

**ANÁLISIS TEMPORAL DE LA FRACTURACIÓN DE LA COBERTURA
NATURAL DEL SUELO A PARTIR DE LA EXPLOTACIÓN MINERA DE CARBÓN
A CIELO ABIERTO EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO, CESAR**



AUTOR:

ANDREA VANESSA BARRIOS SANTERO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2024

**ANÁLISIS TEMPORAL DE LA FRACTURACIÓN DE LA COBERTURA
NATURAL DEL SUELO A PARTIR DE LA EXPLOTACIÓN MINERA DE CARBÓN
A CIELO ABIERTO EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO, CESAR**

AUTOR:

ANDREA VANESSA BARRIOS SANTERO

DIRECTOR

JOSE MAURICIO PEREZ ROYERO
MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación con todo mi amor y gratitud a mi madre, Wendy Santero T., quien ha sido mi mayor ejemplo de lucha, sacrificio y amor incondicional. Mami, gracias por estar siempre ahí, por enseñarme a creer en mí misma, y por ser mi constante fuente de fortaleza. Cada paso que doy es una extensión de los valores y el amor que me has brindado. Tus palabras de aliento y tu fe en mí han sido el motor que me impulsó a seguir, incluso en los momentos más desafiantes. Este logro es tanto tuyo como mío.

A mis abuelos David, Rosa y Maritza, gracias por su apoyo, por ser una parte esencial de mi vida y por permitirme ser su apoyo también. Ustedes me han enseñado que la familia es el pilar que sostiene todo lo que somos, y sus historias, consejos y cariño han sido una guía invaluable en mi camino. Gracias por sus abrazos cálidos, sus sonrisas y las lecciones de vida que han moldeado mi carácter. Siempre llevaré con orgullo las enseñanzas que me han dejado, y este logro también lo dedico a ustedes, quienes han sido mis raíces y mi inspiración.

Andrea Vanessa Barrios Santero, 2024.



AGRADECIMIENTO

A lo largo de este recorrido, he aprendido que los logros no se alcanzan en solitario, y este trabajo es el reflejo de la ayuda, el cariño y el apoyo de muchas personas. En primer lugar, a Dios, por ser ese apoyo incondicional, por mantenerme en pie siempre, por dame salud, valentía, perseverancia, y persistencia. También quiero agradecer a mis profesores y asesores, quienes me guiaron con paciencia y dedicación en cada paso de este proceso.

A mi familia, en especial a mi madre, que siempre ha estado a mi lado con palabras de aliento, sabiduría y una fortaleza inmensa. A mis abuelos, quienes me enseñaron desde pequeña el valor del esfuerzo y la constancia, y cuyos consejos y amor me han acompañado en todo momento. Este logro no es solo mío, es de ustedes también.

A Oscar Churio, Yaneth Nieto, Pamela Daza y toda su familia por acogerme y hacerme parte de su familia, por abrirme las puertas de su casa y ayudarme a cumplir esta meta.

A mis amigos, por las risas, los consejos y por recordarme que también hay espacio para disfrutar durante este trayecto. Y a todas las personas que, con pequeñas acciones o palabras, me ofrecieron su apoyo, les agradezco desde el fondo de mi corazón.

Andrea Vanessa Barrios Santero, 2024.



RESUMEN

En el municipio de la Jagua de Ibirico, Cesar, la explotación de carbón ha causado sistemáticamente serios daños a los ecosistemas locales, especialmente en los bosques tropicales de la sierra de Perijá y sus cuencas hidrográficas como la contaminación de los ríos y embalses. La investigación tuvo por objeto analizar temporalmente la fracturación de la cobertura natural del suelo a partir de la explotación minera de carbón a cielo abierto en el municipio de La Jagua De Ibirico, Cesar. Se observó una tendencia de disminución en la cobertura de los bosques y arbustales en las últimas décadas, especialmente en el período 1990-2010, con una disminución promedio del 5% en la cobertura de bosque de galería y ripario, 12% en la cobertura de arbustal, 42% en la cobertura de herbazal y 19% en la cobertura de bosque denso. Sin embargo, también se vio un aumento en la cobertura de bosque fragmentado en el mismo período, con un aumento del 9% entre 1990 y 2010 y del 16% entre 2010 y 2022. La disminución en la cobertura de bosques y arbustales puede ser atribuida a factores como la deforestación, la fragmentación de hábitats y el cambio climático. Por otro lado, el aumento en la cobertura de bosque fragmentado puede ser un indicador de la recuperación de áreas degradadas o la expansión de bosques en áreas previamente no forestadas.

