los ecosistemas de humedal como las ciénagas dulces permanentes del área del Paujil.

Ilustración 98. Perfil generalizado de los tipos estructurales de vegetación acuática y semiacuática en un humedal con geometría bien conformada



Fuente: Tomado de Schmidt -Mumm, 1998, en SDA 2008.

Como se observa en la ilustración 98, los ecosistemas de Humedal dan soporte a muy diversas poblaciones y comunidades vegetales, que a su vez brindan hábitat a diferentes tipos de fauna, dentro de las cuales se destacan gran diversidad de aves, que usan estas coberturas y disponibilidad de recursos para refugio, alimento, sitios de reproducción y sitios de crianza, entre otros.

En términos de fauna silvestre, las coberturas multiestratificadas como las presentadas en la imagen y según las franjas del ecosistema brindan (Burger, 1985; Morrison et al., 1998; Morales, 2001):

- a) Hábitats de refugios aislados de las orillas dentro del cuerpo de agua para anidación y desarrollo de especies residentes y migratorias de avifauna, herpetofauna y artropofauna principalmente.
- b) Hábitats de litoral (bordes inundables) que permitan el flujo de biodiversidad de especies de los grupos biológicos de avifauna, mastofauna, herpetofauna, artropofauna.
- c) Hábitat acuático para el desarrollo de fito y zoo plancton que son parte del equilibrio de la cadena trófica y desarrollo de las especies.
- d) Hábitats terrestres para grupos biológicos de avifauna residente y migratoria, mastofauna, herpetofauna, artropofauna.

Otro de los servicios de soporte que se destacan en los humedales, está relacionado con las coberturas del humedal asociadas a sus espejos de agua permanentes, que brindan la posibilidad del desarrollo de cadenas tróficas asociadas al agua. Esta función es fundamental, pues permite tanto la producción primaria, como la fijación de nutrientes al sistema, posibilitando así, los flujos de materia y energía indispensables para el desarrollo de la vida en este tipo de ecosistemas acuáticos.

Al respecto es importante mencionar, que los ecosistemas de Humedal son altamente productivos pues tienden a fijar gran cantidad de nutrientes y elementos que vienen disueltos en el agua, ya que al pasar de un sistema lótico y en movimiento como los ríos y arroyos, a un sistema léntico donde hay una menor velocidad del agua, como lo son las ciénagas y humedales de valles aluviales, suceden procesos de sedimentación que permiten que estos nutrientes bajen al lecho del vaso del humedal y quedan

disponibles para ser aprovechados por organismos y microorganismos presentes en la columna de agua y en el sustrato.

Por otra parte, los humedales se destacan por prestar varios de los **servicios de regulación**, dentro de estos, los más importantes son: **regulación de la calidad del aire, regulación del microclima local, regulación del clima mundial, regulación hídrica, regulación de los peligros de las inundaciones, regulación de los peligros de las tormentas, regulación de plagas, regulación de la erosión, depuración del agua, polinización, regulación del fuego**, entre otros.

Según datos brindados por Ramsar (2000), los ecosistemas de Humedal sirven de sumidero al 40% del carbono que se genera en el planeta (Moya, et al. 2005). En tal sentido, el área de 310 hectáreas del Paujil, si bien se dimensiona desde una escala local, está ayudando a fijar carbono y producir oxígeno, aportando a la eliminación de importantes cantidades de gases de efecto invernadero y aportando a aumentar el potencial de retención del calor en la atmósfera, con implicaciones para la regulación del microclima local y para la mitigación del calentamiento global, teniendo un efecto, así sea reducido, sobre el sistema climático y sobre la vida y la biodiversidad en la región de influencia.

Las nuevas coberturas en el área del Paujil, permiten aumentar los flujos y agentes de polinizadores, como el viento y el agua, diversificar las poblaciones de aves migratorias, aumentar la composición y estructura de comunidades vegetales y de fauna, aumentando su riqueza, al haber nuevos nichos, hábitats y ciclos de cadenas tróficas que antes no existían.

También permite una mayor adaptación local a los eventos extremos del clima, particularmente en épocas de prologada sequía, permitiendo una mayor humedad en el suelo y en el ambiente por causa de la evapotranspiración, además como se mencionó en los servicios de soporte, los sistemas acuáticos son muy productivos e incorporan rápidamente los nutrientes, generando grandes cantidades de biomasa que se incorporan como materia y energía al sistema y son determinantes para las cadenas tróficas.

En relación con los **servicios** ecosistémicos asociados al ámbito **cultural**, siempre se destaca en los humedales el **valor estético, el valor espiritual y el valor como fuente de inspiración que puede generar en las personas que tienen la posibilidad de visitarlo, generando además espacios con posibilidades para el turismo, el desarrollo de actividades recreo deportivas, escenarios para el relacionamiento cultural y espacios para la educación ambiental**. En tal sentido, este ejercicio de transformación del paisaje, puede constituirse en un ejemplo de rehabilitación de rondas hídricas, asociados cuerpos lenticos y lóticos, lo cual aumenta a su vez, el potencial para definir áreas de conservación de recursos hídricos que puedan ser reconocidos bajo alguna categoría de protección, bien sea como áreas de importancia estratégica en la región, o inclusive como reservas protegidas de la sociedad civil que puedan tener algún reconocimiento asociado a la protección y conservación.

Finalmente, si bien en este escenario de análisis puede que no se destaquen como los servicios más relevantes para la empresa, es importante mencionar el potencial que tendría el área para prestar diferentes servicios de aprovisionamiento diferenciales a los que brinda un bosque de galería, tales como **agua dulce, alimentos, combustible, fibra, recursos genéticos, medicinas o productos farmacéuticos naturales, recursos ornamentales, extracción de arcilla, mineral, áridos, explotación de la energía eólica e hidráulica**.

Si bien, la idea del presente análisis no es comparar los servicios ecosistémicos que brindan un bosque de galería versus un humedal, si es importante resaltar la importancia de que el bosque ripario no se pierda, totalmente y se puedan generar procesos de recuperación y restauración ecológica alrededor del área inundada, de manera que genere una franja de protección y unas áreas de transición para la fauna, que permita diversificar los hábitats del área del Paujil, a la vez que se mantienen los servicios ecosistémicos que se han resaltado y que están asociados a los ecosistemas de Humedal.

Ilustración 99. Registros Fotográficos El Paujil



Fuente: Sobre vuelo y visita de campo EAN 2023.

7.9 Análisis Cambio Climático

El departamento del Cesar, ubicado en el noreste de Colombia, es una región de gran riqueza natural y cultural. El departamento limita al norte con los departamentos de La Guajira y Magdalena, al sur con los departamentos de Santander y Norte de Santander, y al este con la República Bolivariana de Venezuela.

El Cesar tiene una superficie de 22.905 kilómetros cuadrados y una población de 1.041.203 habitantes³⁶.

Ilustración 100. División político-administrativa



Fuente: (Gobernación del Cesar)³⁷

³⁶ (Gobernación del Cesar, 2022)

³⁷ (Gobernación del Cesar)

El Cesar es una región con una gran diversidad de ecosistemas, que incluyen la Sierra Nevada de Santa Marta, la serranía del Perijá y la zona del Caribe. La región es hogar de una gran variedad de flora y fauna, incluyendo el jaguar, el oso de anteojos y el manatí.

El Cesar es también una región con una rica historia y cultura. La región fue habitada por pueblos indígenas durante siglos antes de la llegada de los españoles. El departamento es hogar de varios sitios arqueológicos importantes, incluyendo el parque arqueológico de San Sebastián de la Buenavista, que fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

La economía del Cesar se basa principalmente en la agricultura, la ganadería y la minería. El departamento es un importante productor de arroz, maíz, algodón y ganado. La minería es también una actividad importante en el departamento, con la extracción de carbón, petróleo y oro.

A continuación se presentan algunos datos específicos sobre el departamento del Cesar:

- Superficie: 22.905 kilómetros cuadrados³⁸
- Población: 1.041.203 habitantes³⁹
- Economía: Agricultura, ganadería, minería⁴⁰

El Cesar es una región con un gran potencial de desarrollo. El departamento tiene una ubicación estratégica, una gran riqueza natural y cultural, y un gran potencial turístico.

Vocación Productiva y Agropecuaria

La vocación productiva y agropecuaria del departamento del Cesar, está determinada por sus condiciones climáticas, geográficas y naturales⁴¹. El departamento se encuentra en la región Caribe, una región con un clima cálido y húmedo, con precipitaciones abundantes durante todo el año. El suelo del Cesar es fértil y rico en nutrientes, lo que lo hace ideal para la agricultura y la ganadería.

La agricultura es la principal actividad productiva del Cesar. Los principales productos agrícolas del departamento son el arroz, el maíz, el algodón, el sorgo, el frijol, la cebolla, el tomate y la yuca. El departamento es también un importante productor de cacao y café⁴².

La ganadería es otra actividad productiva importante en el Cesar. El departamento tiene una gran población de ganado vacuno, que se utiliza para la producción de carne y leche⁴³.

³⁸ (Gobernación del Cesar, 2022)

³⁹ (Gobernación del Cesar, 2022)

⁴⁰ (Gobernación del Cesar, 2022)

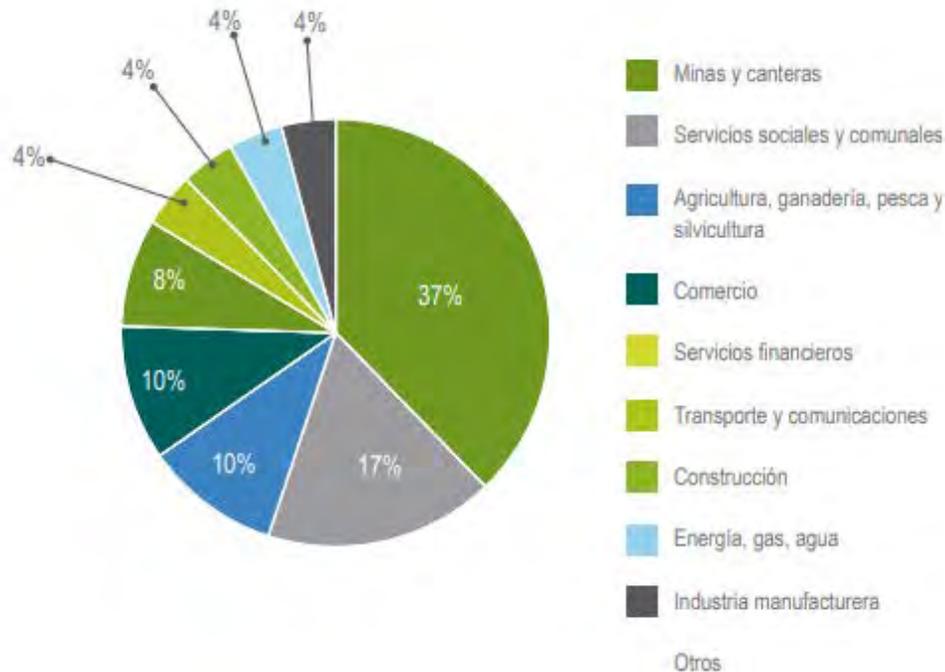
⁴¹ (Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial , 2020)

⁴² (Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial , 2020)

⁴³ (Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial , 2020)

La minería es una actividad productiva en crecimiento en el Cesar. El departamento es un importante productor de carbón, petróleo y oro.

Ilustración 101. Actividades económicas de mayor importancia del departamento del Cesar



Fuente: (Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial , 2020)⁴⁴

A continuación se presentan algunos datos específicos sobre la vocación productiva y agropecuaria del departamento del Cesar:

- Productos agrícolas: Arroz, maíz, algodón, sorgo, frijol, cebolla, tomate, yuca, cacao, café
- Productos ganaderos: Ganado vacuno, carne, leche
- Productos mineros: Carbón, petróleo, oro
- La vocación productiva y agropecuaria del Cesar tiene un gran potencial de desarrollo. El departamento tiene un clima y un suelo ideales para la agricultura y la ganadería. La minería también es una actividad productiva en crecimiento en el departamento.

Para aprovechar el potencial productivo del Cesar, es necesario implementar políticas públicas que apoyen el desarrollo de la agricultura, la ganadería y la minería. Estas políticas deben incluir la inversión en infraestructura, investigación y desarrollo, y capacitación para los productores.

⁴⁴ (Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial , 2020)

Cómo el Cambio Climático ha impactado el departamento del Cesar?

El cambio climático está afectando al departamento del Cesar, de diversas maneras⁴⁵. Los principales efectos del cambio climático en el departamento incluyen:

- **Aumento de las temperaturas:** El departamento del Cesar se encuentra en una región tropical, donde las temperaturas ya son altas. El cambio climático está provocando un aumento de las temperaturas en el departamento, lo que está afectando a la agricultura, la ganadería y la salud humana.
- **Cambios en los patrones de precipitación:** El departamento del Cesar recibe precipitaciones abundantes durante todo el año. El cambio climático está provocando cambios en los patrones de precipitación en el departamento, lo que está aumentando el riesgo de sequías e inundaciones.
- **Aumento del nivel del mar:** El departamento del Cesar se encuentra en la costa del Caribe. El cambio climático está provocando un aumento del nivel del mar, lo que está amenazando las comunidades costeras del departamento.

Los siguientes son algunos ejemplos específicos de cómo el cambio climático ha afectado al departamento del Cesar:

- La producción agrícola está disminuyendo debido al aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones.
- La ganadería está sufriendo debido a la sequía y las inundaciones.
- La salud humana está siendo afectada por el aumento de las enfermedades transmitidas por mosquitos y el estrés por calor.
- Las comunidades costeras están siendo afectadas por el aumento del nivel del mar.

El departamento del Cesar está tomando medidas para mitigar los efectos del cambio climático. El departamento ha desarrollado un plan de acción para el cambio climático que incluye medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, promover la adaptación al cambio climático y proteger los recursos naturales⁴⁶.

Sin embargo, estas medidas son insuficientes para hacer frente a los efectos del cambio climático. El departamento necesita el apoyo del gobierno nacional y de la comunidad internacional para hacer frente a este desafío.

A continuación se presentan algunas recomendaciones para que el departamento del Cesar pueda hacer frente a los efectos del cambio climático:

⁴⁵ (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)

⁴⁶ (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)

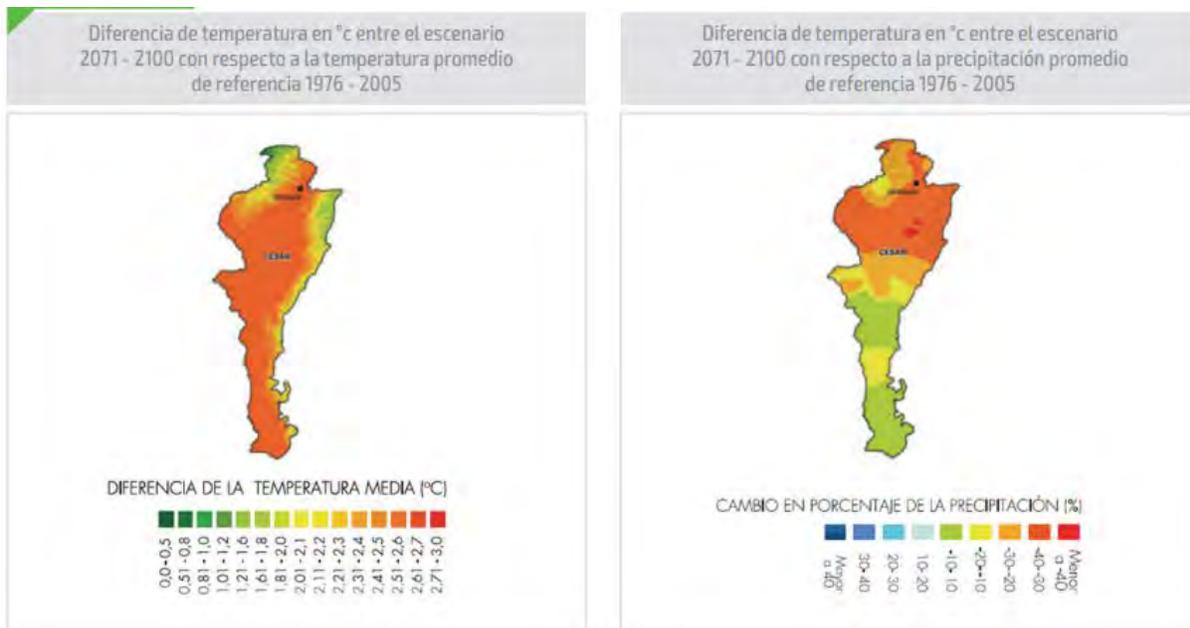
- Promover la agricultura y la ganadería sostenible.
- Educar a la población sobre el cambio climático.
- Fortalecer la cooperación regional e internacional.

Variación de la temperatura a causa del Cambio Climático en el departamento del Cesar

Según el Plan Integral de Gestión de Cambio Climático Territorial del Cesar (PIGCCTC)⁴⁷, la temperatura media anual en el departamento ha aumentado 1,1°C desde 1971. Este aumento se debe al cambio climático, que está provocando un aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

El PIGCCTC proyecta que la temperatura media anual en el Cesar aumentará 2,4°C para 2070. Este aumento tendrá un impacto significativo en el departamento, afectando a la agricultura, la ganadería, la salud humana y los ecosistemas.

Ilustración 102. Escenarios de cambio climático para el departamento del Cesar, según la Tercera Comunicación de Cambio Climático.



Fuente: (Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial , 2020) ⁴⁸

Los siguientes son algunos ejemplos de cómo el aumento de la temperatura está afectando al departamento del Cesar:

- La producción agrícola está disminuyendo debido al estrés por calor.

⁴⁷ (Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial , 2020)

⁴⁸ (Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial , 2020)

- La ganadería está sufriendo debido a la sequía.
- La salud humana está siendo afectada por el aumento de las enfermedades transmitidas por mosquitos.
- Los ecosistemas están cambiando, lo que está afectando a la biodiversidad.

Para hacer frente a los efectos del aumento de la temperatura, el departamento del Cesar está implementando una serie de medidas, como:

- Promover la agricultura y la ganadería sostenible.
- Educar a la población sobre el cambio climático.
- Invertir en infraestructura resiliente al clima.

Sin embargo, estas medidas son insuficientes para hacer frente a los efectos del cambio climático. El departamento necesita el apoyo del gobierno nacional y de la comunidad internacional para hacer frente a este desafío.

A continuación se presentan algunos datos específicos sobre la variación de la temperatura en el departamento del Cesar:

- Temperatura media anual en 1971: 27,3°C
- Temperatura media anual en 2023: 28,4°C
- Proyección de la temperatura media anual para 2070: 30,7°C

Disponibilidad del Recurso Hídrico

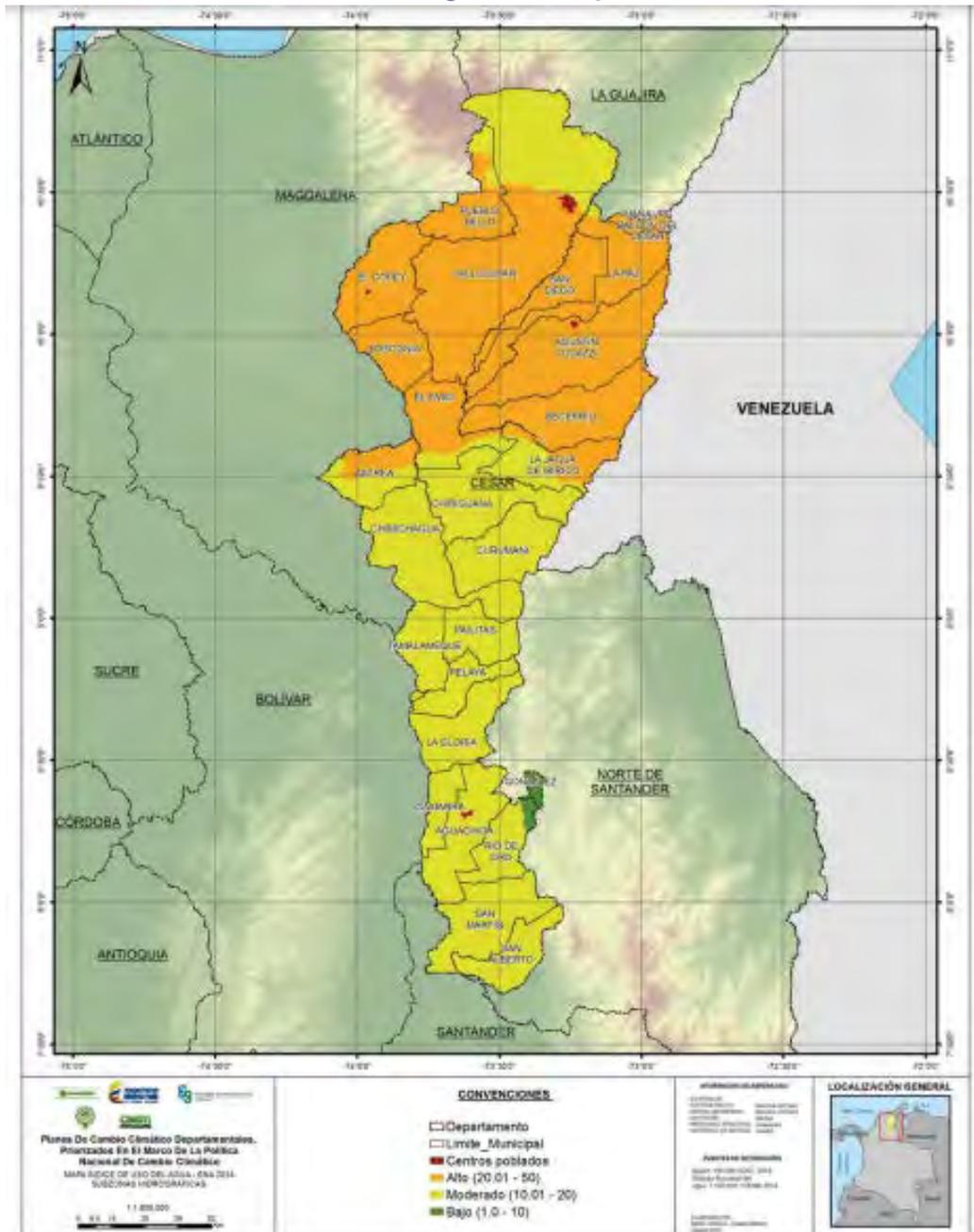
El departamento del Cesar cuenta con fuentes hídricas de gran importancia para sus municipios y la región, en especial las que provienen de los ecosistemas de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá (Páramos y bosques andinos), fuentes que abastecen a 18 municipios donde se localiza la mayor población del Departamento que alimentan el complejo de ciénagas y al río Magdalena suministrando el agua a grandes áreas donde se desarrollan las más importantes actividades agrícolas, industriales y ganaderas del Departamento⁴⁹.