Palabras claves: Cobertura natural, fragmentación, degradación del suelo.

ABSTRACT

In the municipality of Jagua de Ibirico, Cesar, coal exploitation has systematically caused serious damage to local ecosystems, especially in the tropical forests of the Perijá mountain range and its watersheds, such as the pollution of rivers and reservoirs. The objective of the research was to temporarily analyze the fracturing of the natural soil cover from open-pit coal mining in the municipality of La Jagua De Ibirico, Cesar. A decreasing trend will be observed in the coverage of forests and shrubs in recent decades, especially in the period 1990-2010, with an average decrease of 5% in the coverage of gallery and riparian forests, 12% in the coverage of shrubland, 42% in grassland coverage and 19% in dense forest coverage. However, an increase in fragmented forest cover was also seen in the same period, with an increase of 9% between 1990 and 2010 and 16% between 2010 and 2022. The decrease in forest and shrub cover can be attributed to factors such as deforestation, habitat fragmentation and climate change. On the other hand, the increase in fragmented forest cover can be an indicator of the recovery of degraded areas or the expansion of forests in previously unforested areas.

Keywords: Natural cover, fragmentation, soil degradation.



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN.....	V
INTRODUCCIÓN	5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	9
3. OBJETIVOS.....	11
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4. MARCO REFERENCIAL.....	12
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
4.2. MARCO TEÓRICO.....	14
4.2.1. <i>Producción de Carbón</i>	<i>14</i>
4.2.2. <i>Cobertura vegetal</i>	<i>16</i>
4.2.3 <i>Métodos para determinar la dinámica espaciotemporal de la transformación de la cobertura natural.</i>	<i>17</i>
4.3. MARCO CONCEPTUAL	19
4.4. MARCO CONTEXTUAL.....	20
4.5. MARCO LEGAL.....	23
5. MARCO METODOLÓGICO	26
5.1. LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN	26
5.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	26
5.3. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO	26
5.5. MUESTRA POBLACIONAL	26
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	31
6.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS COBERTURAS NATURALES DE LAS ZONAS DE EXTRACCIÓN DE MINERÍA DE CARBÓN MEDIANTE MAPAS DE COBERTURA	

PRESENTES EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO EN LOS AÑOS 1990 A
2022 31

6.2 DETERMINACIÓN DE LA DINÁMICA ESPACIOTEMPORAL DE LA TRANSFORMACIÓN DE COBERTURAS NATURALES A CAUSA DE LA ACTIVIDAD MINERA DE EXTRACCIÓN DE CARBÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES	45
6.3 FORMULACIÓN DE MEDIDAS DE RECUPERACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL QUE CONTRIBUYAN A LA PLANEACIÓN AMBIENTAL DEL MUNICIPIO.....	57
7. CONCLUSIONES.....	64
8. RECOMENDACIONES.....	65
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	66



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Modelo general de la metodología Corine Land Cover (CLC).....	18
Figura 2 Ubicación del municipio de la Jagua.....	22
Figura 3 Cobertura natural año 1990	33
Figura 4 Cobertura natural año 2010	34
Figura 5 Cobertura natural año 2022	35
Figura 6 Títulos mineros	44
Figura 7 Títulos mineros	45
Figura 8 Títulos mineros.....	46
Figura 9 Cobertura natural año 1990	50
Figura 10 Cobertura natural año 2010	51
Figura 11 Cobertura natural año 2022	52
Figura 12 Índice de parche.....	54
Figura 13 Promedio de fragmentación.....	55
Figura 14 Porcentaje de coberturas.....	56
Figura 15 Entrevista.....	57



LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Normatividad	23
Tabla 2 Recopilación documental	31
Tabla 3 Cambios en las coberturas naturales	37
Tabla 4 Cobertura periodo 1990 a 2010.....	39
Tabla 5 Cobertura periodo 2010 a 2022.....	40
Tabla 6 Cobertura periodo 1990 a 2022.....	42
Tabla 7 Titulos mineros	43
Tabla 8 Cobertura natural en jurisdicción de cada empresa minera.	47
Tabla 9 Información utilizada	49
Tabla 10 Alternativas	59



INTRODUCCIÓN

Los agentes antrópicos son los más impactantes modeladores del paisaje y provocan los principales cambios ecológicos de la Tierra a escalas locales y globales (Hooke, 2000). Los inicios de la actividad minera se remontan a un poco antes de la denominada edad de piedra en el uso y escogencia de rocas como armas ornamentales, y hoy en día, es la actividad más demandada para el abastecimiento energético mundial, además de otras importantes aplicaciones de los materiales para construcción, poder calórico y transferencia eléctrica (Ministerio de Minas y Energía, 2006).

La actividad minera ha sido la salida económica de muchos países emergentes que ven en ella un gran aporte monetario luego de la caída de la producción, específicamente carbonífera, en Europa y Rusia (Ministerio de Minas y Energía, 2006). Por ello, la participación latinoamericana ha aumentado y Colombia se sitúa como el más importante productor de esmeraldas y una gran promesa en la explotación de carbón (con una participación del 1,2% al 2004) (Ministerio de Minas y Energía, 2006). A las etapas del proceso del carbón le son inherentes grandes impactos ambientales y sociales debido a las transformaciones que causa en las regiones donde se establece.

La Defensoría del Pueblo (2010) establece que además de las consecuencias inmediatas sobre el paisaje, se generan de forma directa impactos como la alteración de la dinámica hidráulica de la región, contaminación de las aguas, de los suelos y del aire y afectación de las especies de flora y fauna, entre otros. Teniendo en cuenta que las zonas que registran mayor producción de carbón térmico son los departamentos de la Guajira y el Cesar, y donde su explotación es en su mayoría a cielo abierto, es de gran relevancia realizar estudios que permitan establecer el alcance de los impactos en las zonas donde se llevan a cabo dichas actividades (Garay et al., 2014).

En virtud de lo señalado, se debe tener en cuenta que el paisaje es una superficie terrestre donde se manifiestan los cuatro procesos ecológicos fundamentales (ciclo del agua, los ciclos biogeoquímicos o de nutrientes, el flujo de energía y la dinámica de las comunidades), los cuales se ven afectados por la minería a cielo abierto debido a que la actividad requiere de la limpieza total del terreno, realizando descapote y posterior adecuación

del área para el inicio de las labores de explotación lo cual genera la pérdida total de la cobertura natural presente (Garay et al., 2013).

La investigación se estructura en nueve capítulos, divididos de la siguiente manera: en el capítulo número uno, se realiza la descripción del planteamiento del problema, el capítulo número dos menciona la justificación. El capítulo número tres menciona los objetivos de la investigación. El capítulo 4 encontramos el marco referencial. El capítulo número cinco, hace referencia al marco metodológico, en el que se encuentra la descripción de la línea, sublínea, tipo, nivel, población y muestra que requiere el desarrollo de la investigación. Adicionalmente, se encuentra el desarrollo metodológico. El capítulo sexto son los resultados que se esperan obtener. Posteriormente, en el capítulo séptimo se encuentra el cronograma, seguido por el capítulo octavo, presupuesto y por último la bibliografía.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La minería es una actividad que produce un importante impacto a nivel ambiental, social y económico (Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales, 2004). Sobre el impacto ambiental que produce esta actividad se pueden encontrar efectos sobre la salud de las personas (Lockwood et al (2009); Hawkins (2014); CINEP (2014)), sobre los organismos silvestres (Cabarcas, Olivero, & Orrales, 2012), sobre el recurso hídrico (Hammond, Rosales, & Ouboter, 2013) y su efecto sobre los ecosistemas (Fierro (2012b); (Mendieta et al., 2010)).

Por su parte, Duque et al. (2013) afirma que la fragmentación y la deforestación representan una de las principales amenazas para la biodiversidad tropical; existen estudios (Arroyo-Rodríguez et al., 2009) que confirman que los paisajes fragmentados no pueden albergar una gran diversidad biológica.

El municipio de La Jagua de Ibirico ocupa una posición central y posee casi el 50% de su área con títulos mineros vigentes al 2015 (Tierra Minada, 2015). Según Corpocesar (2018), la zona podría presentar fragmentación de las coberturas naturales, vista como un indicador directo del estado físico de los ecosistemas deteriorados como consecuencia de la expansión minera.

Por otra parte, la investigación de Vallejo, (2010), demostró por medio de mapas elaborados a partir de imágenes satelitales de la NASA el cambio en la cobertura de bosques y el uso del territorio en el municipio de la Jagua de Ibirico, ante ‘picos’ económicos o productivos entre 1960 y 2010. Entre los impactos devastadores está la solidificación del suelo, degradación de áreas protegidas, aumento del cambio climático, deforestación, migración de especies, aumento de la evaporación, como consecuencia de la expansión minera.