En el territorio se distinguen geográficamente tres grandes cuencas hidrográficas principales; la del río Cesar, la del río Magdalena y la del río Lebrija, las cuales son alimentadas por un número aproximado de 31 subcuencas hidrográficas. Las ciénagas son abundantes en las zonas cercanas al río Magdalena; su función más importante es la de ser un reservorio del recurso hídrico en toda época, lo que ayuda a regular el balance hídrico del ecosistema y el ciclo hidrológico de los ríos Magdalena y

⁴⁹ (Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial , 2020)

Cesar. Mención especial merece la Ciénaga de la Zapatosa, la cual tiene una extensión de 310 km² y es considerada la ciénaga continental más grande de Colombia. La ciénaga de Zapatosa es el mayor cuerpo receptor de aguas del Departamento, su estabilidad depende de la sostenibilidad de las otras ecorregiones⁵⁰.

Ilustración 103. Uso del agua en el departamento del Cesar



Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)⁵¹

⁵⁰ (Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial , 2020)

⁵¹ (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)

El abastecimiento del recurso hídrico en el Departamento es hoy de manera indudable, uno de los aspectos más críticos del cambio climático, tanto para abastecimiento humano, como para el desarrollo productivo.

Se destacan sectores productivos importantes para el PIB departamental, tales como minas y canteras (41 % del PIB), servicios (14 %) y agricultura y ganadería (10%). La disponibilidad hídrica es crítica, las cuencas del Departamento presentan un índice de escasez promedio del 57 % (IDEAM, 2015), situación que se tiende a agravar con los escenarios del cambio climático previstos. Según el IDEAM, el índice de disponibilidad hídrica para el año 2040 en el Departamento, representa una amenaza de alta a muy alta para 9 de los 25 municipios (Valledupar, Agustín Codazzi, Bosconia, El Copey, Gamarra, La Gloria, La Jagua, Manaure y La Paz). El nivel de uso del agua en el 99 % del territorio se califica entre moderado y alto, lo que significa grandes presiones por el recurso⁵².

Cambios en el clima en términos de pluviosidad

Según un estudio realizado por la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR)⁵³, la pluviosidad en la zona donde opera la empresa Drummond en Colombia ha disminuido en los últimos años.

El estudio encontró que la precipitación media anual en la zona ha disminuido de 1.500 mm en 1971 a 1.200 mm en 2023⁵⁴. Esta disminución se debe al cambio climático, que está provocando un aumento de las temperaturas y una disminución de las precipitaciones en la región Caribe de Colombia.

La disminución de la pluviosidad está teniendo un impacto significativo en la zona, afectando a la agricultura, la ganadería y los ecosistemas.

Los siguientes son algunos ejemplos de cómo la disminución de la pluviosidad está afectando a la zona:

- La producción agrícola está disminuyendo debido a la sequía.
- La ganadería está sufriendo debido a la sequía
- Los ecosistemas están cambiando, lo que está afectando a la biodiversidad.

Sin embargo, estas medidas son insuficientes para hacer frente a los efectos del cambio climático. La zona necesita el apoyo del gobierno nacional y de la comunidad internacional para hacer frente a este desafío.

A continuación se presentan algunos datos específicos sobre los cambios en términos de pluviosidad en la zona donde opera la empresa Drummond en Colombia:

- Precipitación media anual en 1971: 1.500 mm

⁵² (Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial , 2020)

⁵³ (Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR, 2023)

⁵⁴ (Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR, 2023)

- Precipitación media anual en 2023: 1.200 mm
- Porcentaje de disminución de la precipitación: 20%
- Factores que están contribuyendo a la disminución de la pluviosidad: Cambio climático
- Impactos de la disminución de la pluviosidad: Disminución de la producción agrícola, la ganadería y la biodiversidad

Indicadores de agua per cápita

Un estudio realizado por la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR)⁵⁵ en 2023 encontró que el agua per capita en la zona donde opera la empresa Drummond en Colombia es de 33 litros por día. Este indicador es inferior al promedio nacional, que es de 50 litros por día⁵⁶.

El estudio también encontró que el acceso al agua potable en la zona es de 90%. Esto significa que el 10% de la población no tiene acceso a agua potable segura⁵⁷.

Los principales factores que están contribuyendo a la escasez de agua en la zona incluyen:

- El cambio climático: El cambio climático está provocando una disminución de las precipitaciones y un aumento de la evaporación, lo que está disminuyendo la disponibilidad de agua.
- El crecimiento de la población: La población de la zona está creciendo rápidamente, lo que está aumentando la demanda de agua.
- La contaminación del agua: La contaminación del agua por actividades humanas, como la minería y la agricultura, está reduciendo la calidad del agua.

Biodiversidad y bienes y servicios ecosistémicos

El Cesar es un departamento que cuenta con importantes ecosistemas estratégicos para el país, 65.300 ha de Bosque Seco Tropical, 55.700 ha de páramos y 54.400 ha de humedales⁵⁸.

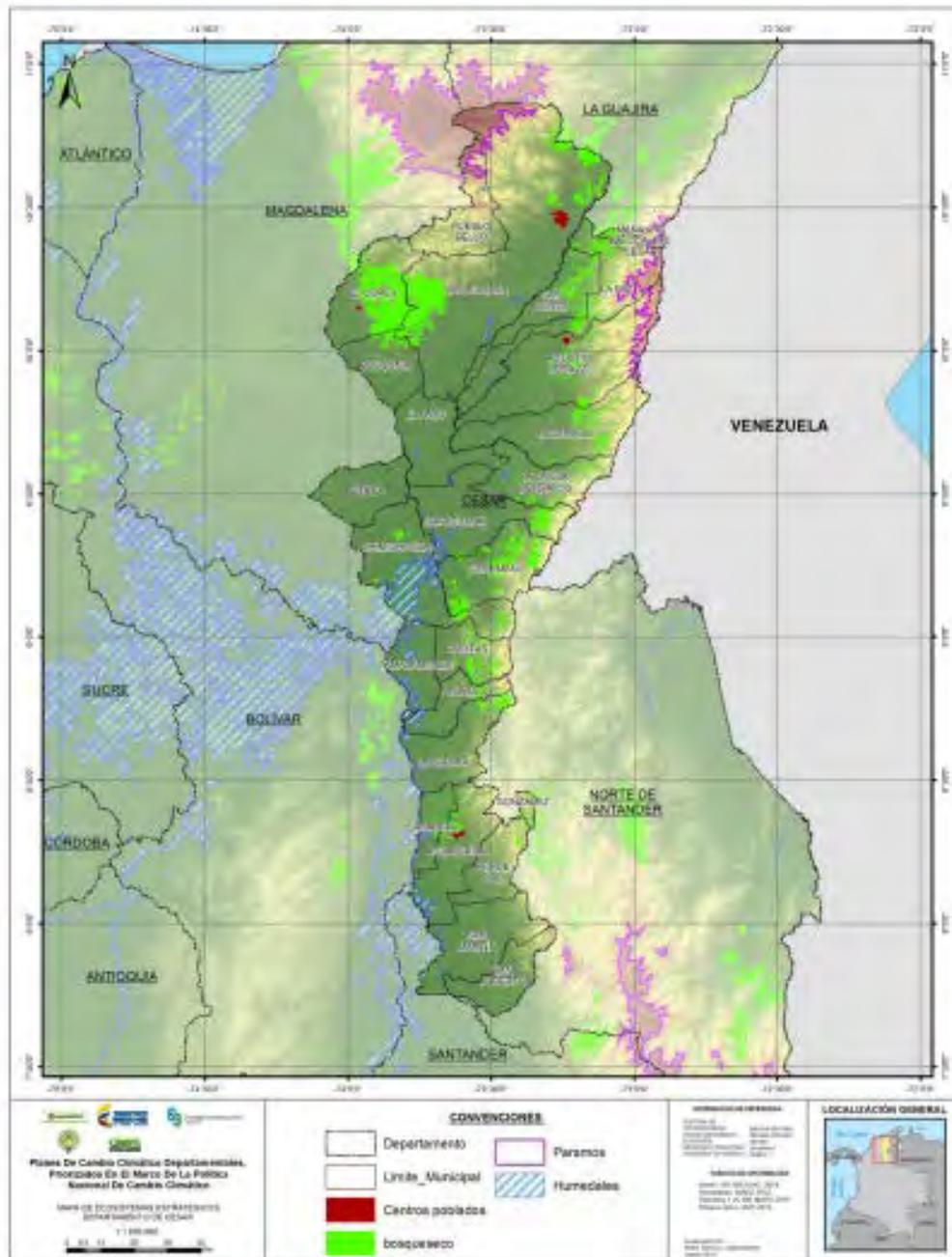
⁵⁵ (Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR, 2023)

⁵⁶ (Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR, 2023)

⁵⁷ (Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR, 2023)

⁵⁸ (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)

Ilustración 104. Ecosistemas estratégicos del departamento Cesar



Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)⁵⁹

La Sierra Nevada de Santa Marta, declarada como Reserva de Biosfera por la UNESCO en 1979, es una ecorregión estratégica reconocida a nivel mundial por su biodiversidad y su riqueza étnica. Asimismo, es fuente de agua, la cual está en riesgo por el deshielo del glaciar a causa del cambio climático. La serranía de Perijá tiene un 70 % de su área incorporada en zona de reserva forestal y es un

⁵⁹ (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)

territorio estratégico de interés binacional por las interacciones biológicas, económicas y sociales con Venezuela⁶⁰.

Estas dos ecorregiones juegan un rol importante en la dinámica biológica y ecosistémica del norte del continente suramericano, toda vez que constituye un corredor altitudinal entre los páramos y las áreas xerofíticas, facilitando además la conectividad entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Cordillera Oriental. En cuanto a flora y fauna, alberga el 19 % de las especies de aves del país y un importante número de mamíferos, reptiles y anfibios; se han reportado 54 endemismos, de los cuales 40 son exclusivos de Colombia (Departamento Nacional de Planeación, 2012). Sobre los Bosques Secos Tropicales, que son uno de los ecosistemas más degradados y amenazados en la región Caribe, han sido identificadas 314 especies vegetales de las cuales 4 están en peligro⁶¹.

Por su parte, la ciénaga de Zapatosa es el espejo de agua dulce más grande del país, su función más importante es la de ser un reservorio del recurso hídrico en toda época; en invierno funciona como zona de amortiguamiento durante los procesos de inundación natural, ayudando a conformar el balance hídrico del ecosistema y el ciclo hidrológico de los ríos Magdalena y Cesar, evitando las inundaciones en muchas áreas de la costa atlántica⁶².

Estos sistemas ejercen por tanto una función especial para la resiliencia de los ecosistemas y sus pobladores ante los efectos del clima cambiante, en especial en épocas de mayores lluvias y en las épocas de sequías. Un gran número de especies de invertebrados, peces, anfibios, reptiles y mamíferos dependen directa o indirectamente de los ciclos de agua del complejo cenagoso para sobrevivir o completar sus ciclos de vida.

Deforestación

Según el IDEAM en su Boletín sobre la Deforestación del año 2022, la deforestación en el departamento del Cesar alcanza 1.100 ha por año (0,56 % del total nacional). El Departamento apenas conserva el 8,4 % de su área en ecosistemas naturales⁶³.

Se estima que los cinco motores de la degradación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos son los cambios en el uso del suelo, degradación de los ecosistemas, introducción de especies, contaminación y cambio climático⁶⁴. Esta problemática se evidenció en las mesas sectoriales, donde se identificó que la degradación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos para el Departamento, está relacionada con la extracción ilegal, los procesos de ampliación de la frontera agrícola, la sobre explotación de las ciénagas, la minería y la construcción de infraestructura.

La estrategia de conservación actual en el Departamento, se fundamenta en la gestión y manejo del sistema departamental de áreas protegidas, que hoy cuenta con tres reservas naturales de la sociedad civil, un parque natural regional y dos parques naturales nacionales. Adicionalmente, se encuentran

⁶⁰ (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)

⁶¹ (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2015)

⁶² (Corporación Autónoma Regional del Cesar, 2017)

⁶³ (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2022)

⁶⁴ (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)

otras figuras complementarias de conservación como las reservas forestales, las reservas indígenas y la Reserva de Biosfera Sierra Nevada de Santa Marta.

Al igual que los sistemas humanos, los ecosistemas y la biodiversidad sufren hoy impactos por la variabilidad y el cambio climático, entre los que se encuentran su desplazamiento altitudinal, la pérdida de hábitat, la extinción de especies, cambios fenológicos, modificación de su estructura, composición y función, así como la pérdida de conectividad.

Indicadores de Bosque per cápita

Según un estudio realizado por la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR)⁶⁵ en el año 2023, el área de bosque per cápita en la zona donde opera la empresa Drummond en Colombia es de 0,27 hectáreas. Este indicador es inferior al promedio nacional, que es de 0,6 hectáreas.

El estudio también encontró que la cobertura boscosa en la zona donde opera la empresa Drummond ha disminuido en los últimos años. En 2013, la cobertura boscosa en la zona era de 48%, pero en 2023 había disminuido a 43%⁶⁶.

Los principales factores que están contribuyendo a la disminución de la cobertura boscosa en la zona son la minería, la agricultura y la ganadería. La minería, en particular, está teniendo un impacto significativo en los bosques, ya que requiere la deforestación de grandes extensiones de tierra para la construcción de minas y carreteras.

La empresa Drummond ha tomado algunas medidas para mitigar el impacto de sus operaciones en los bosques. La empresa ha establecido un programa de reforestación, que ha plantado más de 2 millones de árboles en la zona⁶⁷. La empresa también ha implementado medidas para reducir la contaminación y el impacto ambiental de sus operaciones.

Sin embargo, es necesario tomar medidas más drásticas para proteger los bosques de la zona, como la implementación de un plan de conservación forestal.

A continuación se presentan algunos datos específicos sobre los indicadores de bosque per capita en la zona donde opera la empresa Drummond en Colombia:

- Área de bosque per cápita: 0,27 hectáreas
- Cobertura boscosa: 43%
- Factores que están contribuyendo a la disminución de la cobertura boscosa: Minería, agricultura, ganadería
- Medidas tomadas por la empresa Drummond para mitigar el impacto de sus operaciones en los bosques: Programa de reforestación, medidas para reducir la contaminación y el impacto ambiental

⁶⁵ (Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR, 2023)

⁶⁶ (Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR, 2023)

⁶⁷ (Drummond Ltd., 2022)

- Medidas necesarias para proteger los bosques de la zona: Plan de conservación forestal

Nivel de captura de CO2

Según un estudio realizado por la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR) en 2023, el nivel de captura de CO2 en la zona donde opera la empresa Drummond en Colombia es de 2,5 millones de toneladas por año. Este indicador es inferior al promedio nacional, que es de 3 millones de toneladas por año⁶⁸.

El estudio también encontró que el nivel de deforestación en la zona es de 10.000 hectáreas por año. Esto significa que la zona está perdiendo alrededor de 250.000 árboles por año.

Los principales factores que contribuyen a la baja captura de CO2 en la zona incluyen:

- La deforestación: La deforestación está reduciendo la cantidad de árboles en la zona, que son los principales captadores de CO2.
- El cambio climático: El cambio climático está provocando un aumento de las temperaturas, lo que está reduciendo la capacidad de los árboles para capturar CO2.
- La minería: La minería está liberando CO2 a la atmósfera.

7.10 Análisis Social

Desde la década de los años 80 el Corredor Minero del Cesar ha tenido presencia de explotación de carbón térmico. En este sentido, Drummond Company Inc. adelanta sus operaciones de exploración, explotación y exportación de carbón en el área geográfica de los municipios de El Paso, La Jagua de Ibirico y Chiriguaná. Zona denominada Mina Pribbenow que ha sido el objeto del análisis de este estudio de caso, esta también se conoce como Proyecto Carbonífero La Loma.

Dicha operación efectiva, inició en el año 1995, desde entonces la presencia de Drummond ha sido importante para la economía regional y nacional. Para el periodo comprendido entre los años 2005 (Datos Censo Nacional) con proyección de población a 2020 el comportamiento demográfico de la región reporta como los municipios del denominado corredor minero del Cesar duplicaron su población. La Jagua de Ibirico creció un 138% en el periodo de análisis (15 años), El crecimiento demográfico en El Paso reporta un valor del (101%) este nivel de crecimiento incluye el corregimiento de la Loma, cercano a las operaciones de la compañía y por su parte Chiriguaná creció un (72%). Este comportamiento se asocia básicamente a la actividad minera y a las actividades y servicios conexos que jalanan asentamiento poblacional en la región. A partir de las cifras del Censo 2018 se presenta una corrección del incremento estimado con base en las proyecciones a 2023. Reportando un crecimiento máximo esperado del 121% para la Jagua de Ibirico, 103% para El Paso y 70% para Chiriguaná. El comportamiento gráfico se observa en la siguiente ilustración.

⁶⁸ (Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR, 2023)

Ilustración 105. Crecimiento Poblacional Área de influencia Drummond



Fuente: Datos Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

A lo largo de los casi treinta años de operación minera las transformaciones generadas por los cambios en la actividad minera no solo desde la perspectiva de reconfiguración del paisaje y sobre la biodiversidad regional, se ha generado una alta dependencia de los ingresos locales de la producción del carbón, esto posiciona la diversificación productiva como un tema estratégico en el futuro desarrollo de las comunidades en las áreas de influencia del proyecto La Loma.

Otra consideración importante a tomar en cuenta, es que en los último años se ha presentado en todo el Corredor Minero del Cesar una desaceleración económica con importantes impactos sociales, ambientales y económicos en toda la región, es allí donde las estrategias que implementen las empresas deben contemplar la posibilidad de generación de ingresos futuros para los pobladores que no dependan de manera directa de la operación minera.

En este contexto, la empresa Drummond impacta de manera positiva a diversas comunidades campesinas asentadas en el área de influencia, ocupando un rol central en el mejoramiento de sus condiciones de vida a partir del desarrollo de Sistemas Agroforestales que involucran actualmente 25 predios y 43 familias de la región, con miras a la recuperación de conectividad de la Subcuenca del

Arroyo San Antonio en la parte baja de la Serranía del Perijá, donde las familias adicionalmente al desarrollo de proyectos productivos diversificados incluyen la siembra de especies nativas a partir de viveros transitorios ubicados en sus propios predios .

Por otra parte, asociado a las operaciones de la compañía existe la obligación de realizar rehabilitación ambiental a las áreas de intervención minera y compensaciones ambientales por el uso del territorio y afectaciones a la biodiversidad. En este sentido, se viene trabajando en varias iniciativas que buscan generar la restauración y mejoramiento de los servicios ecosistémicos regionales a partir de la promoción de prácticas de producción sostenible involucrando de manera directa a las comunidades locales a través de la figura de Protectores ambientales, estimulando cambios en las prácticas locales tales como las quemas y la tala de bosques.

Ilustración 106. Viveros Transitorios y Siembra de especies nativas en zonas de compensación



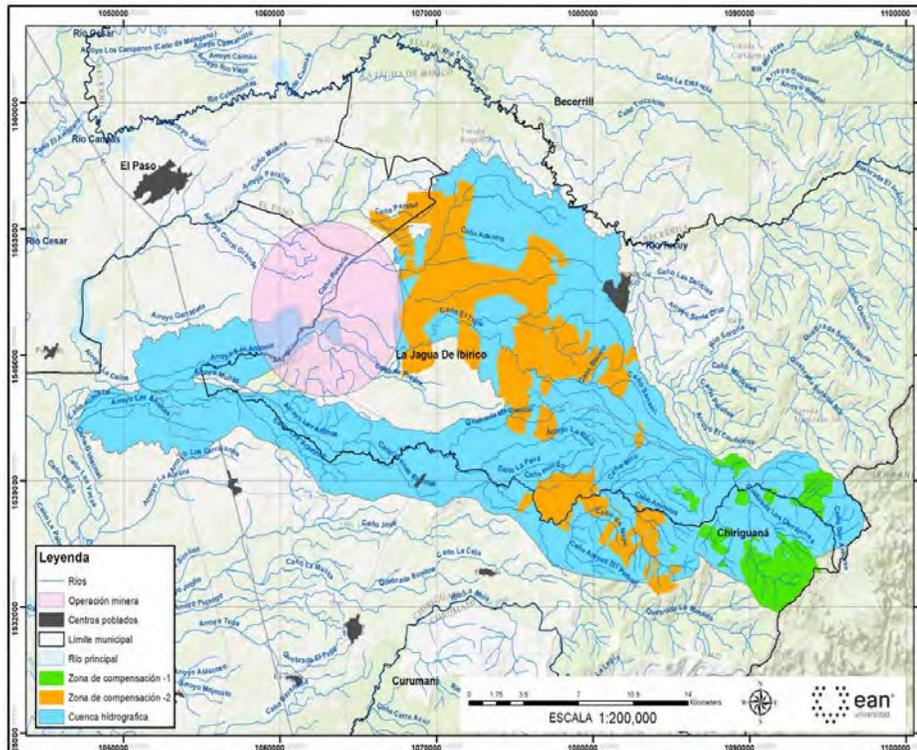
Fuente: Registro fotográfico visita de campo EAN 2023

El ejercicio de compensaciones se ha desarrollado en dos zonas:

Zona 1 : Compensación por pérdida de biodiversidad

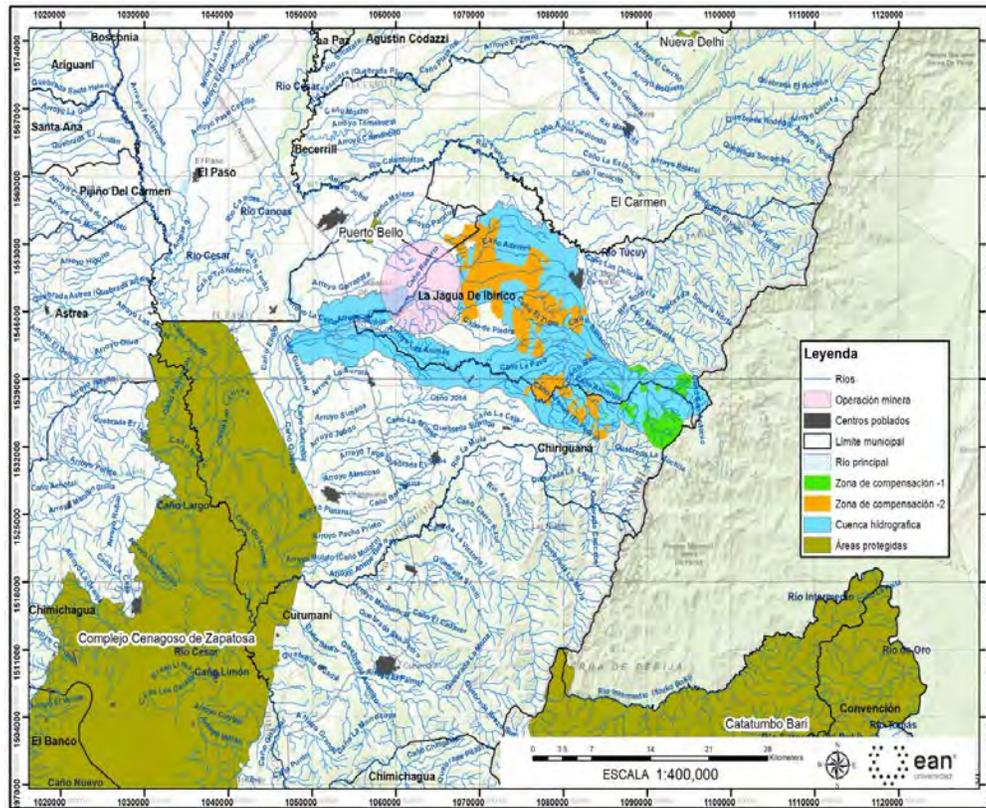
Zona 2 Compensación forestal proyecto La Loma (Zona Baja de la Serranía del Perijá) (Programa de compensación forestal Subcuenca del Arroyo San Antonio)

Ilustración 107. Zonas de compensaciones proyecto la Loma, Mina Pribbenow



El ejercicio pretende lograr una futura recuperación de conectividad mediante procesos de cierre de las operaciones mineras de la compañía a partir de compensaciones que permitan crear un corredor ecosistémico entre la Serranía del Perijá y el complejo de la Ciénaga de Zapatoza.

Ilustración 108. Zonas de compensaciones futura conectividad ecosistémica entre áreas protegidas regionales



Fuente: Elaboración EAN 2023

8. Caso Cerro Matoso - Ferroníquel - Cuenca Alta del Río San Jorge

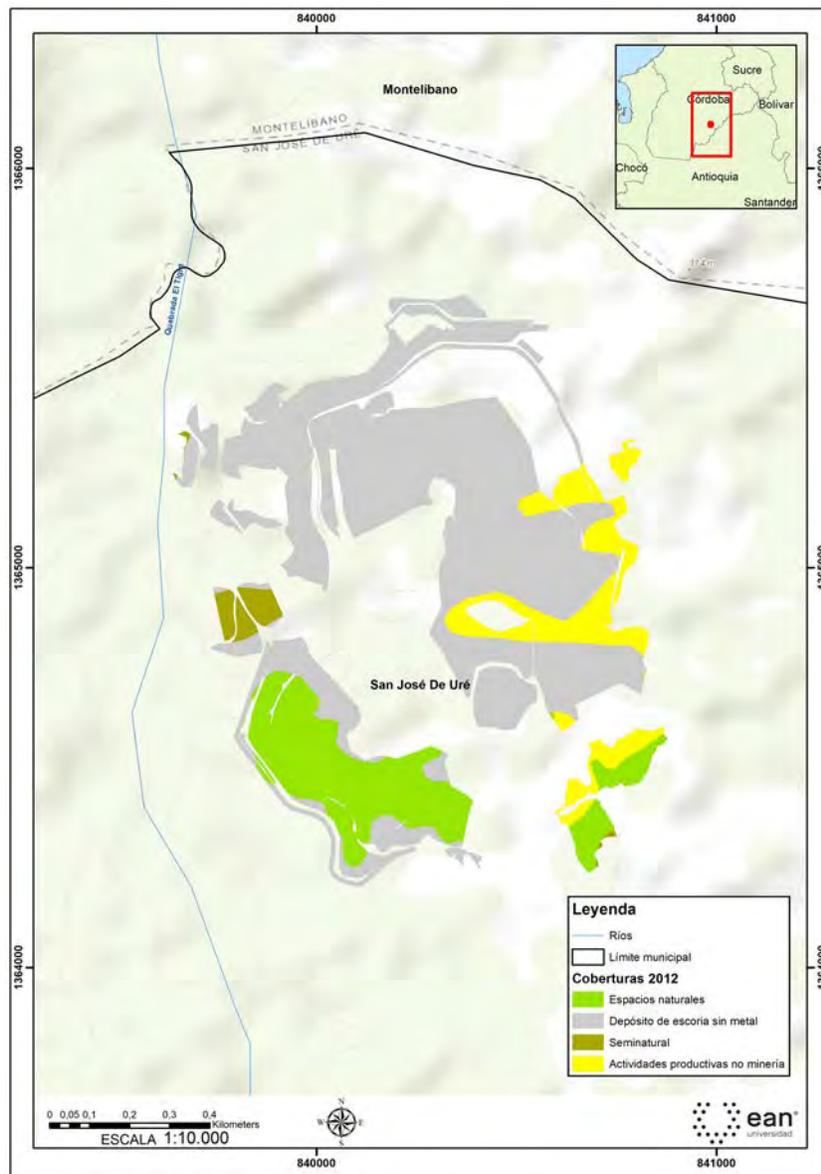
8.1 Cambio de coberturas Zona de Rehabilitación (Sajana - Depósito de Escoria sin metal)

En el año 2012 la zona de Sajana ya era un área de disposición de residuos mineros (depósitos de escoria), pues cerca del 50% estaba ocupada por dichos espacios. Sin embargo, también se puede observar la heterogeneidad del paisaje, ya que también había presencia de coberturas seminaturales, espacios naturales y algunos parches de pastos, entre estos últimos tres ocupaban aproximadamente el otro 50 % de la zona.

Tabla 35. Cambio de coberturas Sajana

Cobertura	2012		2019		2022	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Minería (disposición de residuos)	49,90	68,6	62,84	86,35	21,73	29,86
Seminatural	1,58	2,18	4,52	6,22	42,09	57,84
Espacios naturales	13,22	18,2				
Actividades productivas	8,07	11,1	5,41	7,43	8,95	12,30
TOTAL	72,77	100	72,78	100	72,78	100

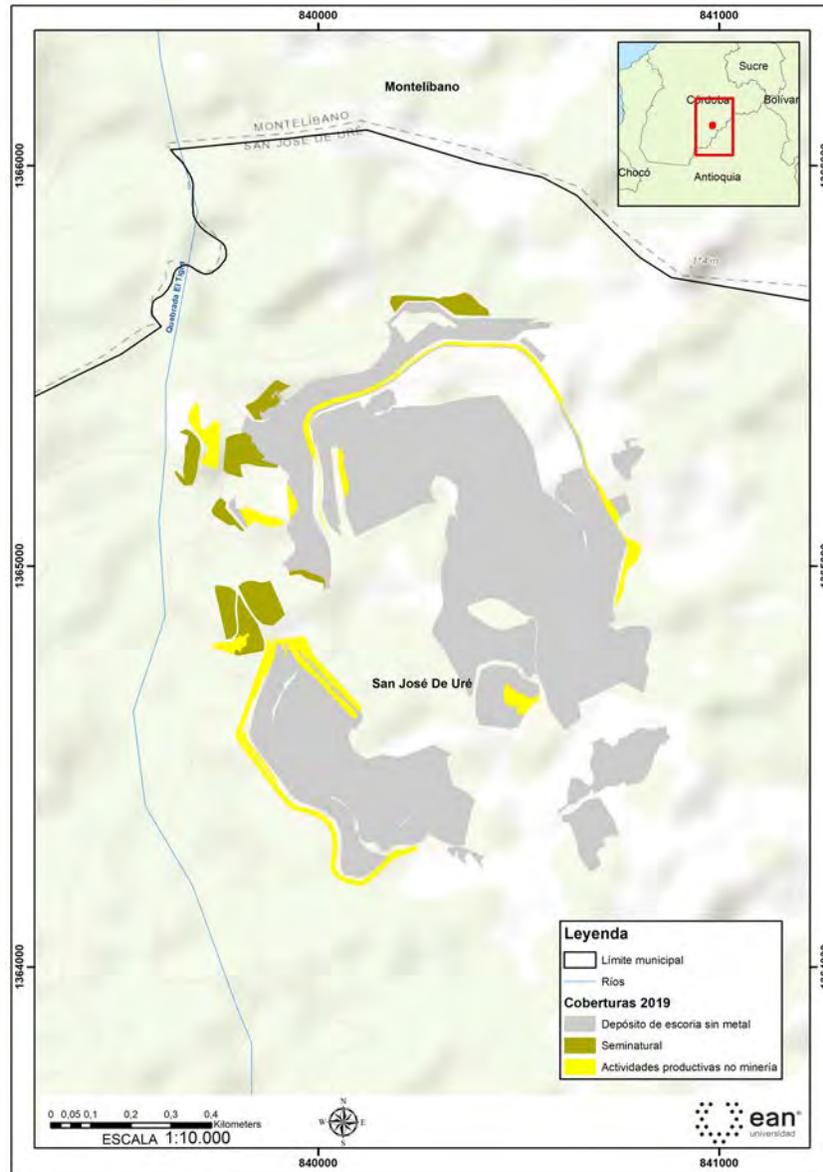
Ilustración 109. Coberturas Sajana 2012



Fuente: Elaboración EAN 2023

Para el año 2019 se evidencia un aumento de las zonas de disposición de residuos mineros, llegando a ocupar casi el 87% de Sajana, los pastos disminuyen al igual que las coberturas naturales dándole espacio a las áreas de residuos mineros. También se observa un pequeño incremento de las coberturas seminaturales, quizá producto de la intervención con intenciones de recuperación ecosistémica.

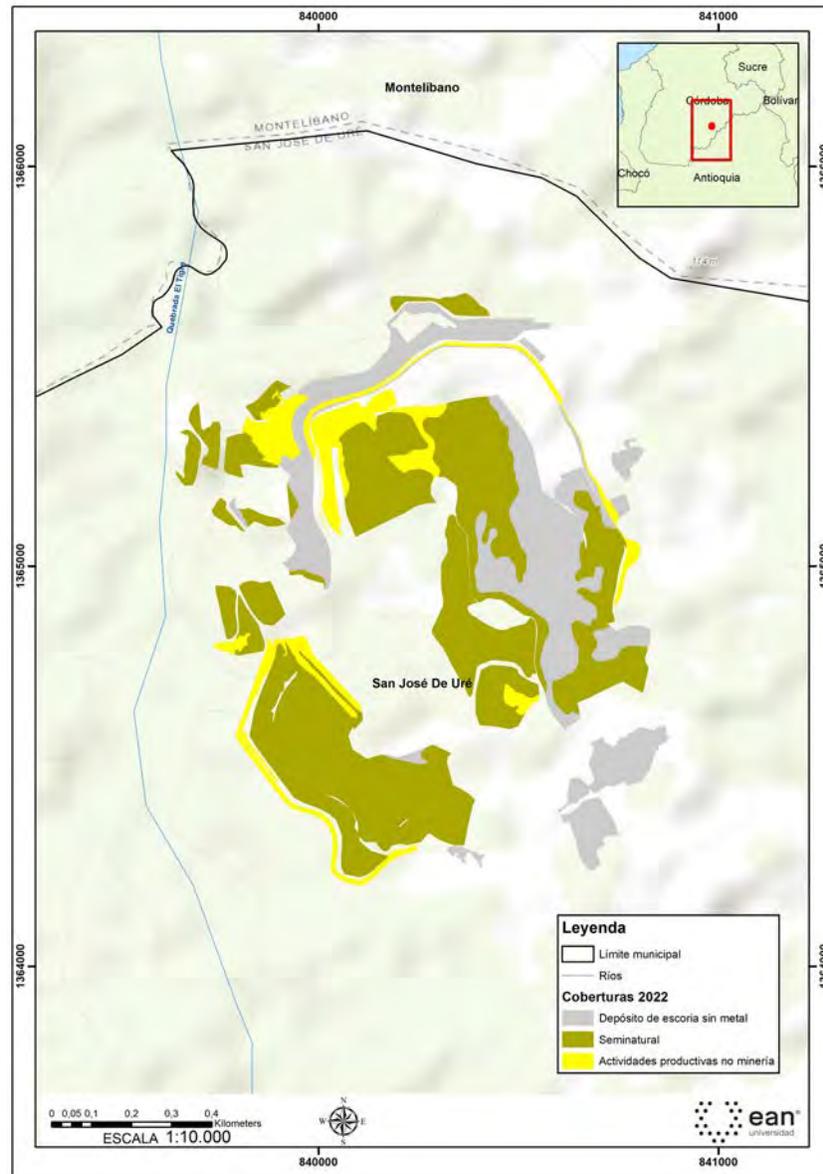
Ilustración 110. Coberturas Sajana 2019



Fuente: Elaboración EAN 2023

En el año 2022 la configuración espacial del paisaje es parcialmente diferente, pues se observa que las zonas de disposición de residuos mineros ocupa cerca del 30% de Sajana, mientras que las coberturas seminaturales ocupan aproximadamente el 60 %, lo que quiere decir que existió un aumento de casi 36 ha en zonas donde se implementaron acciones de rehabilitación. Por su parte, los pastos aumentan también en casi 4 ha, indicado distintos estadios de los procesos de rehabilitación.

Ilustración 111. Coberturas Sajana 2022

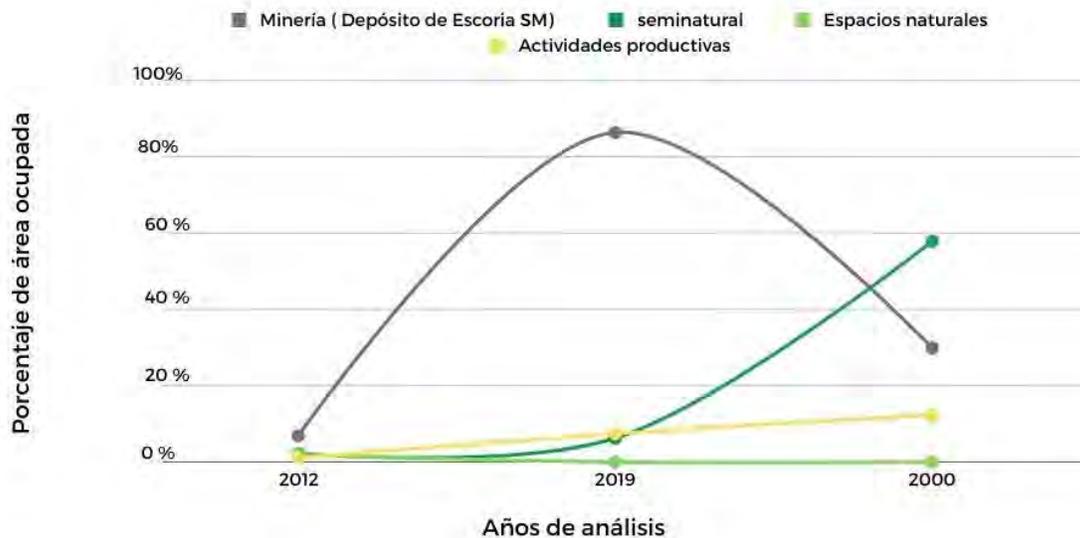


Fuente: Elaboración EAN 2023

En conclusión, Sajana fue una zona destinada para la disposición de residuos mineros, pero que con el transcurso del tiempo ha tenido distintos tipos de intervenciones encaminadas a la recuperación de la capa vegetal. En el año 2019 se observa los primeros resultados estos ejercicios, evidenciados con algunos parches de coberturas seminaturales como la vegetación secundaria o en transición. Ya en el año 2022 existe un predominio de las coberturas seminaturales, indicando claramente las acciones de éxito en los procesos de rehabilitación ecosistémica, pues casi el 60 % de Sajana corresponden a este tipo de coberturas. Por su parte, los pastos ocupan el 12 % de la zona producto de las etapas iniciales de la rehabilitación ecosistémica.

Ilustración 112. Cambio tendencial de la principales coberturas en Sajana

Cambio tendencial de coberturas Sajana - Depósito de escoria sin metal



Fuente: Elaboración EAN 2023

Indicadores de cambio Sajana

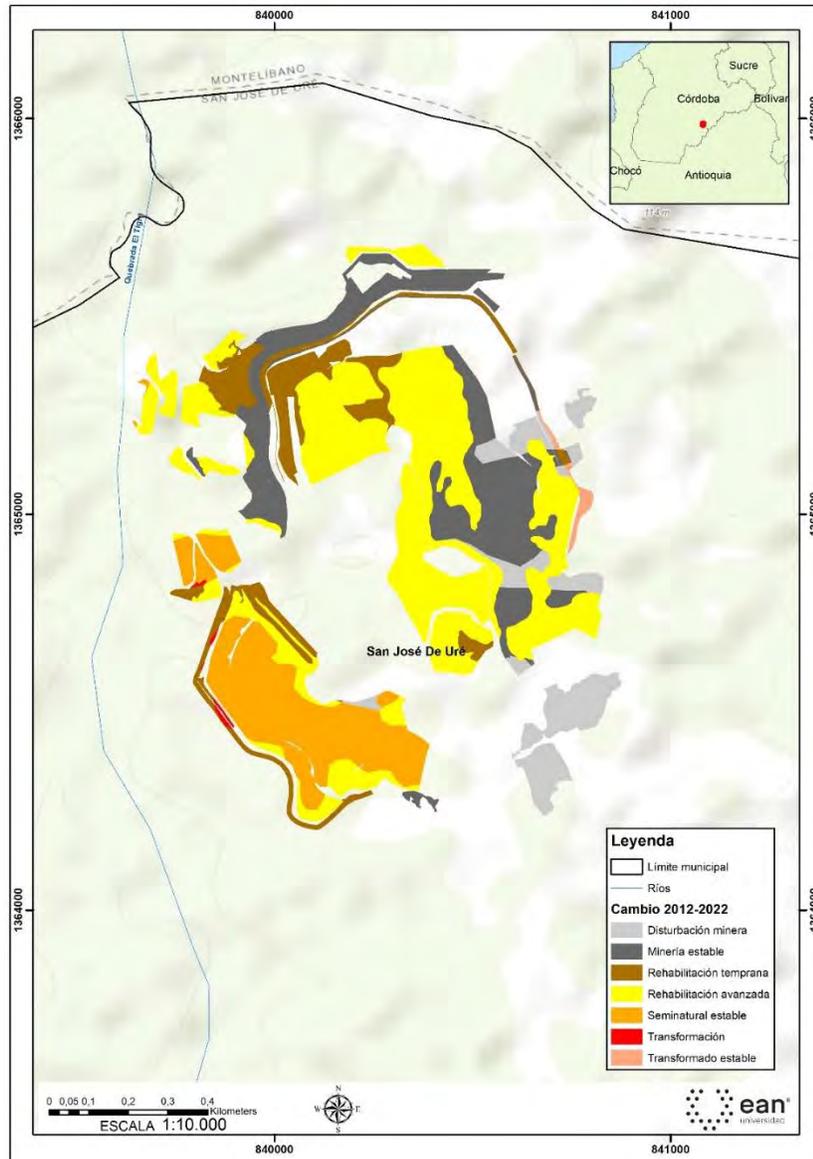
Entre el año 2012 y 2022, dentro Sajana se identificaron siete indicadores de cambio, los cuales evidencian una dinámica de transformación muy variada, principalmente los indicadores de rehabilitación son los que registran un mayor porcentaje, mostrando que el 51% de Sajana se ha recuperado a coberturas seminaturales y a primeros estadios de este tipo de procesos.