Así mismo, en el municipio de la Jagua, según Corpocesar (2022), la explotación de carbón ha causado sistemáticamente serios daños a los ecosistemas locales, especialmente en los bosques tropicales de la sierra de Perijá y sus cuencas hidrográficas como la contaminación de los ríos y embalses, lo que además ha significado fuertes impactos en los centros poblados y pueblos indígenas, especialmente los pueblos Wayuu, Yupka y Bari que en muchos casos han sido desplazados por las faenas carboníferas y sus impactos negativos múltiples.

Como consecuencia se plantea la siguiente pregunta problema:

¿En qué medida ha contribuido la actividad minera a la pérdida de coberturas naturales del suelo en el municipio de la Jagua de Ibirico?



2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El cambio de uso del suelo es uno de los temas de mayor interés en la actualidad para las ciencias ambientales y la ecología, ya que este fenómeno constituye uno de los factores involucrados en el calentamiento global al alterar los ciclos biogeoquímicos, como el del agua o el del carbono (Diouf y Lambin, 2001).

El conocimiento de la Cobertura y Uso de la tierra constituye uno de los aspectos más importantes dentro del análisis físico-biótico para el Ordenamiento Territorial, por ser indispensable no solo en la caracterización y espacialización de las unidades de paisaje, sino también por su influencia marcada en la formación y evolución de los suelos, soporte a su vez de la vida vegetal y sustento animal (López, 2006: 2).

Por medio de la investigación se analizó la fracturación de la cobertura natural del suelo a partir del impacto minero del año 1990-2020 en el municipio de la Jagua de Ibirico, Cesar, lo anterior por medio de tres fases: identificar las coberturas naturales y las zonas de extracción minera presentes en el municipio de La Jagua de Ibirico en los años 1990 a 2020, determinar la dinámica espaciotemporal de la transformación de coberturas naturales a causa de la extracción minera y finalmente, formular medidas de recuperación de la cobertura vegetal que contribuyan a la planeación ambiental del municipio, vista como un indicador directo del estado físico de los ecosistemas y herramienta clave para su manejo y conservación. Dado lo anterior, el estudio permitió conocer el grado actual y dinámica de la intervención o impacto de la minería legal en el municipio de la Jagua, sus afectaciones sociales, económicas y ambientales sobre el desarrollado de la cobertura vegetal a través del tiempo, generando referentes investigativos de base a las autoridades ambientales de información veraz y actualizada, para la toma de decisiones y articulaciones que contemplen dentro de los planes de ordenamiento territorial, la transformación progresiva del suelo, la fragmentación de la cobertura, respetando las áreas de conservación ambiental y zonas de protección de relevancia a nivel municipal.

Finalmente, la investigación sirvió como herramienta de planificación para que las autoridades locales, departamentales y nacionales, tomen acciones que permitan contrarrestar, compensar, mitigar y restaurar suelos degradados en la región carbonífera que generen

proyectos y estrategias en el avance de la región para mitigación de daños ambientales y la generación de empleo, a la vez que se consigue un desarrollo y crecimiento sostenible.



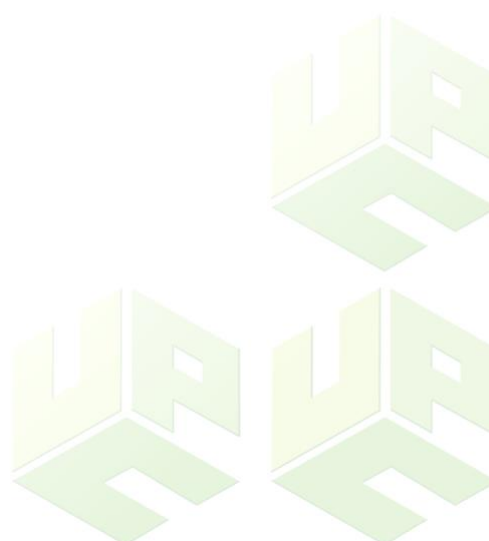
3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar temporalmente la fracturación de la cobertura natural del suelo a partir de la explotación minera de carbón a cielo abierto en el municipio de La Jagua De Ibirico, Cesar.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las coberturas naturales de las zonas de extracción de minería de carbón mediante mapas de cobertura presentes en el municipio de La Jagua de Ibirico en los años 1990 a 2022
- Determinar la dinámica espaciotemporal de la transformación de coberturas naturales a causa de la actividad minera de extracción de carbón mediante imágenes satelitales
- Formular medidas de recuperación de la cobertura vegetal que contribuyan a la planeación ambiental del municipio.