Tabla 36. Indicadores de cambio de coberturas en Sajana

Indicadores de cambio	Cambio 2012-2022	
	Área (ha)	%
Disturbación minera	6,91	9,50
Minería estable	14,82	20,36
Seminatural estable	12,36	16,98
Transformado estable	0,44	0,61
Rehabilitación temprana	8,33	11,45
Transformación	0,17	0,24
Rehabilitación avanzada	29,74	40,86
TOTAL	72,78	100

Fuente: Elaboración EAN 2023

Ilustración 113. Mapa Indicadores de cambio de coberturas en Sajana

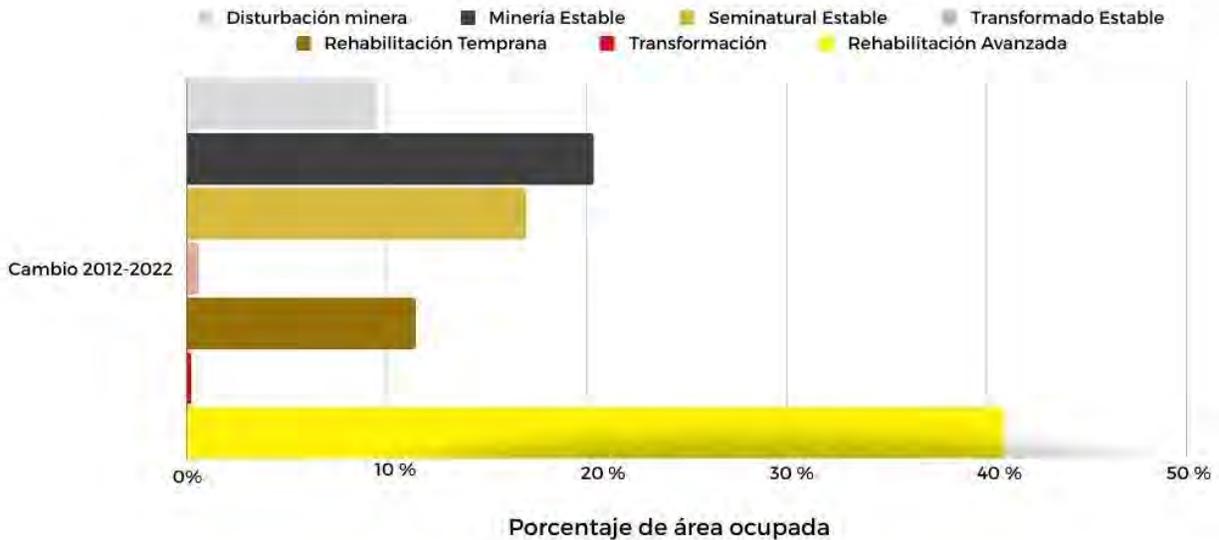


Fuente: Elaboración EAN 2023

Entre los indicadores de rehabilitación temprana y rehabilitación avanzada suman casi 39 ha, el primero muestra básicamente coberturas seminaturales como vegetación secundaria o en transición, resultados de éxito de las distintas intervenciones sobre el territorio, mientras que las segundas son principalmente los pastos indicando los primeros estadios de dichos procesos.

Ilustración 114. Gráfico Indicadores de cambio de coberturas en Sajana

Indicadores de cambio de coberturas Sajana - Depósito de escoria sin metal



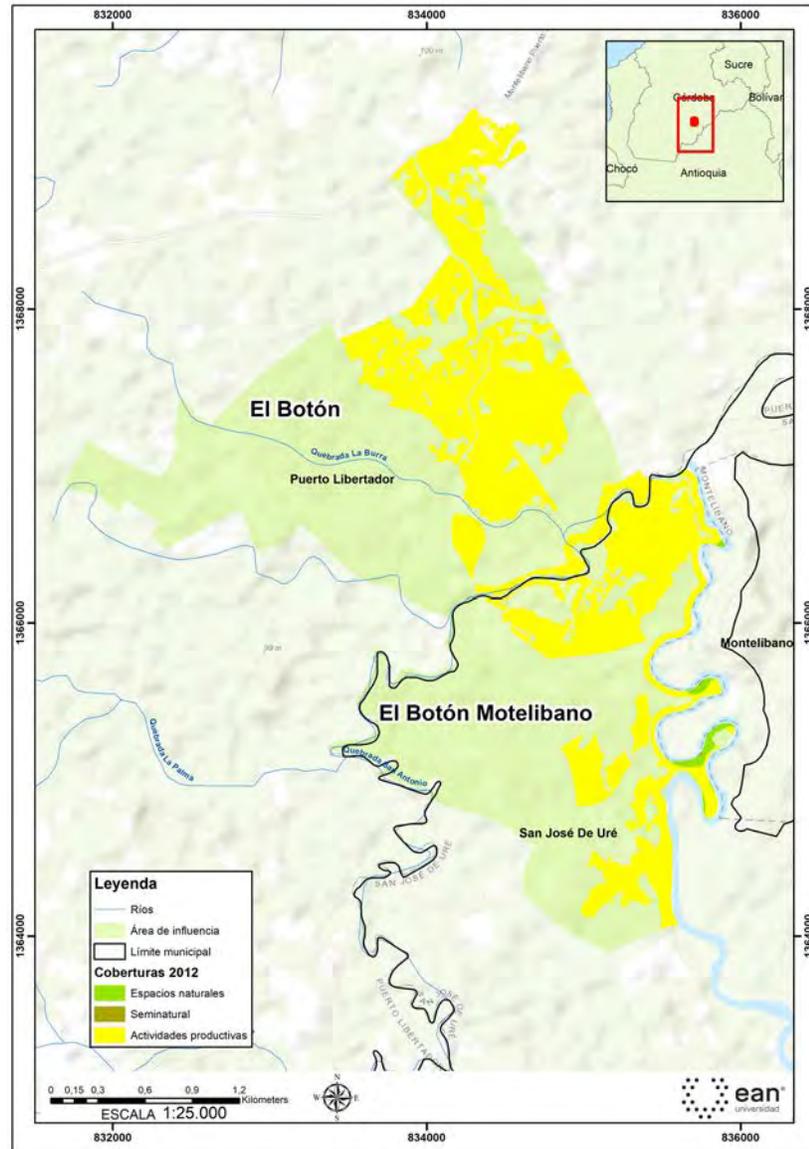
Fuente: Elaboración EAN 2023

También son de destacar los indicadores de disturbación minera y minería estable, los cuales indican que aún existen zonas de disposición de residuos mineros, pues al año 2022 ocupan cerca del 30 % Sajana lo que corresponde a casi 30 ha.

8.2 Cambio de coberturas área de compensación El Botón y El Botón Montelíbano

En la zona de compensación para el año 2012 no se evidenciaba ningún tipo de intervención para la recuperación ecosistémica, por el contrario existía un predominio de las coberturas asociadas a la actividad agropecuaria como los pastos y cultivos (266 ha). Las coberturas naturales y seminaturales estaban principalmente relacionadas a los ríos y a la vegetación riparia Ilustración 113.

Ilustración 115. Coberturas zona de compensación para el año 2012



Fuente: Elaboración EAN 2023

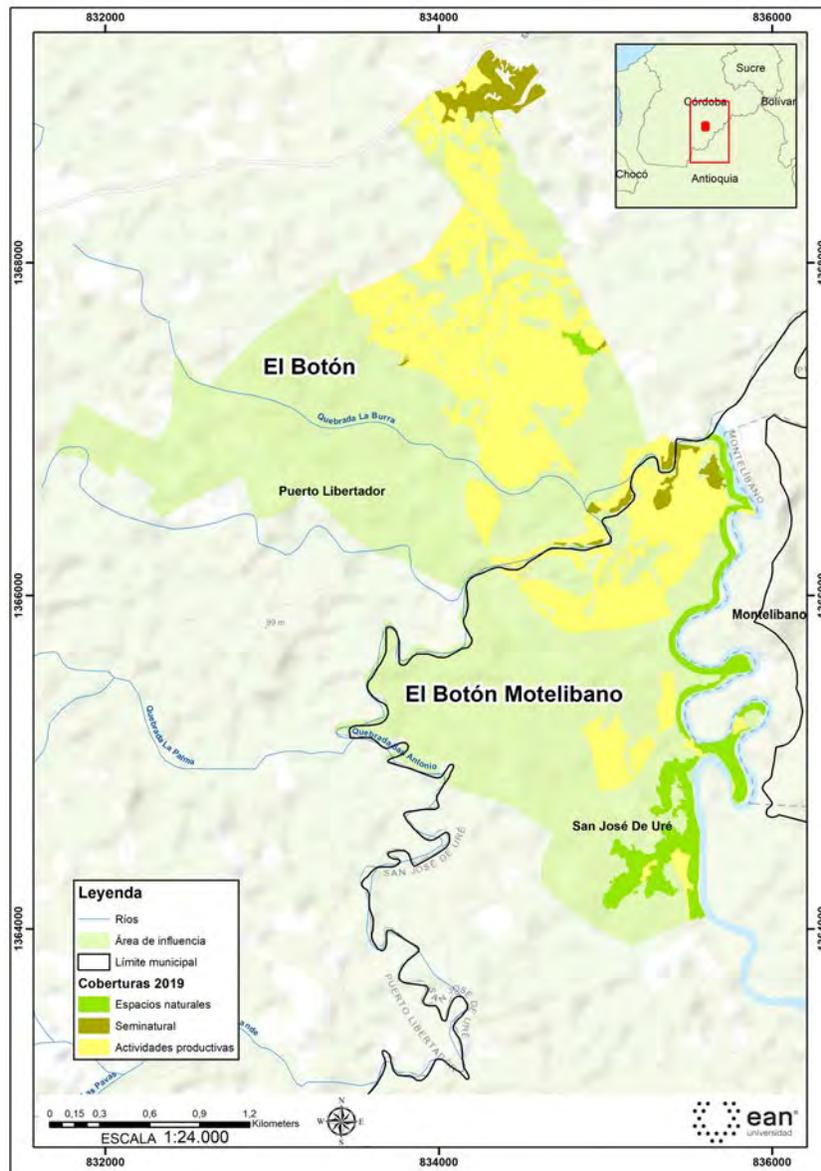
Tabla 37. Cambio de coberturas en zona de compensación

Cobertura	2012		2019		2022	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Seminatural	0,10061	0,04	17,6	6,52	129,48	48,0
Espacios naturales	3,14	1,16	38,30	14,2	41,16	15,3
Actividades productivas	266,60	98,8	213,84	79,3	99,20	36,8
TOTAL	269,84	100	269,74	100	269,84	100

Fuente: Elaboración EAN 2023

Para el año 2019 las coberturas de pastos limpios disminuyen en cerca 50 ha, dándole paso a la aparición de coberturas naturales y seminaturales, las primeras relacionadas principalmente a los bosques de galería (38 ha) y las segundas a la vegetación secundaria o en transición (17 ha).

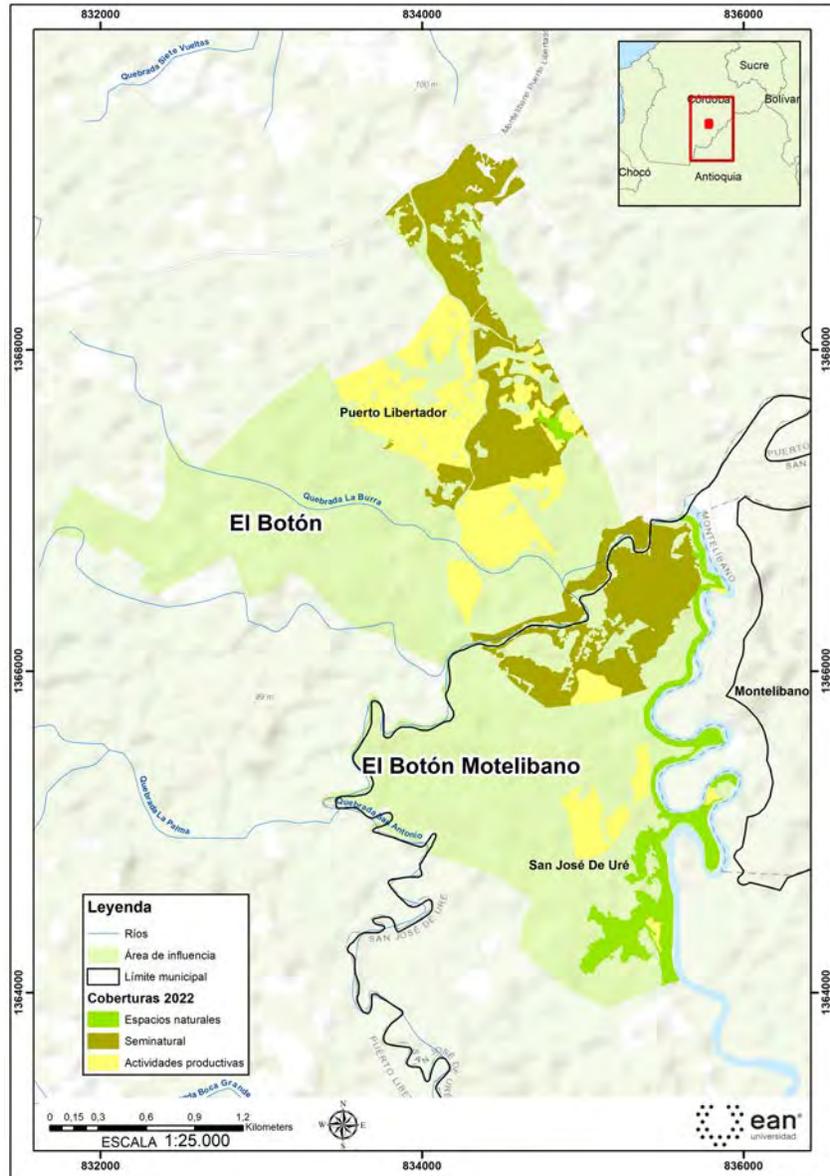
Ilustración 116. Coberturas zona de compensación para el año 2019



Fuente: Elaboración EAN 2023

En el año 2022, las coberturas naturales en especial los bosques de galería con 41 ha se mantienen ocupando casi la misma área, con un incremento de 3 ha aproximadamente. Las coberturas relacionadas a la actividad agropecuaria como los patos limpios, disminuyen notoriamente llegando a ocupar cerca del 37 % de la zona de compensación. Por su parte, las coberturas seminaturales, producto de procesos de restauración y recuperación ecosistémica ocupan aproximadamente el 50% de la zona, con 130 ha.

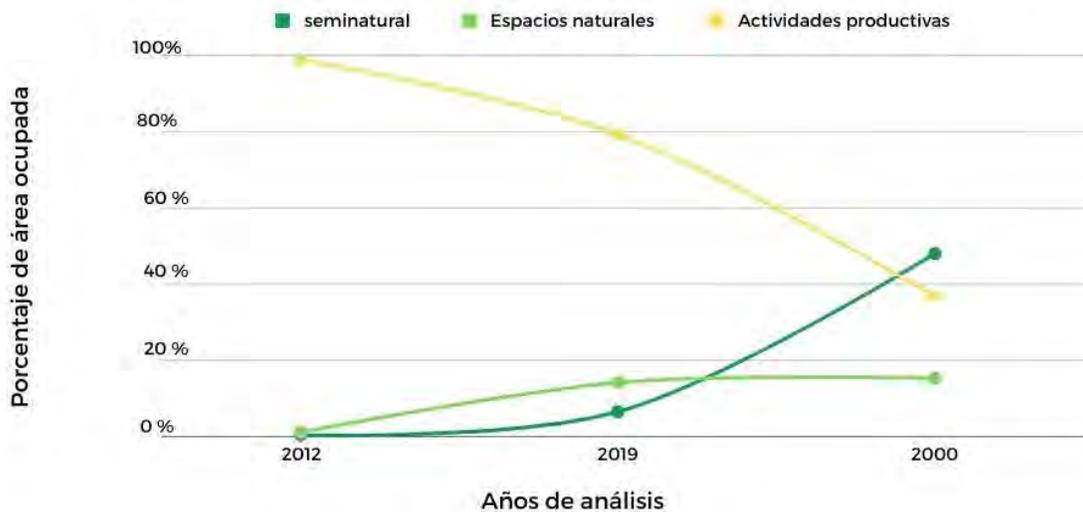
Ilustración 117. Coberturas zona de compensación para el año 2022



Fuente: Elaboración EAN 2023

Ilustración 118. Cambio tendencial de la principales en zona de compensación

Cambio tendencial de coberturas Zona de compensación El Botón- El Botón Montelíbano



Fuente: Elaboración EAN 2023

En conclusión, la zona de compensación en su línea base de análisis (2012) fue un área destinada casi en su totalidad a las actividades productivas en especial a la agropecuaria, en donde predominaban los pastos limpios. En el año 2015 se empieza a evidenciar los resultados de acciones de recuperación ecosistémica, con la aparición de coberturas naturales y seminaturales, es especial los bosques de galería. Ya en el año 2022 se observa claramente que la zona de compensación es un paisaje natural con predominio de coberturas seminaturales producto de acciones de restauración, que aportan a la recuperación de los atributos de composición, estructura y función contribuyendo además a la conectividad ecosistémica.

Indicadores de cambio

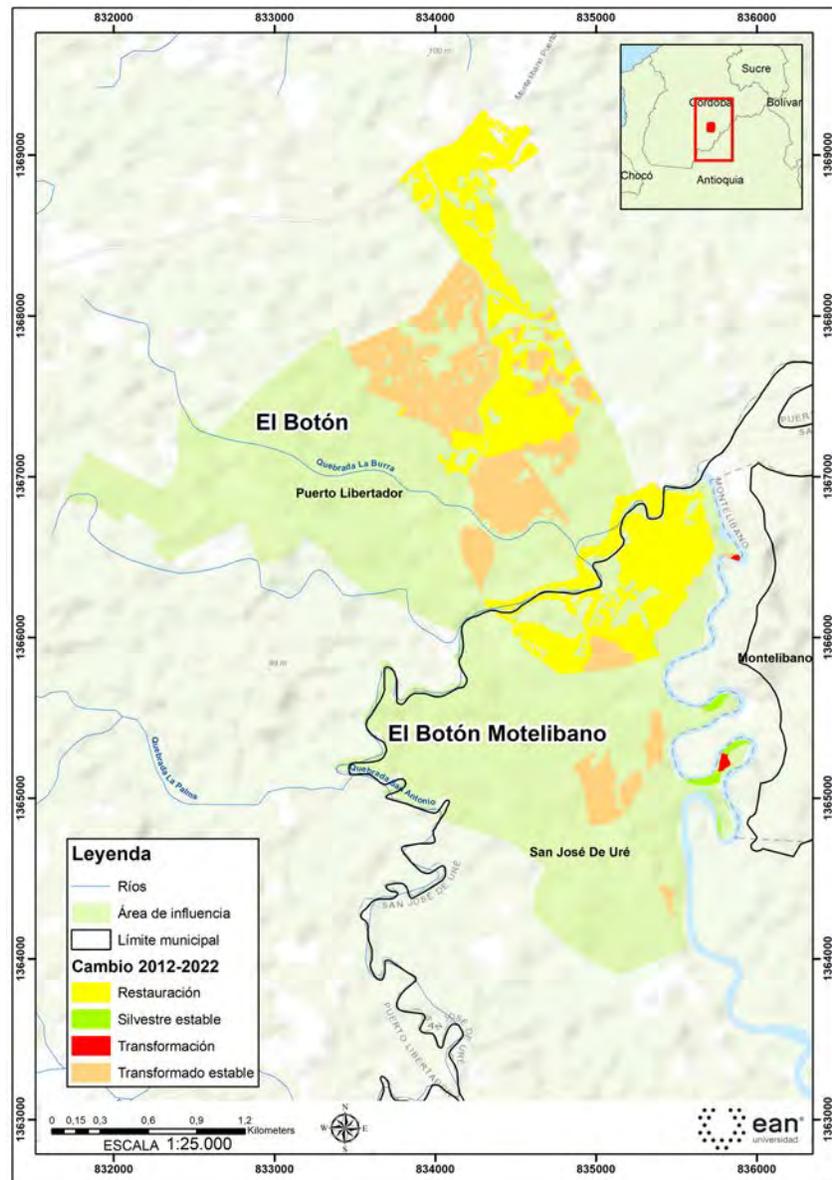
Entre el año 2012 y 2022, dentro de la zona de compensación se identificaron cuatro indicadores de cambio, los cuales evidencian una dinámica de transformación tendiente a la recuperación ecosistémica.