4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Cuellar, C. (2021), realizó la investigación llamada: análisis multitemporal de pérdida cobertura vegetal y su relación con los movimientos en masa a partir de la evidencia de ocurrencias conocidas (inventario de procesos morfodinámicos) del municipio de Cartago, Valle del Cauca en la Universidad Católica de Manizales. Se realizó un estudio de la pérdida de cobertura vegetal para el municipio de Cartago Valle de Cauca, mediante un análisis multitemporal entre los años 2010-2020. Este estudio permitió la identificación de las diferentes coberturas con las cuales cuenta el municipio. Para ello se utilizó el programa ArcGIS en el procesamiento de las imágenes satelitales, se aplicó la metodología Corine land cover adapta para Colombia, la cual permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra. Además, se cuantifica utilizando tablas para registrar los datos y luego realizar sus análisis sobre la pérdida. Entre los resultados se destaca que la mayor pérdida ocurrió entre los años 2010 a 2014 y dentro los años 2014 a 2020 se recuperó. A su vez, con el inventario se observa que los movimientos en masa también incrementaron, en especial para el 2014. Para el periodo de tiempo 2014 al 2020 se nota que las coberturas tuvieron recuperación, pero los fenómenos de movimientos en masa siguen siendo recurrentes y aumentando. Por esta razón, se puede concluir que sí existe una relación entre la pérdida de cobertura y los movimientos en masa para el municipio de Cartago en el período analizado.

Carrillo (2019), realizó la investigación titulada: investigación de los impactos ambientales generados por la minería ilegal, a través de una metodología de marco ordenador común, en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Tuvo como objeto identificar los impactos ambientales de la extracción ilícita de yacimientos mineros en zonas de influencia del ELN, los grupos armados organizados (GAO), y los GAO residuales de las FARC y la afectación a los recursos naturales por fenómeno criminal. Para esto se utilizó la revisión bibliográfica sistemática relacionada con la afectación ambiental que genera la minería de aluvión y con base en esto aplicar el marco ordenador común Presión, Estado y Respuesta (PER) del OCDE. Se logró constatar algunos de los impactos que genera la extracción ilícita de yacimientos mineros, en el agua, el suelo, la fauna y la flora local, donde la mayoría de los impactos son persistentes en el ambiente, como lo es el mercurio en el suelo, y finalmente

establecer cuáles son las respuestas o soluciones que pueden generar las Fuerzas Militares de Colombia frente a esta actividad criminal.

Espejo, N. (2018), realizó el proyecto llamado: incidencia de la dinámica de las coberturas vegetales en la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en el municipio de Mocoa, Putumayo en la Universidad Pontificio Javeriana. Al realizar un análisis de la dinámica de las coberturas en los años 2001, 2013 y 2016, se pudo evidenciar que se presentaron pérdidas de coberturas boscosas y aumento de coberturas urbanas, al realizar el análisis de la susceptibilidad a movimientos de remoción en masa, componente cobertura de la tierra, se pudo definir que el municipio posee en su mayoría susceptibilidad media y alta, finalmente para validar los resultados obtenidos se realizó una interpretación de coberturas después del evento presentado en el año 2017, en la cual se logró identificar espacialmente las áreas afectadas por los derrumbes, siendo estas en su mayoría tejidos urbanos los cuales en el análisis de susceptibilidad me presentaban riesgo al estar catalogado con pérdida de coberturas naturales y susceptibilidad alta, confirmando así que la metodología utilizada en esta investigación basada en la guía de susceptibilidad del Servicio Geológico Colombiano año 2017, arroja resultados reales para el análisis de este tipo de eventos, dicha información debería ser clave en la planificación del territorio colombiano con el fin de evitar y/o minimizar los efectos de estos desastres naturales, para ello se propone un monitoreo enfocado en tres ejes principales: tecnológico, ambiental y social.

Muñoz, et. Al, (2017), elaboraron el proyecto: Impacto de la pérdida de la vegetación sobre las propiedades de un suelo aluvial en la Universidad de México. El propósito de este trabajo fue comparar y analizar la dinámica de 16 propiedades de dos clases de suelo aluvial (con distinta textura) a través del tiempo, contrastando diversos sitios donde el suelo está protegido por una cubierta vegetal y otros donde el suelo está desnudo y no permite el establecimiento de plantas. Durante cuatro años se realizaron muestreos para registrar la variación y tendencia en el tiempo de 16 propiedades físicas y químicas. Los datos obtenidos se analizaron e interpretaron utilizando pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas multivariadas. Los resultados indican que la mayoría de las propiedades no mostraron fluctuaciones significativas con respecto al tiempo; esto quiere decir que cuatro años no fueron suficientes para registrar cambios importantes. Sin embargo, la condición del sitio fue el factor más determinante, ya que influyó en más propiedades. Se observó que los suelos de textura

finas son más propensas a la degradación física que las de textura gruesa, ya que favorecen el sellado y la formación de costras.