Tabla 38. Indicadores de cambio de zona de compensación

Indicadores de cambio	Cambio 2012-2022	
	Área (ha)	%
Transformado estable	98,52	36,51
Silvestre estable	2,47	0,92
Transformación	0,69	0,25
Restauración	168,17	62,32
TOTAL	269,84	100

Los indicadores de restauración y transformado estable son los más notables, el primero evidencia las acciones de recuperación ecosistémica, pues 168 ha de la zona de compensación son áreas restauradas. Por su parte, el indicador transformado estable ocupa aproximadamente 100 ha, lo cual quiere decir que la zona de compensación tienen aún un potencial para ejecutar acciones encaminadas a restablecer los atributos de composición, estructura y función, lo cual permitirá el flujo ecológico entre distintos ecosistemas estratégicos de la región.

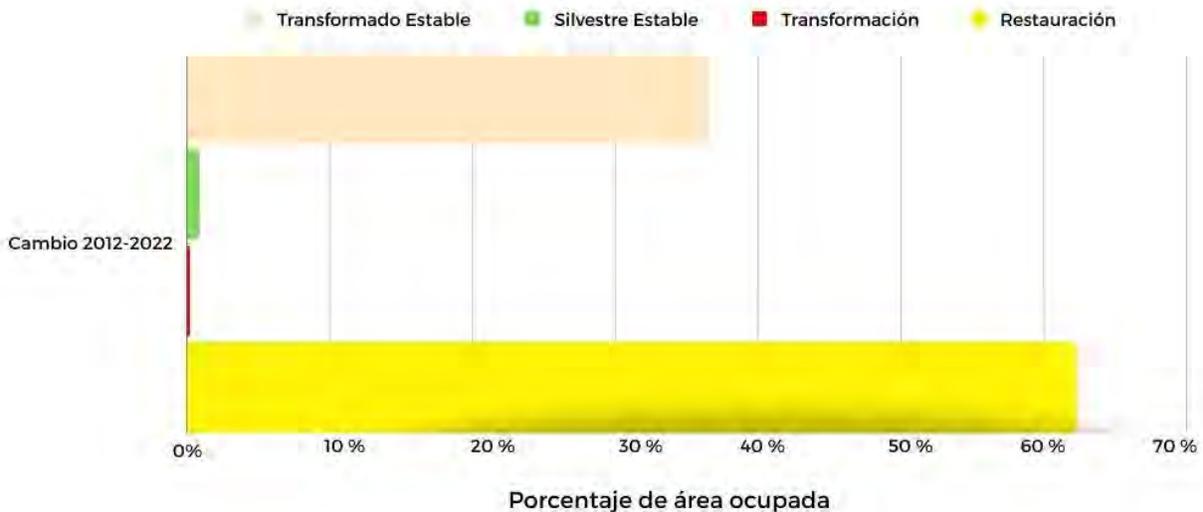
Ilustración 119. Mapa de indicadores de cambio en zonas de compensación



Fuente: Elaboración EAN 2023

Ilustración 120. Gráfico indicadores de cambio de coberturas en zona de compensación

Indicadores de cambio de coberturas Zona de compensación El Botón - El Botón Montelíbano



Fuente: Elaboración EAN 2023

8.3 Análisis de biodiversidad en áreas de rehabilitación

Como se evidencia en los análisis de paisaje y cambio de coberturas, la Empresa Cerromatoso South 32, ha venido adelantando acciones de restauración ecológica, orientadas a la recuperación de los ecosistemas de las áreas de explotación minera y de áreas complementarias definidas dentro de las obligaciones ambientales y de licenciamiento, que buscan recuperar coberturas transformadas por áreas para la conservación y protección de los recursos naturales, teniendo como ecosistema de referencia en la región, el bosque seco tropical de la región Caribe y el bosque Húmedo tropical del zonioma Húmedo Tropical Magdalena medio y depresión momposina.

Para realizar el análisis del componente biológico de las acciones adelantadas y de acuerdo con la información disponible, se tomó como base información extraída del Sistema Global de Información de Biodiversidad GBIF (por sus siglas en inglés) relacionada con reportes de biodiversidad en el área de análisis, circunscrita a los polígonos donde se evaluaron los indicadores de paisaje y que corresponde a las áreas donde la empresa ha concentrado sus esfuerzos de recuperación y rehabilitación ecológica. Igualmente se utilizó información brindada por la empresa, respecto de especies de flora, utilizadas en dichos procesos de restauración.

Inicialmente es importante señalar, como se expuso en el capítulo de marco conceptual, que las acciones de restauración tienen un fundamento teórico y un marco normativo, legal y de gestión que es importante tener en cuenta a la hora de emprender actividades dirigidas a la recuperación de ecosistemas, si bien en este caso las mismas están dirigidas a dar cumplimiento a las definiciones asociadas al licenciamiento ambiental y a la mitigación y compensación de impactos ambientales producto de las actividades de minería y extracción de ferro níquel en este caso.

Una vez consultada la información de biodiversidad que se aloja en el GBIF para el área objeto de estudio, se encontró que la misma contiene 437 registros de los cuales 160 corresponden al reino Fungi y 277 corresponden al reino vegetal. De acuerdo a este balance y entendiendo la importancia de la vegetación terrestre en los procesos de rehabilitación asistida o recuperación pasiva de los ecosistemas, nos centraremos inicialmente en analizar la información de las plantas reportadas en el GBIF. A continuación, se presenta la tabla de especies organizadas por familia y género correspondiente a los 277 registros de biodiversidad de plantas en el área de estudio.

Tabla 39. Especies de plantas reportadas en GBIF en áreas de recuperación minera de la empresa Cerromatoso

Familia	Género	Especie	Nombre Común	Individuos
Anacardiaceae	Spondias	Spondias mombin	Jobo o Mango Papaya	2
	Tapirira	Tapirira guianensis	Fresno, cedrillo	3
Annonaceae	Annona	Annona purpurea	Nanirote, soncoya, cabeza de negro o toreta	1
Asteraceae	Chromolaena	Chromolaena odorata	Albahaquilla de Cuba, rompe saragüey	22
	Vernonanthura	Vernonanthura patens	Tuete	1
Brachytheciaceae	Brachythecium	Indeterminada		1
Bromeliaceae	Tillandsia	Tillandsia elongata	Bromelia	6
	Tillandsia	Tillandsia flexuosa	Bromelia	4
Calymperaceae	Calymperes	Calymperes afzelii		5
	Calymperes	Indeterminada		7
Chrysobalanaceae	Parinari	Parinari pachyphylla	Pereuétano Pereguétano	1
Cochlospermaceae	Cochlospermum	Cochlospermum vitifolium	Rosa amarilla	4
Cordiaceae	Cordia	Cordia alliodora	Laurel blanco, nogal cafetero	1
Cyperaceae	Cyperus	Cyperus odoratus	Cyperus	1

Familia	Género	Especie	Nombre Común	Individuos
	Rhynchospora	Rhynchospora nervosa	Estrellita blanca inversa	2
Fabaceae	Cassia	Cassia grandis	carao, cañafistula, cimarrona	4
	Desmodium	Indeterminada		1
	Enterolobium	Enterolobium cyclocarpum	Piñón de oreja, orejero,	2
	Mimosa	Indeterminada		1
	Schizolobium	Schizolobium parahyba	Tambor	1
	Senna	Indeterminada		3
Fabroniaceae	Fabronia	Indeterminada		1
Fissidentaceae	Fissidens	Fissidens intramarginatus		4
Hypericaceae	Vismia	Vismia baccifera	Carate	11
Lamiaceae	Gmelina	Gmelina arborea	Melina	6
	Tectona	Tectona grandis	Teca	1
	Vitex	Vitex capitata		1
	Vitex	Vitex cymosa	Taruma, pechiche o, aceituno	1
Lauraceae	Nectandra	Indeterminada		5
Lejeuneaceae	Acrolejeunea	Acrolejeunea torulosa		6
	Lejeunea	Indeterminada		19
Malpighiaceae	Byrsonima	Byrsonima spicata	Maricao	1
Malvaceae	Guazuma	Guazuma ulmifolia	Guácimo	17
	Luehea	Luehea seemanii	Guácimo colorado	11
	Pseudobombax	Pseudobombax septenatum	Ceiba verde	2
	Triumfetta	Triumfetta mollissima		2
Melastomataceae	Miconia	Miconia impetolaris	Miconia	5
	Miconia	Miconia serrulata	Miconia	12
Myrtaceae	Myrcia	Indeterminada		3
Octoblepharaceae	Octoblepharum	Octoblepharum albidum		5

Familia	Género	Especie	Nombre Común	Individuos
	Octoblepharum	Indeterminada		4
Orchidaceae	Trichocentrum	Indeterminada		2
Phyllanthaceae	Phyllanthus	Phyllanthus attenuatus	Candelo	1
Piperaceae	Piper	Piper aduncum	Matico	18
	Piper	Piper marginatum	Higuillo oloroso, oloroso	6
Poaceae	Digitaria	Digitaria bicornis	Zacate pata de gallina	2
	Urochloa	Urochloa eminii		1
Pottiaceae	Hyophila	Hyophila involuta	Musgo	12
Rubiaceae	Amaioua	Amaioua glomerulata		1
	Chomelia	Chomelia spinosa	Malacahuite	1
	Psychotria	Psychotria marginata	Gorojito, cafecillo	3
	Psychotria	Indeterminada		13
	Warszewiczia	Warszewiczia coccinea	Chaconia o poinsettia salvaje	1
Rutaceae	Zanthoxylum	Zanthoxylum setulosum	Arcabú	11
Salicaceae	Casearia	Casearia corymbosa	Varablanca, ondequera	2
Sapindaceae	Dilodendron	Dilodendron costaricense	Loro, iguano, harino, cabro	1
Urticaceae	Cecropia	Cecropia peltata	Yarumo, guarumo o guarumbo	6
Violaceae	Rinorea	Rinorea lindeniana		5
Vochysiaceae	Qualea	Indeterminada		1
TOTAL				277

Fuente: Este estudio a partir de datos GBIF

Como se observa en la tabla anterior, se reportaron un total de 277 individuos de plantas, las cuales corresponden a un total de 59 especies que pertenecen a 34 familias. A continuación, se grafica la abundancia y riqueza de especies reportadas en el GBIF para el área de estudio.

Ilustración 121. Abundancia y riqueza de especies reportadas en GBIF en área de estudio

Abundancia y riqueza de Especies en área de recuperación Cerro Matoso



Fuente: Este estudio a partir de datos GBIF

Con el fin de hacerse una idea de la estructura de las plantas reportadas, a continuación, se muestra una gráfica del hábito de las 59 especies reportadas, referido al aspecto general y modo de crecimiento de una planta.

Ilustración 122. Distribución según hábito de especies de plantas reportadas

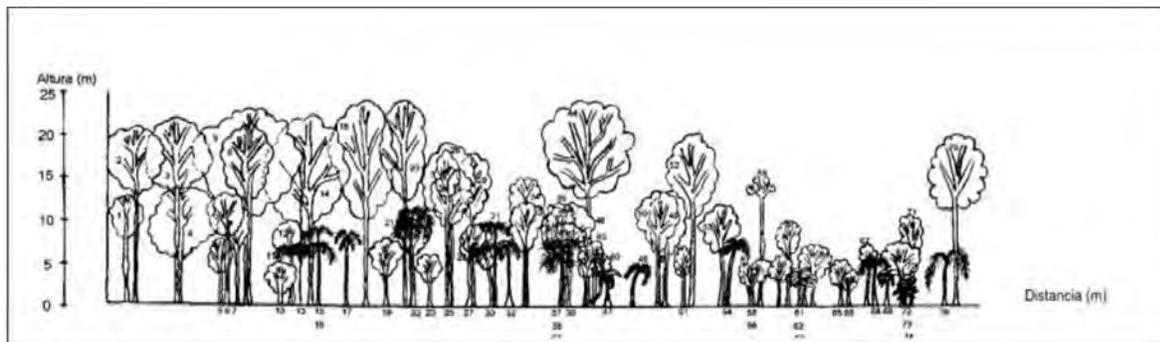
Distribución de Especies por hábito



Fuente: Este estudio a partir de datos GBIF

En la figura anterior se observa la predominancia de especies de hábito arbóreo con 27 especies, seguida por las de hábito arbustivo con 12 especies, las plantas de hábito herbáceo contienen 10 especies, mientras que se encuentran 6 especies de musgos y 4 especies de epífitas. Se observa entonces una estructura de la vegetación reportada bastante heterogénea que permite inferir diferentes tipos de alimentos para fauna vertebrada e invertebrada, así como diferentes tipos de hábitat, en dosel, sotobosque y terrestre. A continuación, se presenta una gráfica de la estructura vertical de un bosque donde se observan los estratos arbóreos, arbustivos y herbáceos, presentes en un bosque y que se infieren en el área de estudio con base en la información de los hábitos de las especies presentes.

Ilustración 123. Perfil vertical de un bosque

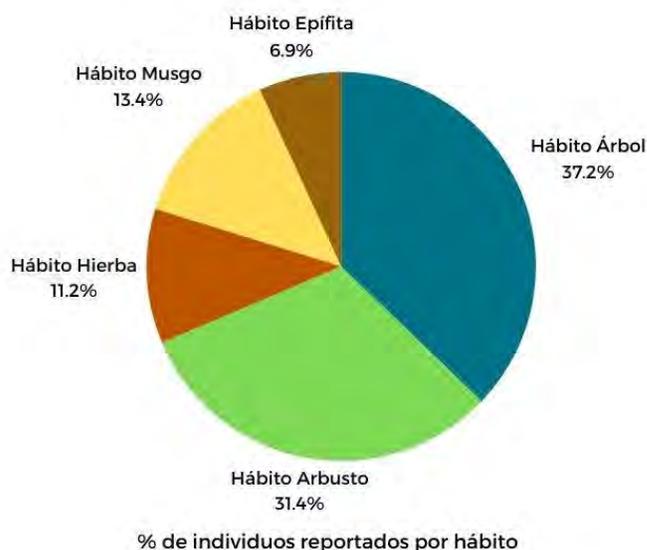


Fuente: Tomado de Aguirre, N. en <https://images.app.goo.gl/QUg8FgFLQqtDTH7T8>

En cuanto a la abundancia y distribución de las especies encontradas según sus hábitos, se presenta en la gráfica a continuación, la distribución de los individuos por hábito según la información reportada.

Ilustración 124. Distribución de individuos por hábito de la especie

Distribución de Individuos por hábito



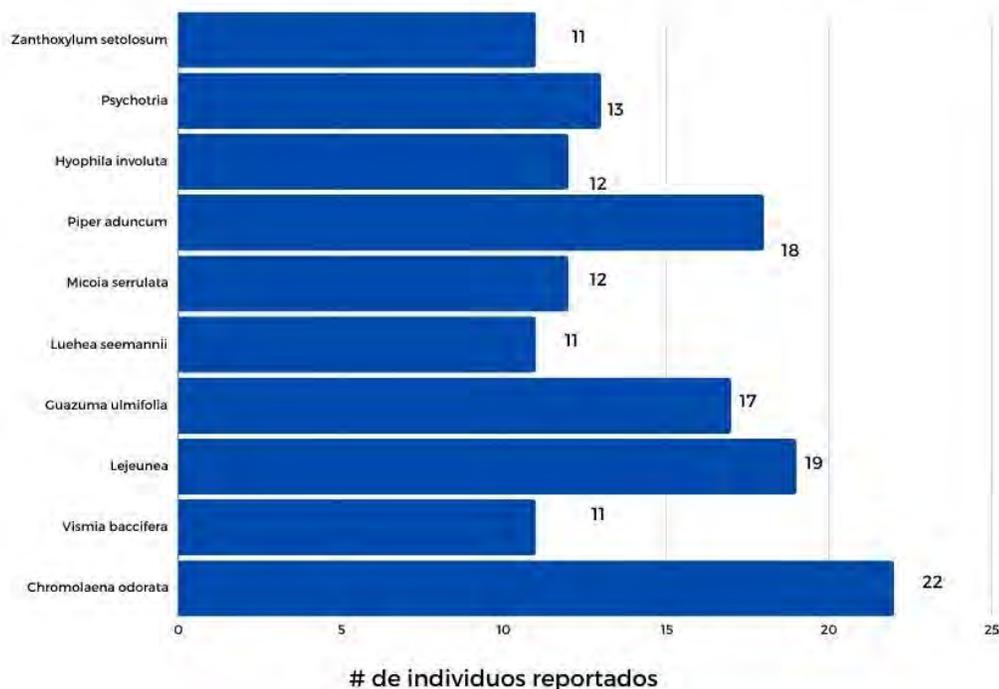
Fuente: Este estudio a partir de datos GBIF

En la figura anterior se observa que el mayor número de individuos reportados corresponde al hábito arbóreo con 103 reportes, seguido por 87 arbustos, 37 musgos, 31 hierbas y 19 epífitas. Encontrando una correlación entre la cantidad de especies que predominan y la cantidad de individuos reportados para dichas especies.

Por otra parte, si se realiza un filtro de las especies más abundantes se encuentra que con reportes mayores a más de 10 individuos, las especies que predominan son las siguientes:

Ilustración 125. Especies dominantes en el área reportada

Especies con mayor número de individuos



Fuente: Este estudio a partir de datos GBIF

Como se observa en la figura anterior, a especie más dominante con 22 individuos es la albahaquilla de Cuba o rompe saragüey (*Chromolaena odorata*), que corresponde a una especie de hábito arbustivo de entre 1 y 2 metros que es considerada invasora nativa de América del Norte, que prolifera rápidamente en áreas abiertas y de rastrojos naturales, seguida de la *Lejeunea* que es una planta epífita que crece en los troncos de los árboles y desarrolla estrategias de parasitismo. La tercera especie con mayor número de individuos (18), corresponde al matico (*Piper aduncum*), que es una planta nativa de Centro y Suramérica de hábito arbustivo que se caracteriza por ser fuente de alimento para aves.

En cuarto lugar de abundancia con 17 individuos reportados, se encuentra el guácimo (*Guazuma ulmifolia*) que es un árbol nativo de Centro y Suramérica que puede crecer hasta unos 20 metros y que se caracteriza por brindar sombra y ser utilizado en procesos de restauración ecológica, pues es de rápido crecimiento y brinda alimento para la fauna cuya ceniza de la madera se usa para hacer jabón.

Otras especies que se destacan dentro de las de mayor abundancia son el guácimo colorado (*Luehea seemannii*), que es un árbol de porte grande que puede alcanzar los 35 metros y que se utiliza para procesos de recuperación de suelos y/o áreas degradadas y en acciones de restauración ecológica. Su madera es blanda y liviana, usada para elaborar cajones, tableros, aglomerados y para la fabricación de pulpa de papel. También se destaca el carate (*Vismia baccifera*), con 11 individuos que es un árbol de porte mediano que crece hasta 10 metros y que se utiliza como Cerca viva, en procesos de recuperación de suelos y/o áreas degradadas y en acciones de restauración ecológica en estadios tempranos; su dispersión se realiza a través de animales (Zoocoria) y su madera es utilizada para leña, carbón vegetal, postes, herramientas y construcciones.

En relación con la información brindada por la empresa Cerromatoso en desarrollo de este estudio, se identifica una base de datos que contiene listados de especies utilizadas en procesos de restauración ecológica, que fueron monitoreados para los años 2020, 2021 y 2022, identificando que para el año 2020 se monitorearon 661 individuos, para el año 2022 se monitorearon 85 y para el año 2023 se monitorearon 223 individuos.

Estas acciones se adelantan en parcelas forestales a través de proyectos de recuperación (EBEST) para los que se definen unas especies de importancia, según el ecosistema de referencia que es el Bosque Húmedo Tropical de Zonobioma Húmedo Tropical del Magdalena medio y depresión momposina. A continuación, se grafica el número de individuos monitoreados por año, según la información brindada por la empresa Cerromatoso.

Ilustración 126. Abundancia de individuos monitoreados para los años 2020 a 2022 en parcelas forestales por la empresa Cerromatoso

Individuos Monitoreados en Parcelas Agroforestales



Fuente: Este estudio a partir de datos brindados por la empresa Cerromatoso.

De acuerdo a la interpretación realizada de los inventarios de flora, se realiza un seguimiento según los proyectos adelantados desde el año 2017 y se hace un seguimiento a las parcelas forestales, tomando medidas de los atributos fisiológicos y fenológicos de las especies presentes y clasificándolas según categorías de acuerdo a su tamaño en brinzales, latizales y fustales.

En relación con la información aportada por Cerromatoso, si bien es dicha empresa quien debe realizar el análisis y evaluación de los datos de las acciones de restauración para tener un monitoreo y evaluación de los resultados obtenidos, se evidencia un ejercicio juicioso de seguimiento a las parcelas forestales que permitirá en el tiempo y acompañado de acciones de mantenimiento, replantes y enriquecimientos, desarrollar coberturas boscosas para la protección de fauna silvestre y la oferta de servicios ambientales que mitiguen los impactos negativos de la actividad minera y que permitan recuperar áreas degradadas por esta actividad extractiva.

Frente a las acciones de restauración, y como lo propone Vargas (2011), es importante señalar que no hay recetas específicas para restaurar un ecosistema, pero sí existen recomendaciones generales basadas en teorías ecológicas, conceptos de la ecología de la restauración y experiencias acumuladas a través de los años en el ejercicio de restaurar diferentes ecosistemas alrededor del mundo. Una de esas recomendaciones, es la selección de especies, según sus atributos reproductivos, morfológicos, de uso, poblacionales, etc.

Teniendo un conocimiento del estado base del área a restaurar, se pueden seleccionar las especies según su utilidad y los aportes (servicios ecosistémicos) que pueden darle al proyecto de restauración. Por ejemplo, si el área no tiene cobertura de ningún tipo, se pueden seleccionar especies resistentes a la luz, o si el suelo está empobrecido, se pueden seleccionar especies que fijen nitrógeno más otras que produzcan hojarasca.

Otra manera de realizar la selección de especies, puede ser basándose en la interacción planta-animal. Se puede favorecer la selección de las plantas de acuerdo a su oferta alimenticia o por su capacidad de generar refugios o sitios de anidación. Este tipo de relaciones ayudan a entender cómo funcionan los ecosistemas, dándonos claves valiosas para actuar frente a su conservación, teniendo la capacidad de responder a las alteraciones que puedan presentarse. Algunos ejemplos de estas relaciones pueden encontrarse en los Protocolos y Manuales de restauración (MINAMB - 2015).

Tabla 40. Ejemplo de atributos para tener en cuenta en la selección de especies

MORFOLÓGICOS	REPRODUCTIVOS	OTROS
Planta completa	*Reproducción sexual	Nivel poblacional: frecuencia, abundancia y tipo de distribución de la especie
*Habito: arbusto, árbol, hierba	*Reproducción vegetativa	(Individuos aislados o agrupaciones).
Hierba	Estrategia de polinización	Asociación
*Altura	*Ornitofilia, entomofilia o anemofilia (tipo de flor)	*Tipo de asociación con otras especies, nativas o exóticas)
Copa		Presencia de micorrizas.
*Forma de la copa (diámetro aproximado)		
(Densidad del follaje)		
Hoja		*Tolerancia a la luz
*Área foliar específica.		*Resistencia a heladas

MORFOLÓGICOS	REPRODUCTIVOS	OTROS
*Contenido de materia seca.		*Fijadora de nitrógeno
*Cociente peso fresco/peso seco		*Producción de hojarasca (diaria, semanal, mensual)
*Tipo de hoja		*Defensas anti-herbívoros
	*Banco de semillas	*Estado fitopatológico: nivel de ataque
	*Banco de plántulas	
	*Banco de retoños	

Fuente:(Adaptado de Rodríguez y Vargas, 2007)

El diseño florístico para la restauración es fundamental ya que responde a la combinación de especies de acuerdo con la composición y estructura de la vegetación del área a intervenir, para recuperar su funcionalidad según el ecosistema de referencia.

Frente a las acciones que adelanta Cerromatoso en las áreas de recuperación, es deseable realizar un análisis de los monitoreos de biodiversidad que hacen seguimiento a las coberturas vegetales plantadas en las parcelas forestales, incorporando el análisis y evaluación de la fauna asociada a dichas coberturas, pues este es un indicador clave del funcionamiento que se quiere generar en las áreas recuperadas y brinda indicios sobre el estado de salud de los ecosistemas y la recuperación de los servicios ecosistémicos en el lugar.

8.4 Análisis Cambio Climático

El departamento de Córdoba está ubicado al norte del país, en la región Caribe, limitando al norte con el mar Caribe, al este con el departamento de Sucre, al sur con los departamentos de Antioquia y Bolívar, y al oeste con el departamento de Antioquia. El departamento de Córdoba tiene una superficie de 23.980 km² y una población de 1.868.166 habitantes⁶⁹.

El departamento de Córdoba es un territorio con una gran diversidad natural y cultural. Está atravesado por los ríos Sinú y San Jorge, que forman un valle fértil donde se cultivan una variedad de productos agrícolas.

⁶⁹ (BANCO DE LA REPÚBLICA - COLOMBIA, 2022)

Ilustración 127. Subregiones del Departamento de Córdoba



Fuente: (Plan Departamental de Extensión Agropecuaria, Departamento de Córdoba 2020 - 2023, 2020)⁷⁰

La Gobernación de Córdoba adoptó una subregionalización de su territorio con lo cual se sientan las bases de las nuevas provincias, ahora autorizadas por la nueva Constitución. El departamento Administrativo de Planeación señaló aspectos homogéneos de acuerdo con factores socioeconómicos, culturales, de accesibilidad vial, desarrollo de la violencia, flujos de comercialización, entre otros, para proponer la división territorial.

Como resultado se cuenta con siete (7) subregiones: Alto Sinú, Medio Sinú, Centro, Bajo Sinú, San Jorge, Costanera, y Sabanas. Desde el punto de vista ambiental la CVS Corporación de los Valles de Sinú y San Jorge propone una división ambiental de seis (6) subregiones desde sus características biofísicas así; Subregión Alto Sinú, Subregión Medio Sinú, Subregión Bajo Sinú, Subregión San Jorge, Subregión Costanera, y Subregión Sabanas.⁷¹

A continuación se mencionan las subregiones del departamento de Córdoba:

⁷⁰ (Plan Departamental de Extensión Agropecuaria, Departamento de Córdoba 2020 - 2023, 2020)

⁷¹ (Plan Departamental de Extensión Agropecuaria, Departamento de Córdoba 2020 - 2023, 2020)

- **Alto Sinú:** Clasificada dentro de la zonificación Bosque Húmedo Tropical, posee el 60% de los bosques existentes dentro del departamento, bosques heterogéneos con una gran importancia en la cuenca del Río Sinú y sus afluentes, suelos de alta fertilidad. Se localiza en esta el Parque Nacional Natural Paramillo y la Hidroeléctrica Urrá. Presenta una extensión geográfica de 7.952 Km².
- **Sinú medio:** Clasificada dentro de la zonificación Bosque Seco Tropical, con una cobertura boscosa del 0.05% del total de bosques del departamento, presenta una gran cobertura de pastos que sustituyen toda vegetación boscosa representativa. Mayor producción de cultivos agrícolas transitorios dentro del Departamento, suelos profundos. El sector ganadero bovino aporta la mayor producción de carne y leche. Presenta una extensión geográfica de 8.893 Km².
- **Bajo Sinú:** Clasificada dentro de la zonificación Bosque Seco Tropical, con cobertura de bosques fuertemente intervenidos con el 0.10% de cobertura boscosa respecto al departamento. Se identifican varios complejos lagunares como la Ciénaga Grande del Bajo Sinú que caracterizan la actividad pesquera de la y cultivos transitorios, la expansión de la frontera agropecuaria presiona esta zona. Presenta una extensión geográfica de 1.915 Km².
- **Sabanas:** Clasificada dentro de la zonificación Bosque Seco Tropical presenta un área aproximada de 100 Hectáreas de bosque natural secundario, con mayor presencia de roble por regeneración natural en monodales. Suelos destinados a la ganadería bovina, y con presencia de cultivos como el marañón. Presenta una extensión geográfica de 1.992 Km².
- **San Jorge:** Clasificada dentro de dos áreas de zonificación, Bosque seco tropical y Bosque Húmedo tropical, con 171.082 Hectáreas de bosque natural secundario, interactúa con las principales corrientes hidrográficas del Departamento, fuerte deforestación y suelos moderadamente profundos. Presenta una extensión geográfica de 8.757Km².
- **Costanera:** Clasificada dentro del área de zonificación, Bosque seco tropical con fuerte intervención en áreas de cuencas hidrográficas, presenta un área aproximada de 7.900 Hectáreas de mangle y 5.500 Hectáreas en zona de estuarina. La costa litoral se encuentra afectada por un gran proceso de erosión marina Presenta una extensión geográfica de 1.638 Km².

Vocación Productiva y Agropecuaria

La economía del departamento de Córdoba se basa en la agricultura, la ganadería, la minería y el turismo. Los principales productos agrícolas son el arroz, el maíz, la yuca y el plátano. La ganadería es también una actividad importante, con una producción de carne y leche. La minería es una actividad creciente, con la explotación de carbón, níquel y otros minerales⁷².

La vocación productiva y agropecuaria del departamento de Córdoba, en Colombia, se basa principalmente en la ganadería bovina, seguida por la agricultura.

⁷² (Plan Departamental de Extensión Agropecuaria, Departamento de Córdoba 2020 - 2023, 2020)

● **Ganadería**

La ganadería bovina es la principal actividad económica del departamento de Córdoba, representando el 85,95% de la producción agropecuaria del departamento⁷³. El departamento cuenta con un hato ganadero de aproximadamente 3,5 millones de cabezas de ganado, lo que lo ubica como el segundo departamento con mayor población bovina del país⁷⁴.

Las condiciones climáticas y geográficas del departamento de Córdoba son favorables para el desarrollo de la ganadería bovina. El departamento tiene un clima tropical húmedo, con temperaturas promedio que oscilan entre los 25 y los 30 grados centígrados⁷⁵. Además, el departamento cuenta con una gran extensión de pastos naturales, que son la base de la alimentación del ganado bovino⁷⁶.

Los principales productos derivados de la ganadería bovina en el departamento de Córdoba son la carne, la leche y el cuero⁷⁷. La carne de Córdoba es reconocida por su calidad y sabor, y es exportada a diferentes países del mundo. La leche de Córdoba también es de alta calidad, y se utiliza para la producción de quesos, yogurt y otros productos lácteos. El cuero de Córdoba se utiliza en la fabricación de calzado, marroquinería y otros productos⁷⁸.

● **Agricultura**

La agricultura es la segunda actividad económica más importante del departamento de Córdoba. Los principales productos agrícolas del departamento son el arroz, el maíz, el sorgo, la yuca, el plátano y el cacao⁷⁹.

El arroz es el principal producto agrícola del departamento de Córdoba, representando el 25% de la producción agrícola del departamento. El departamento cuenta con un área de aproximadamente 100.000 hectáreas sembradas con arroz, lo que lo ubica como el segundo departamento con mayor área sembrada con arroz del país⁸⁰.

El maíz es otro producto agrícola importante del departamento de Córdoba, representando el 20% de la producción agrícola del departamento. El departamento cuenta con un área de aproximadamente 80.000 hectáreas sembradas con maíz, lo que lo ubica como el quinto departamento con mayor área sembrada con maíz del país⁸¹.

El sorgo es un producto agrícola que ha ganado importancia en los últimos años en el departamento de Córdoba. El sorgo es utilizado para la alimentación del ganado bovino y para la producción de

⁷³ (Plan Departamental de Extensión Agropecuaria, Departamento de Córdoba 2020 - 2023, 2020)

⁷⁴ (Plan Departamental de Extensión Agropecuaria, Departamento de Córdoba 2020 - 2023, 2020)

⁷⁵ (Agencia de Desarrollo Rural - ADR, 2021)

⁷⁶ (Agencia de Desarrollo Rural - ADR, 2021)

⁷⁷ (Agencia de Desarrollo Rural - ADR, 2021)

⁷⁸ (Plan Departamental de Extensión Agropecuaria, Departamento de Córdoba 2020 - 2023, 2020)

⁷⁹ (Agencia de Desarrollo Rural - ADR, 2021)

⁸⁰ (Agencia de Desarrollo Rural - ADR, 2021)

⁸¹ (Agencia de Desarrollo Rural - ADR, 2021)

alcohol. El departamento cuenta con un área de aproximadamente 60.000 hectáreas sembradas con sorgo⁸². La yuca es un producto agrícola tradicional del departamento de Córdoba. La yuca es utilizada para la producción de harina, almidón y otros productos. El departamento cuenta con un área de aproximadamente 50.000 hectáreas sembradas con yuca⁸³.

El plátano es un producto agrícola que se cultiva principalmente en la región del Sinú. El plátano es utilizado para el consumo fresco y para la producción de harina. El departamento cuenta con un área de aproximadamente 40.000 hectáreas sembradas con plátano⁸⁴. El cacao es un producto agrícola que ha ganado importancia en los últimos años en el departamento de Córdoba. El departamento cuenta con un área de aproximadamente 20.000 hectáreas sembradas con cacao⁸⁵.

● **Otros sectores productivos**

Además de la ganadería y la agricultura, el departamento de Córdoba cuenta con otros sectores productivos importantes, como la minería, la industria y el turismo. La minería es un sector importante en el departamento de Córdoba, representado principalmente por la explotación de carbón, oro y plata⁸⁶. La industria es un sector en crecimiento en el departamento de Córdoba, representado principalmente por la producción de alimentos, bebidas, textiles y productos derivados del petróleo. El turismo es un sector que tiene un gran potencial en el departamento de Córdoba, representado principalmente por el turismo ecológico, el turismo cultural y el turismo de playa.

¿Cómo ha impactado el Cambio Climático al departamento de Córdoba?

El cambio climático ha impactado al departamento de Córdoba de diversas maneras, incluyendo:

- **Aumento de la temperatura:** Las temperaturas promedio en el departamento de Córdoba han aumentado alrededor de 1,5°C desde 1950. Este aumento de la temperatura está afectando los cultivos, la ganadería y los ecosistemas naturales⁸⁷.
- **Cambios en los patrones de precipitación:** Los patrones de precipitación en el departamento de Córdoba están cambiando, con períodos más largos de sequía y períodos más cortos de lluvia. Estos cambios están afectando la disponibilidad de agua para la agricultura, la ganadería y el consumo humano.
- **Aumento del nivel del mar:** El nivel del mar está aumentando a una tasa de 3 milímetros por año en el departamento de Córdoba. Este aumento del nivel del mar está afectando las zonas costeras, como las playas y los manglares⁸⁸.

Los impactos específicos del cambio climático en el departamento de Córdoba incluyen:

⁸² (Agencia de Desarrollo Rural - ADR, 2021)

⁸³ (Agencia de Desarrollo Rural - ADR, 2021)

⁸⁴ (Agencia de Desarrollo Rural - ADR, 2021)

⁸⁵ (Agencia de Desarrollo Rural - ADR, 2021)

⁸⁶ (Plan Departamental de Extensión Agropecuaria, Departamento de Córdoba 2020 - 2023, 2020)

⁸⁷ (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

⁸⁸ (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

3. Pérdida de cultivos: Los cultivos de arroz, maíz y yuca, que son importantes para la economía del departamento, están siendo afectados por el cambio climático⁸⁹.
4. Disminución de la producción de ganado: El ganado está siendo afectado por el cambio climático, lo que está reduciendo la producción de carne y leche⁹⁰.
5. Extinción de especies: El cambio climático está provocando la extinción de especies de flora y fauna en el departamento de Córdoba⁹¹.
6. Inundaciones y sequías: El cambio climático está provocando inundaciones y sequías más frecuentes y severas, lo que está afectando a la población y la infraestructura del departamento⁹².

El departamento de Córdoba es un territorio vulnerable al cambio climático, debido a su ubicación geográfica y a sus condiciones climáticas. Es necesario tomar medidas para mitigar los efectos del cambio climático y adaptarse a sus impactos.

Algunas de las medidas que se pueden tomar incluyen:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero: Esto se puede lograr a través de la eficiencia energética, el uso de energías renovables y la reducción de la deforestación.
- Adaptarse a los impactos del cambio climático: Esto incluye la construcción de infraestructura resiliente al clima, la implementación de sistemas de alerta temprana y la educación sobre el cambio climático.

El departamento de Córdoba está trabajando para mitigar los efectos del cambio climático y adaptarse a sus impactos. El gobierno departamental ha desarrollado un plan de adaptación al cambio climático, que incluye medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y adaptar la infraestructura y los sistemas productivos al cambio climático.

Las comunidades locales también están tomando medidas para adaptarse al cambio climático. Por ejemplo, algunas comunidades están desarrollando sistemas de riego para adaptarse a la sequía, y otras están implementando prácticas agrícolas sostenibles para adaptarse a los cambios en los patrones de precipitación.

Variación de la temperatura a causa del Cambio Climático en el departamento de Córdoba

El departamento de Córdoba, es una región altamente vulnerable a los efectos del cambio climático. El aumento de la temperatura, la disminución de las precipitaciones y la ocurrencia de eventos

⁸⁹ (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

⁹⁰ (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

⁹¹ (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

⁹² (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

meteorológicos extremos son algunos de los principales impactos que se han registrado en el departamento en los últimos años.

Según el Plan Departamental de Adaptación al Cambio Climático para el Departamento de Córdoba 2016-2027, la temperatura media en el departamento ha aumentado 0,5 grados Celsius en los últimos 50 años. Este aumento se espera que se intensifique en los próximos años, alcanzando un aumento de 1,5 grados Celsius para el 2050⁹³.

Ilustración 128. Valores máximo, mínimo y medio de temperatura en el municipio de Montería.



Fuente: (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2021)⁹⁴

El aumento de la temperatura tiene un impacto negativo en la producción agropecuaria del departamento. Los cultivos más sensibles al aumento de la temperatura son los de ciclo corto, como el arroz, el maíz y el sorgo. Estos cultivos requieren de temperaturas relativamente bajas para su desarrollo, por lo que el aumento de la temperatura puede provocar una disminución de la productividad.

Además, el aumento de la temperatura también puede provocar una disminución de la disponibilidad de agua para la agricultura. El departamento de Córdoba es una región con un clima tropical húmedo, pero el aumento de la temperatura puede provocar una disminución de las precipitaciones. Esta disminución puede provocar una escasez de agua para el riego, lo que puede afectar aún más la producción agropecuaria.

Los eventos meteorológicos extremos, como las inundaciones, las sequías y las olas de calor, también son un impacto importante del cambio climático en el departamento de Córdoba. Estos eventos pueden causar pérdidas económicas significativas en el sector agropecuario, así como daños a la infraestructura y a los cultivos.

En general, el cambio climático es una amenaza importante para el sector agropecuario del departamento de Córdoba. El aumento de la temperatura, la disminución de las precipitaciones y la

⁹³ (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

⁹⁴ (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2021)

ocurrencia de eventos meteorológicos extremos pueden provocar una disminución de la productividad y pérdidas económicas significativas.

Para mitigar los efectos del cambio climático en el sector agropecuario, el departamento de Córdoba ha implementado una serie de acciones, entre las que se incluyen:

- La implementación de sistemas de riego más eficientes.
- La diversificación de los cultivos para reducir la dependencia de los cultivos más sensibles al cambio climático.
- La implementación de prácticas de agricultura sostenible, como la conservación de suelos y la rotación de cultivos.

Estas acciones son importantes para ayudar a los productores agropecuarios del departamento a adaptarse al cambio climático y a reducir su vulnerabilidad a los efectos de este fenómeno.

Disponibilidad del Recurso Hídrico en el departamento de Córdoba

El departamento de Córdoba, cuenta con una importante disponibilidad de recursos hídricos. El departamento está conformado por dos grandes cuencas hidrográficas: la del río Sinú y la del río San Jorge⁹⁵.

La cuenca del río Sinú es la más importante del departamento, con una extensión de 12.070 kilómetros cuadrados. El río Sinú nace en el departamento de Antioquia y desemboca en el Golfo de Morrosquillo. El río es el principal afluente del departamento, y es utilizado para el riego, la generación de energía hidroeléctrica y el abastecimiento de agua potable⁹⁶.

La cuenca del río San Jorge es la segunda más importante del departamento, con una extensión de 9.650 kilómetros cuadrados⁹⁷. El río San Jorge nace en el departamento de Antioquia y desemboca en el Golfo de Morrosquillo. El río es utilizado para el riego, la generación de energía hidroeléctrica y la navegación.

Además de estas dos grandes cuencas, el departamento de Córdoba cuenta con una serie de ríos, quebradas y lagunas. Los ríos más importantes del departamento son el río Canalete, el río Mangle y el río San Pedro. La disponibilidad de recursos hídricos en el departamento de Córdoba es una condición favorable para el desarrollo de actividades económicas, como la agricultura, la ganadería y el turismo. Sin embargo, esta disponibilidad también representa un desafío, ya que es necesario gestionar de manera sostenible estos recursos para evitar su contaminación y agotamiento⁹⁸.

⁹⁵ (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

⁹⁶ (BANCO DE LA REPÚBLICA - COLOMBIA, 2022)

⁹⁷ (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

⁹⁸ (OSORIO, 2020)

Principales desafíos en la gestión del recurso hídrico en el departamento de Córdoba

La principal amenaza para la disponibilidad del recurso hídrico en el departamento de Córdoba es la contaminación⁹⁹. La contaminación del agua se puede producir por diferentes fuentes, como los residuos industriales, los residuos domésticos y los residuos agrícolas.

Otra amenaza para la disponibilidad del recurso hídrico en el departamento de Córdoba es el cambio climático¹⁰⁰. El cambio climático puede provocar una disminución de las precipitaciones, lo que puede provocar una escasez de agua.

Para enfrentar estos desafíos, el departamento de Córdoba debe implementar acciones para reducir la contaminación del agua y para adaptarse al cambio climático. Estas acciones deben incluir:

- La implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales más eficientes.
- La implementación de prácticas agrícolas sostenibles.
- La restauración de las cuencas hidrográficas.