Pastrana, O. (2015), desarrolló la investigación titulada: Análisis De Cambio De Uso De Suelo Mediante Percepción Remota En El Municipio De Valle De Santiago, para optar por el título de maestría en geomática del Centro Público de Investigación CONACYT, México. El presente trabajo fue realizado en el municipio de Valle de Santiago, Guanajuato y tuvo por objeto analizar el cambio de uso de suelo mediante imágenes satelitales y técnicas de percepción remota, cuantificando los cambios ocurridos durante 3 décadas, estableciendo 6 periodos de tiempo para el análisis. En el análisis de cambio se utilizó el método de comparación de imágenes post-clasificación. El estudio se realizó en dos fases: cuantificar los cambios ocurridos durante 3 décadas y caracterizar el cambio de uso del suelo en un lapso de 3 décadas. Los resultados mostraron que a lo largo de los 28 años que comprendió el estudio, la agricultura continúa predominando el paisaje del municipio, no obstante, esta actividad se ve comprometida por la disminución del agua que acorde con los resultados de este estudio para 1979 abarcaba una extensión de 492.55 ha y para el 2006 solo se cuantificaron 92.52 ha. Esta situación debería ser un llamado de atención para que las autoridades competentes fomenten acciones para el manejo sustentable del agua que es el motor principal de la actividad agrícola del municipio.

4.2. MARCO TEÓRICO

4.2.1. Producción de Carbón

El carbón mineral está compuesto principalmente por carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre; se origina en transformaciones físicas y químicas de grandes acumulaciones vegetales, depositadas en diferentes lugares (Ministerio de Minas y Energía, 2019). El carbón se utiliza generalmente para la generación de energía a partir de calor o vapor. El carbón está clasificado en 5 grupos: antracita, bituminoso, subbituminoso y, lignito y turba. Esta clasificación se realiza según la composición de vegetales y el grado de metamorfismo que presentaron durante su formación.

El carbón es el combustible fósil más abundante en el mundo, para finales del año 2000 se estimaba que la reserva total era de más de un billón de toneladas, distribuidas geográficamente en países de todos los continentes (Defensoría del Pueblo, 2018). Para 2010,

los países con las mayores reservas eran Estados Unidos con un 27,6%, Rusia con el 18,2%, China con 13,3% y Australia el 8,9% (Ministerio de Minas y Energía, 2019). Durante las últimas tres décadas la producción de carbón ha mostrado una dinámica creciente; los principales productores de carbón a nivel mundial para el 2010 eran China, Estados Unidos, India, Australia, Sudáfrica, Rusia, Indonesia y Kazajistán, con producciones anuales superiores a los 100 Mt, los cuales aportan cerca del 93,22% de la producción mundial (Ministerio de Minas y Energía, 2019).

Por su parte, en Colombia se estimaban 6.593,4 millones de toneladas de carbón equivalentes al 0,8% del total mundial, con una producción de 74,35 Mt anuales siendo así el décimo productor de carbón para el año 2010; teniendo como su fuerte la producción de carbón térmico (dentro del grupo de bituminosos)

4.2.1.1. Minería a cielo abierto

La minería a cielo abierto es una técnica de extracción de materiales que requiere el descapote y limpieza total de la capa edafológica de la zona y su explotación se realiza siempre sobre el yacimiento horizontal. Dentro de la minería cielo abierto existen submétodos clásicos que se utilizan dependiendo de las características estructurales de la zona y las aplicaciones de cada una de las técnicas para dar como resultado un tipo de material (Ramos, 2010):

Minas cortas: Se usa para yacimientos masivos o de capas inclinadas mediante un banqueo descendente y troncocónico. Es común para minería metálica y se adaptaron las últimas décadas algunas modificaciones para los yacimientos de carbón.

Descubiertas: Se aplica para yacimientos horizontales, consiste en un avance unidireccional de un solo banco y se vierte el estéril al hueco de la fase anterior. Es muy usado para extracción de carbón.