Estas acciones son importantes para garantizar la disponibilidad y calidad del recurso hídrico en el departamento de Córdoba, y para contribuir al desarrollo sostenible del departamento.

Áreas Protegidas

El departamento de Córdoba, Colombia, cuenta con un total de 12 áreas protegidas, que representan el 5,8% de su territorio¹⁰¹. Estas áreas protegidas están administradas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Sinú (CVS) y otras entidades públicas y privadas¹⁰².

Las áreas protegidas en el departamento de Córdoba son las siguientes:

- Parque Nacional Natural Los Katios: Ubicado en el extremo sur del departamento, en la frontera con Panamá. El parque es un santuario de fauna y flora, con una gran variedad de especies vegetales y animales.
- Reserva Natural de la Sociedad Civil Santa Isabel: Ubicada en el municipio de Montería. La reserva protege un bosque seco tropical, con una gran variedad de especies vegetales y animales.

⁹⁹ (OSORIO, 2020)

¹⁰⁰ (OSORIO, 2020)

¹⁰¹ (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2023)

¹⁰² (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

- Reserva Natural de la Sociedad Civil Santa Fe: Ubicada en el municipio de Montelíbano. La reserva protege un bosque húmedo tropical, con una gran variedad de especies vegetales y animales.
- Reserva Natural de la Sociedad Civil Horizontes: Ubicada en el municipio de Montería. La reserva protege un bosque seco tropical, con una gran variedad de especies vegetales y animales.
- Reserva Natural de la Sociedad Civil La Zoconita: Ubicada en el municipio de Montería. La reserva protege un bosque seco tropical, con una gran variedad de especies vegetales y animales.
- Reserva Forestal Protectora Cerros de María: Ubicada en el municipio de Montería. La reserva protege una serie de colinas que forman un paisaje único en el departamento.
- Reserva Forestal Protectora de la Sierra Chiquita: Ubicada en el municipio de Montería. La reserva protege un bosque seco tropical, con una gran variedad de especies vegetales y animales.
- Reserva Forestal Protectora de la Serranía de Abibe: Ubicada en el municipio de Montelíbano. La reserva protege una serie de colinas que forman un paisaje único en el departamento.
- Reserva Forestal Protectora de la Serranía de San Jerónimo: Ubicada en el municipio de Montería. La reserva protege una serie de colinas que forman un paisaje único en el departamento.
- Reserva Forestal Protectora de la Serranía de San Lucas: Ubicada en el municipio de Montelíbano. La reserva protege una serie de colinas que forman un paisaje único en el departamento.

Estas áreas protegidas son importantes para la conservación de la biodiversidad y el medio ambiente en el departamento de Córdoba. Protegen una gran variedad de especies vegetales y animales, así como ecosistemas únicos.

Cambios en el clima en términos de pluviosidad

La empresa **Cerromatoso** opera en la región del Sinú, en el departamento de Córdoba. Esta región tiene un clima tropical húmedo, con una precipitación anual promedio de 2.500 a 3.000 milímetros.

Según el Plan Departamental de Adaptación al Cambio Climático para el Departamento de Córdoba 2016-2027¹⁰³, la precipitación en la región del Sinú ha disminuido en los últimos 50 años. Esta disminución se ha acelerado en los últimos años, y se espera que continúe en las próximas décadas. El Plan Departamental de Adaptación al Cambio Climático estima que la precipitación en la región del Sinú podría disminuir entre un 10% y un 20% para el 2050¹⁰⁴. Esta disminución podría tener un impacto significativo en la actividad económica de la región, especialmente en el sector agropecuario.

¹⁰³ (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

¹⁰⁴ (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

La disminución de la precipitación podría provocar una escasez de agua para el riego, lo que podría afectar la productividad de los cultivos. También podría provocar una disminución de la disponibilidad de agua para el consumo humano, lo que podría afectar la salud de la población.

Para adaptarse a los cambios en el clima, la empresa **Cerromatoso** está implementando una serie de acciones, entre las que se incluyen:

- La implementación de sistemas de riego más eficientes.
- La diversificación de los cultivos para reducir la dependencia de los cultivos más sensibles a la sequía.
- La implementación de prácticas de agricultura sostenible, como la conservación de suelos y la rotación de cultivos.
- Estas acciones son importantes para ayudar a la empresa a adaptarse al cambio climático y a reducir su vulnerabilidad a los efectos de este fenómeno.

Evidencias de los cambios en la pluviosidad en la región del Sinú

Los cambios en la pluviosidad en la región del Sinú se pueden observar en los datos históricos de precipitación. Estos datos muestran que la precipitación ha disminuido en los últimos 50 años. Por ejemplo, los datos de la estación meteorológica de Montería, la capital del departamento de Córdoba, muestran que la precipitación anual promedio ha disminuido de 2.800 milímetros en 1970 a 2.500 milímetros en 2020¹⁰⁵.

Estos cambios en la pluviosidad también se pueden observar en los eventos meteorológicos extremos, como las sequías e inundaciones. En los últimos años, la región del Sinú ha experimentado una mayor frecuencia de estos eventos.

Por ejemplo, en 2015, la región del Sinú experimentó una sequía severa que provocó una escasez de agua para el consumo humano y el riego. En 2020, la región del Sinú experimentó inundaciones que provocaron daños a la infraestructura y a los cultivos. Estos cambios en el clima son una amenaza importante para la actividad económica de la región del Sinú, especialmente para el sector agropecuario.

Indicadores de agua per cápita

La empresa **Cerromatoso** opera en la región del Sinú. Esta región tiene una población de aproximadamente 1,5 millones de habitantes¹⁰⁶. Según el Plan Departamental de Adaptación al Cambio Climático para el Departamento de Córdoba 2016-2027, la disponibilidad de agua per cápita en la

¹⁰⁵ (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

¹⁰⁶ (BANCO DE LA REPÚBLICA - COLOMBIA, 2022)

región del Sinú es de aproximadamente 2.500 metros cúbicos por año. Esta disponibilidad es mayor que el promedio mundial, que es de aproximadamente 1.300 metros cúbicos por año¹⁰⁷.

Sin embargo, la disponibilidad de agua per cápita en la región del Sinú está disminuyendo. Esto se debe a una serie de factores, entre los que se incluyen el cambio climático, el crecimiento de la población y la contaminación del agua. El Plan Departamental de Adaptación al Cambio Climático estima que la disponibilidad de agua per cápita en la región del Sinú podría disminuir entre un 10% y un 20% para el 2050¹⁰⁸. Esta disminución podría tener un impacto significativo en la población de la región, especialmente en el acceso al agua potable.

Indicadores de agua per cápita en la región del Sinú

Los indicadores de agua per cápita en la región del Sinú son los siguientes¹⁰⁹:

Disponibilidad de agua per cápita: 2.500 metros cúbicos por año

Consumo de agua per cápita: 1.500 metros cúbicos por año

Pérdidas de agua: 1.000 metros cúbicos por año

Consumo de agua per cápita en la región del Sinú

El consumo de agua per cápita en la región del Sinú es de aproximadamente 1.500 metros cúbicos por año. Este consumo es mayor que el promedio mundial, que es de aproximadamente 1.000 metros cúbicos por año¹¹⁰.

El consumo de agua en la región del Sinú está impulsado por el crecimiento de la población y el desarrollo económico. La población de la región está creciendo a un ritmo de aproximadamente 2% anual. El desarrollo económico de la región está impulsado por el sector agropecuario, que es el principal empleador de la región.

Pérdidas de agua en la región del Sinú

Las pérdidas de agua en la región del Sinú son de aproximadamente 1.000 metros cúbicos por año. Estas pérdidas se deben a una serie de factores, entre los que se incluyen la ineficiencia de los sistemas de distribución de agua, la fugas en las redes de distribución y la contaminación del agua.

Las pérdidas de agua son un problema importante en la región del Sinú. Estas pérdidas representan una gran cantidad de agua que podría utilizarse para satisfacer las necesidades de la población. Impacto de los cambios en el clima en la disponibilidad de agua per cápita en la región del Sinú

¹⁰⁷ (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

¹⁰⁸ (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

¹⁰⁹ (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2021)

¹¹⁰ (Plan Departamental de Extensión Agropecuaria, Departamento de Córdoba 2020 - 2023, 2020)

Los cambios en el clima están teniendo un impacto negativo en la disponibilidad de agua per cápita en la región del Sinú. El cambio climático está provocando una disminución de las precipitaciones, lo que está reduciendo la cantidad de agua disponible para el consumo humano, el riego y la generación de energía¹¹¹. El Plan Departamental de Adaptación al Cambio Climático estima que la disponibilidad de agua per cápita en la región del Sinú podría disminuir entre un 10% y un 20% para el 2050¹¹². Esta disminución podría tener un impacto significativo en la población de la región, especialmente en el acceso al agua potable.

Para mitigar los efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua per cápita, la empresa **Cerromatoso** está implementando una serie de acciones, entre las que se incluyen:

- La implementación de sistemas de riego más eficientes.
- La diversificación de los cultivos para reducir la dependencia de los cultivos más sensibles a la sequía.
- La implementación de prácticas de agricultura sostenible, como la conservación de suelos y la rotación de cultivos.

Estas acciones son importantes para ayudar a la empresa a adaptarse al cambio climático y a reducir su vulnerabilidad a los efectos de este fenómeno.

Biodiversidad y bienes y servicios ecosistémicos

La zona donde opera la empresa **Cerromatoso** en Córdoba, es una región de gran biodiversidad. La región está ubicada en la cuenca del río Sinú, que es una región de bosques húmedos tropicales.

La biodiversidad de la región se refleja en la gran variedad de especies de plantas y animales que se encuentran allí. Algunas de las especies de plantas más comunes en la región son los árboles de cedro, caoba, roble y palma. Algunas de las especies de animales más comunes en la región son los jaguares, pumas, tapires, venados y monos.

La biodiversidad de la región proporciona una serie de bienes y servicios ecosistémicos importantes. Estos bienes y servicios incluyen:

- Provisión de alimentos: Los bosques de la región proporcionan alimentos para una gran variedad de especies de plantas y animales, incluyendo a los humanos.
- Provisión de agua: Los bosques de la región ayudan a regular el ciclo del agua, lo que ayuda a garantizar la disponibilidad de agua para el consumo humano, el riego y la generación de energía.
- Provisión de oxígeno: Los bosques de la región producen oxígeno, que es esencial para la vida.
- Provisión de regulación climática: Los bosques de la región ayudan a regular el clima, lo que ayuda a mitigar los efectos del cambio climático.

¹¹¹ (Plan Departamental de Extensión Agropecuaria, Departamento de Córdoba 2020 - 2023, 2020)

¹¹² (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, 2016)

- Provisión de recreación y turismo: Los bosques de la región proporcionan oportunidades para la recreación y el turismo, lo que genera ingresos y oportunidades de empleo.

La empresa **Cerromatoso** está comprometida con la conservación de la biodiversidad en la región donde opera. La empresa ha implementado una serie de acciones para proteger la biodiversidad, entre las que se incluyen¹¹³:

- La creación de reservas naturales: La empresa ha creado reservas naturales para proteger la biodiversidad de la región.
- La implementación de prácticas agrícolas sostenibles: La empresa ha implementado prácticas agrícolas sostenibles para reducir su impacto en el medio ambiente.
- La educación ambiental: La empresa ha implementado programas de educación ambiental para sensibilizar a la población sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad.

Estas acciones son importantes para ayudar a proteger la biodiversidad de la región y los bienes y servicios ecosistémicos que proporciona.

Deforestación

La deforestación es un problema importante en la zona donde opera la empresa **Cerromatoso**. La región está ubicada en la cuenca del río Sinú, que es una región de bosques húmedos tropicales.

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la deforestación en la cuenca del río Sinú aumentó en un 25% entre 2010 y 2020¹¹⁴. Esta deforestación se debe a una serie de factores, entre los que se incluyen:

- La expansión de la frontera agrícola: La agricultura es la principal actividad económica en la región, y la expansión de la frontera agrícola está provocando la tala de bosques para la creación de nuevos terrenos de cultivo.
- La ganadería extensiva: La ganadería extensiva es otra actividad económica importante en la región, y la expansión de la ganadería extensiva está provocando la tala de bosques para la creación de nuevos pastos para el ganado.
- La tala ilegal: La tala ilegal de bosques es un problema importante en la región, y está impulsada por la demanda de madera para construcción y otros usos.

La deforestación tiene un impacto negativo en la biodiversidad y los bienes y servicios ecosistémicos de la región. La deforestación reduce la disponibilidad de agua, aumenta el riesgo de inundaciones y sequías, y contribuye al cambio climático.

¹¹³ (South 32, Cerro Matoso, 2021)

¹¹⁴ (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2022)

La empresa **Cerromatoso** está comprometida con la reducción de la deforestación en la zona donde opera. La empresa ha implementado una serie de acciones para mitigar la deforestación, entre las que se incluyen¹¹⁵:

- La implementación de prácticas agrícolas sostenibles: La empresa ha implementado prácticas agrícolas sostenibles, como la rotación de cultivos y la conservación de suelos, para reducir su impacto en el medio ambiente.
- La educación ambiental: La empresa ha implementado programas de educación ambiental para sensibilizar a la población sobre la importancia de la conservación de los bosques.

Estas acciones son importantes para ayudar a reducir la deforestación en la región y proteger la biodiversidad y los bienes y servicios ecosistémicos que proporciona.

Evidencias de la deforestación en la zona donde opera Cerromatoso en Córdoba, Colombia

Las evidencias de la deforestación en la zona donde opera Cerromatoso en Córdoba, Colombia, son las siguientes:

- Disminución de la cobertura forestal: La cobertura forestal en la cuenca del río Sinú ha disminuido en los últimos años. Según el IDEAM, la cobertura forestal en la cuenca del río Sinú pasó del 50% en 2010 al 40% en 2020¹¹⁶.
- Aumento de la fragmentación del bosque: La fragmentación del bosque es un fenómeno que ocurre cuando los bosques se dividen en pedazos más pequeños. La fragmentación del bosque reduce la conectividad entre los diferentes parches de bosque, lo que dificulta el movimiento de las especies y hace que sean más vulnerables a los depredadores y a otros factores¹¹⁷.
- Pérdida de biodiversidad: La deforestación está provocando la pérdida de biodiversidad en la región. La pérdida de biodiversidad se debe a que los bosques son el hábitat de una gran variedad de especies de plantas y animales¹¹⁸.

Impacto de la deforestación en la zona donde opera Cerromatoso en Córdoba, Colombia

El impacto de la deforestación en la zona donde opera **Cerromatoso** en Córdoba, es el siguiente:

- Reducción de la disponibilidad de agua: Los bosques ayudan a regular el ciclo del agua, lo que ayuda a garantizar la disponibilidad de agua para el consumo humano, el riego y la generación de energía. La deforestación reduce la capacidad de los bosques para regular el ciclo del agua, lo que puede provocar una escasez de agua.
- Aumento del riesgo de inundaciones y sequías: Los bosques ayudan a proteger a las comunidades de los efectos de las inundaciones y las sequías. La deforestación reduce la capacidad de los bosques para proteger a las comunidades, lo que puede aumentar el riesgo de inundaciones y sequías.

¹¹⁵ (South 32, Cerro Matoso, 2021)

¹¹⁶ (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2022)

¹¹⁷ (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2022)

¹¹⁸ (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2022)

- **Contribución al cambio climático:** Los bosques ayudan a mitigar los efectos del cambio climático. La deforestación reduce la capacidad de los bosques para mitigar el cambio climático, lo que puede contribuir al calentamiento global.
- **Pérdida de biodiversidad:** Los bosques son el hábitat de una gran variedad de especies de plantas y animales. La deforestación está provocando la pérdida de biodiversidad en la región, lo que puede tener un impacto negativo en el ecosistema.

Nivel de captura de CO²

Los bosques son grandes sumideros de carbono, ya que absorben dióxido de carbono (CO²) de la atmósfera a través de la fotosíntesis. La zona donde opera la empresa **Cerromatoso** en Córdoba, es una región de bosques húmedos tropicales, por lo que tiene un alto potencial de captura de CO².

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la cobertura forestal en la cuenca del río Sinú, donde opera Cerromatoso, pasó del 50% en 2010 al 40% en 2020¹¹⁹. Esto significa que la cantidad de bosques en la región se ha reducido en un 20% en los últimos 10 años.

La disminución de la cobertura forestal en la región está provocando una disminución de la captura de CO². Según el IDEAM, la cuenca del río Sinú capturaba aproximadamente 20 millones de toneladas de CO² al año en 2010. En 2020, esta cifra se redujo a aproximadamente 16 millones de toneladas de CO² al año¹²⁰.

La empresa **Cerromatoso** está comprometida con la conservación de los bosques en la región donde opera. La empresa ha implementado una serie de acciones para mitigar la deforestación, entre las que se incluyen¹²¹:

- **La implementación de prácticas agrícolas sostenibles:** La empresa ha implementado prácticas agrícolas sostenibles, como la rotación de cultivos y la conservación de suelos, para reducir su impacto en el medio ambiente.
- **La educación ambiental:** La empresa ha implementado programas de educación ambiental para sensibilizar a la población sobre la importancia de la conservación de los bosques.

Estas acciones son importantes para ayudar a reducir la deforestación en la región y proteger la captura de CO² de los bosques.

Recomendaciones para aumentar el nivel de captura de CO₂ en la zona donde opera Cerromatoso en Córdoba, Colombia

Para aumentar el nivel de captura de CO² en la zona donde opera **Cerromatoso** en Córdoba, es necesario implementar una serie de acciones, entre las que se incluyen:

¹¹⁹ (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2022)

¹²⁰ (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2022)

¹²¹ (South 32, Cerro Matoso, 2021)

- Reducir la deforestación: La deforestación es la principal causa de la disminución de la captura de CO² en la región. Es necesario implementar acciones para prevenir y reducir la deforestación, como el fortalecimiento de la aplicación de la ley y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles.
- Recuperar los bosques degradados: Los bosques degradados aún pueden capturar CO², pero su capacidad de captura es menor que la de los bosques sanos. Es necesario implementar acciones para recuperar los bosques degradados, como la reforestación y la restauración.
- Promover la forestación: La forestación es la creación de bosques en áreas que anteriormente no eran boscosas. Es una forma efectiva de aumentar la captura de CO², pero es importante seleccionar las especies de árboles adecuadas para el clima y el suelo de la región.

Estas acciones pueden ayudar a la empresa **Cerromatoso** a cumplir con sus objetivos de sostenibilidad y a contribuir a la mitigación del cambio climático.

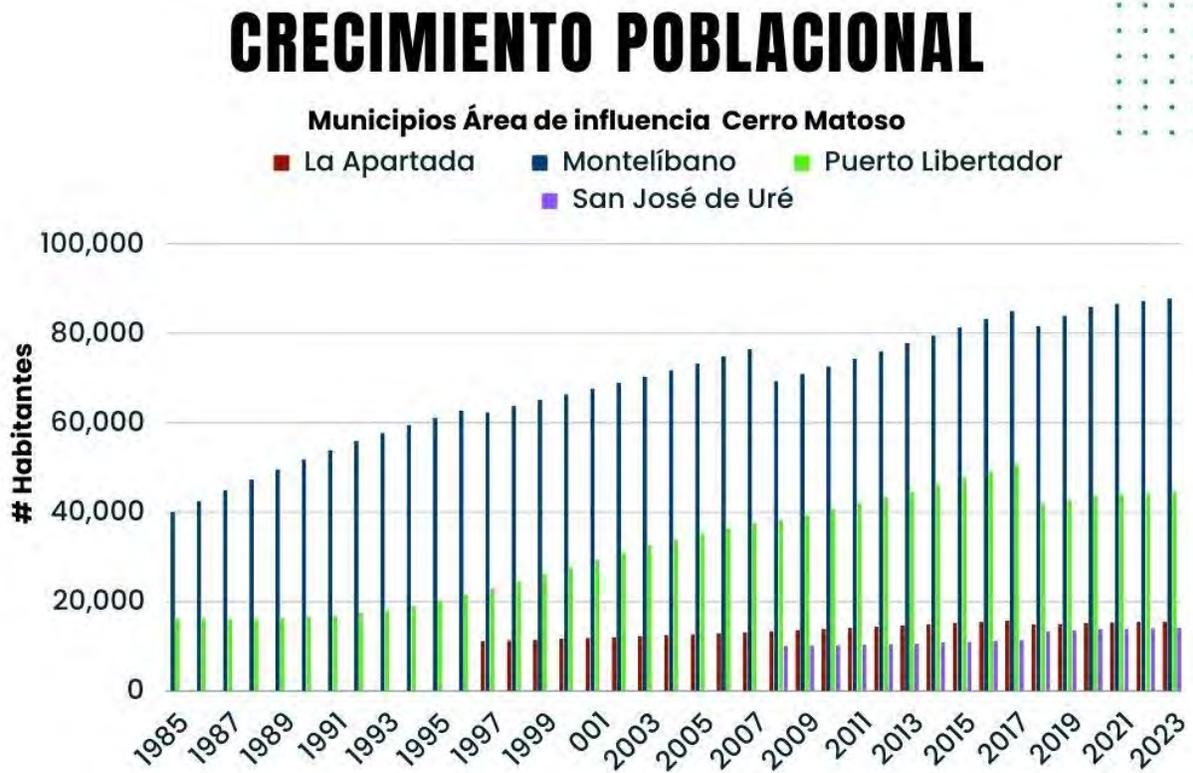
8.5 Análisis Social

En el año de 1956 en las proximidades de la población de Montelíbano – Córdoba la empresa Richmond Petroleum Company explorando hidrocarburos, descubrió un yacimiento de níquel en un lugar llamado Cerro Matoso, que reportaba una altura máxima de 280 mts. Y se encontraba ubicado aproximadamente a 22 kilómetros del poblado, que para la época contaba con 12.000 habitantes cuyo sustento dependía de la agricultura y la ganadería (Ministerio de Minas y Energía 1982).

Las operaciones de extracción comenzaron en 1980 y la producción de níquel comenzó en 1981. Actualmente, Cerro Matoso es la mina de níquel a cielo abierto más grande de Colombia y se encuentra en las estribaciones del nudo de Paramillo. El área de influencia de la operación abarca los municipios de Montelíbano, Puerto Libertador, La Apartada y San José de Uré.

De acuerdo al censo poblacional de 1985, La población de Montelíbano sobrepasó los 40.000 habitantes, por su parte Puerto Libertador reportaba 16.200, a partir del siguiente censo realizado en 1995 las proyecciones de crecimiento para el año 2000 establecían un incremento de población del 65% para Montelíbano y para Puerto Libertador del 70%. Esto asociado a la dinámica de crecimiento de las operaciones mineras de Ferroníquel en la región. Finalmente, una vez realizado el último censo poblacional en 2018 se ajustan las proyecciones anteriores y se tienen datos para las cuatro poblaciones del área de influencia reportando un total de habitantes en la Apartada de 14.866, para Montelíbano se superan los 80.000 habitantes, Puerto Libertador reporta más de 41.000 habitantes y por último San José de Uré cuenta con 13.345 habitantes. Las proyecciones de crecimiento para los siguientes años con cierre a 2023 muestran aumentos significativos especialmente para las dos poblaciones más grandes del área de influencia Montelíbano con un índice de crecimiento del 7% y Puerto Libertador con un crecimiento del 6 % aproximadamente. Dicho comportamiento puede observarse en la siguiente ilustración.

Ilustración 129. Crecimiento poblacional área de influencia del proyecto Cerro Matoso



Fuente: Datos Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Históricamente Cerro Matoso en la región de Córdoba cuenta con una larga trayectoria y tradición minera donde la coexistencia con otras actividades económicas cobra una gran relevancia y en general cumple un papel importante en el desarrollo económico local. Sin embargo, persiste la incertidumbre sobre los impactos ambientales y problemáticas sociales que se desarrollan en su entorno. No obstante, la empresa cuenta con procedimientos de rehabilitación de los depósitos de escoria que propenden por una recuperación racional y positiva para el medioambiente.

En este sentido, actualmente realiza un trabajo articulado con las comunidades campesinas e indígenas de su área de influencia, fomentando la participación en los procesos de rehabilitación y compensación involucrandolos a través de programas de viveros comunitarios para la producción de especies nativas y a partir del programa de siembra y mantenimiento que contribuyen al mejoramiento de la calidad paisajística y al fortalecimiento de la barrera viva que rodea el complejo minero industrial conocido como el anillo verde. En la siguiente ilustración se detallan los logros de los programas que viene implementando la compañía a 2023.

Ilustración 130. Resultados Estrategias de restauración y compensación Cerro Matoso



Registro fotográfico visita de campo EAN -2023

Estrategias de restauración y compensación que involucran comunidades de las zonas de influencia

Viveros Comunitarios	4
Viveros Caseros	200
Producción de árboles nativos	70 especies
Control de especies exóticas	80 personas

Recuperación de Entomofauna a través de:

Hoteles para insectos

Recuperación de diferentes tramos sobre el Río Uré a través de acuerdos con comunidades (apoyo conjunto - Usos y costumbres)

Áreas de prueba de cultivos para diversificación (Limón Tahití - Marañón)

9. Conclusiones

- La extracción de minerales hace parte de ciclos de reconfiguración del paisaje a mediana escala, en este sentido el ciclo minero completo es una oportunidad para el diseño de territorios (paisajes) sostenibles.
- La minería ha tenido efectos positivos en diversos aspectos del territorio a partir de su incidencia en la estructura de nuevos paisajes con perspectiva regenerativa en temas de biodiversidad, agua, creación y/o recreación de hábitats, gestión de riesgo climático e innovaciones institucionales locales.
- Las transformaciones de los paisajes derivadas de la extracción legal de minerales han contribuido sustancialmente con el ordenamiento territorial a través de su estructuración ecológica, a menudo en zonas donde antes de la actividad minera los paisajes estaban dominados por actividades agropecuarias o ilegales con distintos impactos ambientales.
- Las perspectivas de mediano plazo del ciclo minero, en conjunto con la gobernabilidad de la totalidad de los títulos exigida por la ley ha impulsado buenas prácticas en la gestión de los ecosistemas locales, proveyendo espacios y conocimiento para la regeneración del territorio.
- Los debates, controversias y negociaciones con las comunidades han permitido cierta innovación institucional y construir capacidades para la gestión postextractiva o la continuidad de la actividad a largo plazo.

10 . Bibliografía

Agencia de Desarrollo Rural - ADR. (2021). Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial. Departamento de Córdoba. Montería: ADR.

Agencia de Desarrollo Rural; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación . (2021). Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con enfoque territorial. Departamento de la Guajira. Bogotá DC: ADR

Agencia Nacional de Minería – ANM (2022). Ficha de Caracterización Municipal, Municipio de La Jagua de Ibirico. Bogotá DC: ANM

Astrid Ulloa, C. Q. (2020). El acceso al agua en el centro del debate en el sur de La Guajira. Recuperado el 20 de septiembre de 2023, https://www.humanas.unal.edu.co/culturayambiente/application/files/3515/9848/7355/Folleto_El_acceso_al_agua_5.pdf

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA. (2021). Actualización Reporte de Análisis Regional de la Zona Minera del Cesar. Bogotá DC: ANLA.

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA. (2021). Reporte de Alertas Subzonas Hidrográficas. Río Sinú y Alto San Jorge. Bogotá DC: ANLA.

BANCO DE LA REPÚBLICA - COLOMBIA. (28 de Diciembre de 2022). Demografía y economía del departamento de Córdoba, 1951-2019. Recuperado el 19 de Octubre de 2023, de <https://investiga.banrep.gov.co/es/che-57>

Carlos E. Peña Mejía, J. A. (2016). ANÁLISIS DE MUESTRAS DE SEDIMENTO TERRIGENO EN LA GUAJIRA POR IMPACTO DE CARBÓN PARTICULADO. Santa Marta: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA - CORPOGUAJIRA.

Correjón. (2021). Informe de Sostenibilidad 2022. Riohacha: Correjón.

Correjón. (2022). Informe de Sostenibilidad 2022. Bogotá DC: Correjón.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. (2003). RESOLUCION CRA 271 DE 2003. Recuperado el 20 de septiembre de 2023, de https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_cra_0271_2003.htm

Corporación Autónoma Regional de Antioquía, Oficina Territorial Panzenú Caucasia. (2021). Resolución 5250 “ Por la cual se autoriza la cesión de una licencia ambiental” Mineros S.A. 2021 Caucasia: Corantioquia

Corpoguajira. (2018). PLAN INTEGRAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA. PICC-Guajira 2018 – 2030. Riohacha: Corpoguajira.

Corpoguajira. (23 de agosto de 2018). LA GUAJIRA CUENTA CON EL PLAN INTEGRAL DE CAMBIO CLIMÁTICO - PICC. Recuperado el 28 de agosto de 2023, de <https://corpoguajira.gov.co/wp/la-guajira-cuenta-con-el-plan-integral-de-cambio-climatico-picc/>

Corporación Autónoma Regional de La Guajira - CORPOGUAJIRA. (2018). Resolución 3107 de 2018. Riohacha: Corpoguajira.

Corporación Autónoma Regional de La Guajira - CORPOGUAJIRA. (2020). Plan de Acción Institucional 2020-2023. Riohacha: CORPOGUAJIRA.

Corporación Autónoma Regional de La Guajira - CORPOGUAJIRA. (2020). PLAN INTEGRAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA. Riohacha: CORPOGUAJIRA.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA. (s.f.). Gestión del riesgo y adaptación al cambio climático, departamento de La Guajira. Recuperado el 28 de agosto de 2023, de <https://corpoguajira.gov.co/wp/noticias/cambio-climatico/>

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS. (2016). Plan Departamental de Adaptación al Cambio Climático de Córdoba 2016 - 2027. Montería: CVS.

Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR. (2023). Implementación de la estrategia de control integral en los núcleos de deforestación priorizados en el Cesar. Valledupar: CORPOCESAR.

Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR. (2023). Implementación de la estrategia de control integral en los núcleos de deforestación priorizados en el Cesar. Valledupar: CORPOCESAR.

Corporación Autónoma Regional del Cesar. (2017). Plan de Acción Institucional 2016 - 2019. Agua para el Desarrollo Sostenible. Valledupar: CORPOCESAR.

Corporación Autónoma Regional del Cesar. (2017). Plan de Acción Institucional 2016 - 2019. Agua para el Desarrollo Sostenible. Valledupar: CORPOCESAR.(2020).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2022). PIB por departamento. Recuperado el 06 de octubre de 2023, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>

Drummond Ltd. (2022). Informe de Sostenibilidad 2022. Bogotá DC: Drummond Ltd.

Drummond Ltd. (2022). Informe de Sostenibilidad 2022. Bogotá DC: Drummond Ltd.

Gobernación de Antioquia. (2023). Plan Departamental de Extensión Agropecuaria 2020-2023 UNIDOS POR LA VIDA. Recuperado el 25 de septiembre de 2023, de <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/PublishingImages/Paginas/PDEA/Antioquia.pdf>

Gobernación de Antioquia. (s.f.). Mapa de Antioquia. Recuperado el 10 de Octubre de 2023, de <https://antioquia.gov.co/mapa-de-antioquia>

Gobernación del Cesar. (2022). Departamento del Cesar. Recuperado el 18 de octubre de 2023, de <https://cesar.gov.co/d/index.php/es/nosotros/mainmeneldpto/mendepre>

Gobernación del Cesar. (s.f.). Mapa del Departamento. Recuperado el 18 de octubre de 2023, de <https://cesar.gov.co/d/index.php/es/nosotros/mainmeneldpto/mendepre>

Gómez, J.P., Scott K, R.; 2014. Aves del bosque seco tropical de Colombia: las comunidades del valle Alto del río Magdalena - Capítulo 3. Libro EL Bosque Seco Tropical en Colombia. Instituto de Investigaciones y Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2020). NUEVOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA COLOMBIA 2011 - 2100 HERRAMIENTAS CIENTÍFICAS PARA LA TOMA DE DECISIONES. Bogotá DC: IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2020). NUEVOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA COLOMBIA 2011 - 2100 HERRAMIENTAS CIENTÍFICAS PARA LA TOMA DE DECISIONES. Bogotá DC: IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2021). Informe Climatológico. Bogotá DC: IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2022). ALERTAS TEMPRANAS POR DEFORESTACIÓN AT-D. Recuperado el 18 de octubre de 2023, de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/alertas-tempranas-por-deforestacion>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2022). ALERTAS TEMPRANAS POR DEFORESTACIÓN AT-D. Recuperado el 18 de octubre de 2023, de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/alertas-tempranas-por-deforestacion>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2022). ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA. Bogotá DC: IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2023). Estudio Nacional del Agua 2022. Bogotá DC: IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2023). Informe de predicción climática a corto, mediano y largo plazo. Bogotá DC: IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2017). Análisis de Vulnerabilidad al Cambio Climático de los departamentos de Quindío, Cauca, Santander, Cesar, Atlántico y Magdalena. Bogotá : IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (207). Análisis de Vulnerabilidad al Cambio Climático de los departamentos de Quindío, Cauca, Santnader, Cesar, Atlántico y Magdalena. Bogotá : IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (s.f.). *Atlas Climatológico de Colombia 1981 - 2010*. Recuperado el 28 de agosto de 2023, de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)., Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA). (2015). Estudio de Erosión de Colombia. Bogotá DC: IDEAM

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2016). Escenarios de Cambio Climático para precipitación y temperatura en Colombia . Bogotá DC: IDEAM.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - IAvH. (2014). El Bosque Seco Trópical en Colombia . Bogotá DC: IAvH.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2015). Biota Colombiana. Bogotá DC: Humboldt.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (19 de septiembre de 2023). Colombia, un país con una diversidad de suelos ignorada y desperdiciada. Recuperado el 19 de septiembre de 2023, de <https://igac.gov.co/es/noticias/colombia-un-pais-con-una-diversidad-de-suelos-ignorada-y-desperdiciada>

Komar, O., Schlein, O., y Lara, K. 2014. Guía para el monitoreo de integridad ecológica en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Vida Silvestre de Honduras. ICF, SINFOR, Escuela Agrícola Panamericana (EAP/Universidad Zamorano) y Proyecto USAID ProParque. Tegucigalpa, Honduras. 39 pp.

Medina-Rangel, G.F., 2011. Diversidad alfa y beta de la comunidad de reptiles en el complejo cenagoso de Zapatosa, Colombia. En Revista de Biología Tropical. On-line version ISSN 0034-7744Print version ISSN 0034-7744. Rev. biol. trop vol.59 n.2 San José Jun. 2011

Mejía Ospina, W. A.; 2022. Caracterización de Fauna del Banco de Hábitat del Bosque Seco Tropical del Cesar "La Lope" de Terrasos. v1.1. TERRASOS. Dataset/Occurrence. <https://doi.org/10.15472/gmjb3>

Mineros SA. (2022). Memorias de Sostenibilidad. Recuperado el 07 de octubre de 2023, de <https://mineros.com.co/es/sostenibilidad-asg/memoria-de-sostenibilidad>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (20150). Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas. Bogotá DC: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial del Departamento de Cesar 2032. Bogotá DC: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial del Departamento de Cesar 2032. Bogotá DC: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (30 de julio de 2023). La Guajira es la primera línea del cambio climático: Susana Muhamad. Recuperado el 28 de agosto de 2023, de <https://www.minambiente.gov.co/sector-ambiente/la-guajira-es-la-primera-linea-del-cambio-climatico-en-colombia-ministra-muhamad/>

Ministerio de Minas y Energía .(Archivo Junio de 1982). Cerro Matoso otra empresa con inversión IFI. 1982. Bogotá: MME.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2021). Análisis de Situación de Salud (ASIS) Colombia, 2021. Bogotá DC: Ministerio de Salud y Protección Social.

Néstor Gutiérrez Álvarez, M. A. (2022). Efectos del cambio climático: un análisis en el territorio Wayyu en el norte de La Guajira, Colombia. Mexico DF: Revista mexicana de ciencias agrícolas.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Agencia de Desarrollo Rural. (2021). Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial. Departamento de La Guajira. Bogotá DC: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Organización de las Naciones Unidas. (2020). El derecho humano al agua y al saneamiento (hitos). Nueva York: Organización de las Naciones Unidas.

OSORIO, M. E. (2020). ANÁLISIS ESPACIAL DE LA CAPTACIÓN DE FUENTES HÍDRICAS EN LAS ZONAS, RURALES DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA, COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN TERRITORIAL. Montería: UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2023). Registro Único Nacional de Áreas Protegidas - Departamento de Córdoba. Recuperado el 19 de octubre de 2023, de <https://runap.parquesnacionales.gov.co/departamento/930>

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (s.f.). Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia - SINAP. Recuperado el 19 de septiembre de 2023, de <https://old.parquesnacionales.gov.co/porta/es/mapa-de-parques-nacionales-naturales-de-colombia/>

Parrish, J.D., Braun, D.P. & Unnasch, R.S. 2003. Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. BioScience 53(9): 851-860.

Pensamiento y Acción Social. (s.f.). La Guajira, territorio Caribe en transición. Recuperado el 28 de agosto de 2023, de <https://www.pas.org.co/territorio-guajiro>

Perlaza, L.A., Peláez, S.A., 2018. Diversidad de herpetofauna en tres fragmentos de Bosque Seco Tropical (bst) entre los municipios Colosó - Chalán, Sucre, Colombia. Universidad Francisco José de

Caldas. Semillero de Investigación Biogeografía y Ecología Evolutiva Neotropical. Trabajo de grado en modalidad de Investigación-innovación Presentado como requisito parcial para optar al título de Licenciado en Biología.

Pizano, C., González, R., González, M.F., Castro-Lima, F., López, R., Rodríguez, N., Idárraga-Piedrahíta, A., Vargas, W., Vergara-Varela, H., Castaño-Naranjo, A., Devia, W., Rojas, A., Cuadros, H., Lázaro, J.; 2014. Las Plantas De Los Bosques Secos De Colombia – Capítulo 2. Libro EL Bosque Seco Tropical en Colombia. Instituto de Investigaciones y Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible.

Plan Departamental de Extensión Agropecuaria, Departamento de Córdoba 2020 - 2023. Montería: Gobernación del Departamento de Córdoba.

Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia. Medellín: Gobernación de Antioquia.(2018).

Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial . Bogotá DC: Agencia de Desarrollo Rural.

Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP). (abril de 2020). Áreas Protegidas departamento de La Guajira. Recuperado el 19 de septiembre de 2023, de <https://runap.parquesnacionales.gov.co/departamento/931>

Ruíz-Guerra, C. & CifuentesSarmiento, Y. (2021). Aves acuáticas de la cuenca baja del río Sinú, Córdoba, Caribe Colombiano. Biota Colombiana, 22(2), 88-107.

South 32, Cerro Matoso. (2021). Informe de Sostenibilidad 2021. Montería: South 32.

The Council on Hemispheric Affairs. (2018). <https://coha.org/los-efectos-del-cambio-climatico-en-los-pueblos-indigenas/>. Recuperado el 28 de agosto de 2023, de <https://coha.org/los-efectos-del-cambio-climatico-en-los-pueblos-indigenas/>

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). . (2020). Estudio de Mercado Agropecuario La Guajira. Bogotá DC: Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). .

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2019). Diagnóstico de Ordenamiento Social de la Propiedad Rural para el departamento de La Guajira. Bogotá DC: Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA)

Urbina-Cardona, J.N., Navas, C.A., González, I., Gómez-Martínez, M.J., Llano-Mejía, J., Medina-Rangel, G.F., Blanco-Torres, A.; 2017. Determinantes De La Distribución De Los Anfibios En El Bosque Seco Tropical De Colombia: Herramientas Para Su Conservación. Capítulo 5 Libro. EL Bosque Seco Tropical en Colombia. Instituto de Investigaciones y Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible.

Vargas, J. O. (2011). RESTAURACIÓN ECOLÓGICA: BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN. Acta Biológica Colombiana, 16(2), 221-246. Obtenido a partir de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/19280>

Vergara, J. A., Ballesteros J., González, C. & Linares J.C., 2017. Diversidad de aves en fragmentos de bosque seco tropical en paisajes ganaderos del Departamento de Córdoba, Colombia. Revista de Biología Tropical en <file:///C:/Users/fajar/Downloads/0034-7744-rbt-65-04-01625.pdf>

Zambrano, H.; Pardo, M., Naranjo, L. G., 2014. Evaluación de Integridad Ecológica - Propuesta Metodológica - Herramienta para el Análisis de la Efectividad en el Largo Plazo en Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. WWF, Parques Nacionales Naturales, Instituto Alexander von Humboldt.

Sitios Web consultados

<https://www.bioenciclopedia.com/paseriformes-que-son-caracteristicas-y-ejemplos-929.html>

<https://ebird.org/species/bicwre1?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/grekis?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/piwtvr1?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/grasal4?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/trokin?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/fotfly?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/spbwoo1?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/rutpuf1?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/bkmtou1?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/blkvul?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/roahaw?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/savhaw1?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/categr?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/greegr?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/strher?siteLanguage=es>

<https://ebird.org/species/norscr1?siteLanguage=es>

[INaturalist Colombia consultado en https://colombia.inaturalist.org/taxa/67566-Pelecaniformes#:~:text=Los%20Pelecaniformes%20son%20un%20orden,piel%20desnuda%20\(parche%20gular\).](https://colombia.inaturalist.org/taxa/67566-Pelecaniformes#:~:text=Los%20Pelecaniformes%20son%20un%20orden,piel%20desnuda%20(parche%20gular).)

[Revista de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Argentina. FACENA-UNNE – Diapositiva órdenes de Aves, consultado en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjut_HX0reCAXWRlmoFHUXsCF4QFnoECCYQAO&url=https%3A%2F%2Fexa.unne.edu.ar%2Fcarreras%2Fdocs%2FSINTESIS%2520DE%2520ORDENES%2520DE%2520AVES.pdf&usg=AOvVaw2THRca4y3kcqH-Nc18DoUZ&opi=89978449](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjut_HX0reCAXWRlmoFHUXsCF4QFnoECCYQAO&url=https%3A%2F%2Fexa.unne.edu.ar%2Fcarreras%2Fdocs%2FSINTESIS%2520DE%2520ORDENES%2520DE%2520AVES.pdf&usg=AOvVaw2THRca4y3kcqH-Nc18DoUZ&opi=89978449)

[Wikipedia https://es.wikipedia.org/](https://es.wikipedia.org/)

<https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/estado-de-los-ecosistemas/integridad-ecologica>