Contorno: Se usa en yacimientos de carbón y otros horizontales. Consiste en la excavación del estéril y del mineral en sentido transversal al afloramiento, hasta alcanzar el límite económico, dejando un talud de banco único y progresión longitudinal siguiendo la forma del afloramiento

Terraza: Se realiza un banqueo unidireccional a yacimientos relativamente horizontales, de uno o varios niveles mineralizados y con recubrimientos potentes, pero que permite depositar el estéril en el hueco creado transportándolo alrededor de la explotación.

Otras técnicas para materiales de construcción: Se usan técnicas conocidas como canteras, término genérico para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción; y graveras, que se realizan en las riveras

4.2.2. Cobertura vegetal

La cobertura del terreno y el uso del terreno son dos elementos claves que describen al ambiente terrestre con a la naturaleza y las actividades humanas. El término “Cobertura del Terreno”, se aplica a aquellos objetos que se localizan sobre la superficie del planeta y que pueden ser de origen natural (bosques, glaciares, ríos, lagos, entre otros); o producidos y mantenidos por el hombre (carreteras, ciudades, presas, etc.); es estudiada por las ciencias naturales y se refiere al estado físico de la cobertura vegetal, esta cobertura está determinada por factores biofísicos, como son el clima, topografía, tipo de suelos, disponibilidad de agua y el tipo de vegetación (López, 2006: 26).

Un tipo de cobertura puede involucrar diferentes usos (por ejemplo, un bosque puede tener usos forestales, de conservación y de investigación), de la misma forma un uso de suelo puede involucrar diferentes categorías de cobertura (por ejemplo, en México, la actividad pecuaria se puede desarrollar en pastizales, tierras de cultivo, matorrales e inclusive bosques). La relación entre el tipo de cobertura y el uso del suelo no es una relación única, puede ser de un tipo de cobertura a un uso específico, de un tipo de cobertura a diferentes de usos, y de diferentes coberturas a diferentes usos (Meyer y Turner 1994).

4.2.2.1. Transformación de coberturas y matrices de transición

De acuerdo con los procesos espaciotemporales que involucran transformaciones en la estructura paisajística, Forman (1995) estima que los principales procesos de transformación del patrón de un paisaje son perforación, disección, fragmentación, contracción y consumación.

Cuando la intervención sobre el paisaje se intensifica, comienza el fenómeno de “fragmentación”, que es el quiebre de los parches o hábitats en pequeños fragmentos (islotas) de tamaños variables. Forman (1995) afirma que la “disección” podría ser considerada como

un caso especial de fragmentación; su diferencia radica en que la disección es la separación de fragmentos por elementos lineales. Estos dos procesos aumentan el número de parches y disminuyen su conectividad (Sánchez, et. Al, 2021).

Los anteriores procesos conllevarían a originar fenómenos de “contracción”, que implican un decrecimiento cada vez mayor del tamaño de los parches o hábitats, que ya han sido fragmentados. Finalmente se encuentra el proceso espacial de “consumación” o desaparición de los remanentes existentes en el paisaje; que implica casi una total eliminación de parches o hábitats (Sánchez, et. Al, 2021).

Los anteriores procesos de transformación se estudian mediante imágenes, ya sean satelitales o fotográficas tomadas en distintos tiempos para identificar el cambio en el patrón del paisaje; y para definir los cambios año a año se utilizan tablas con arreglos simétricos llamadas matrices de transición. Éstas, contienen en uno de los ejes los tipos de vegetación y usos del suelo en el primer año (base) y en el otro eje (segundo año) estos mismos tipos. De esta forma, cada una de las celdas de la diagonal principal de la matriz representa la superficie (en hectáreas) de cada clase de cobertura vegetal y uso del suelo que permaneció en la misma categoría en el período de tiempo considerado, mientras que el resto de las celdas estiman la superficie de una determinada cobertura o tipo de uso de suelo que pasó a otra categoría (López, 2019) permitiendo entender la dinámica de cambio en la cobertura y uso de suelo a nivel local y/o regional (Sánchez, et. Al, 2021).

4.2.3 Métodos para determinar la dinámica espaciotemporal de la transformación de la cobertura natural.

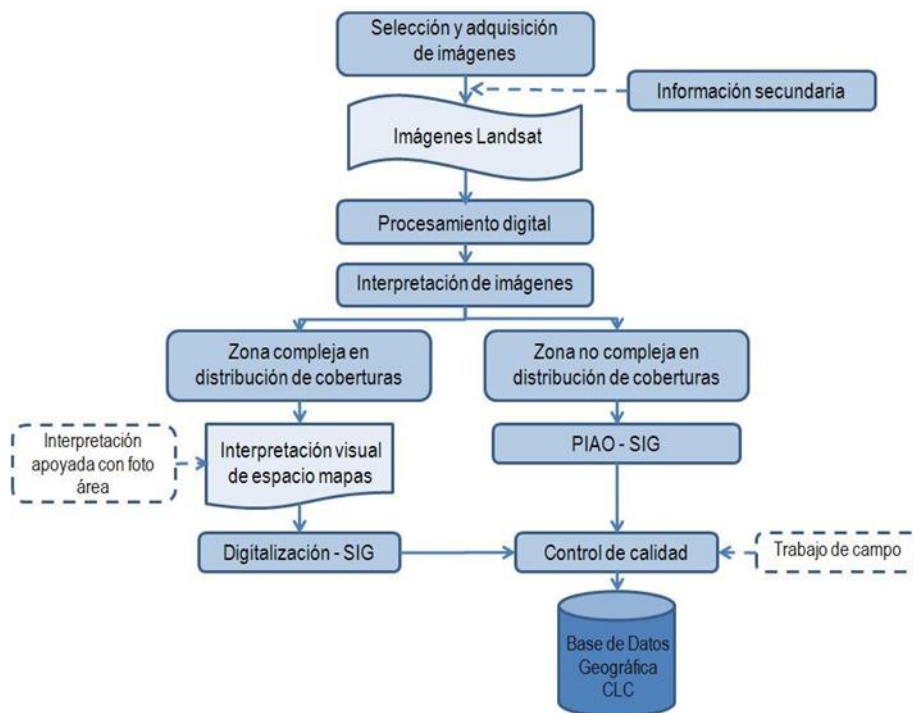
- **Metodología Corine Land Cover**

Dentro del programa CORINE (Coordination of information on the environment) promovido por la Comisión de la Comunidad Europea fue desarrollado el proyecto de cobertura de la tierra CORINE Land Cover 1990 (CLC90), el cual definió una metodología específica para realizar el inventario de la cobertura de la tierra. La base de datos de Corine Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas.

El esquema metodológico Corine Land Cover contempla las siguientes etapas: adquisición y preparación de la información; análisis e interpretación de las coberturas; verificación de campo, control de calidad y generación de la capa temática escala 1:100.000. 1. (Figura 1. Modelo general de la metodología CLC)

Figura 1

Modelo general de la metodología Corine Land Cover (CLC)



Nota: Tomado de IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA. (2007)

Nota: Melo y Camacho, 2005, en Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca, Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000, IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA (2007)

- **Metodología Landsat**

Landsat 8 es un satélite de observación de la Tierra construido, lanzado y operado en la colaboración de la NASA con el USGS. El estudio de los datos se realiza mediante dos sensores principales. El satélite opera en luz visible, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta e infrarrojo térmico (de onda larga) (EOS Data, 2021).

Durante el seguimiento de la cubierta terrestre es posible seleccionar una o varias bandas espectrales del Landsat 8 para crear una imagen más clara debido a las necesidades específicas de los diferentes tipos de investigación, es posible utilizar imágenes en falso color para mejorar el aspecto visual de los datos. La oportunidad que se ofrece es la de sustituir el color verdadero de la imagen por el color requerido (EOS Data, 2021).

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Cobertura del terreno: El término “Cobertura del Terreno”, se aplica a aquellos objetos que se localizan sobre la superficie del planeta y que pueden ser de origen natural (bosques, glaciares, ríos, lagos, entre otros); o producidos y mantenidos por el hombre (carreteras, ciudades, presas, etc.) (López, 2006: 26).

Contaminación del suelo: Generada por dos aspectos, por áreas rurales que contaminan mediante el uso de agentes químicos para aumento de producciones y subutilización del suelo y los generados por la atmosfera a través de la absorción de contaminación en el aire, afectando a suelos a través de lluvias contaminantes con metales pesados y otros agentes (Solís, 2018).

Contaminación Minera: La explotación minera en su proceso de explotación mencionado anteriormente en el concepto de minería en cada una de las fases genera destrucción de vegetación para generar caminos, adicional se remueven capas de suelo para la extracción de materiales, con lo cual inicialmente generan talas y quemas, generando desechos de material estéril tóxicos y desechos de rocas al medio ambiente (Solís, 2018).

Exploración: Análisis del territorio a través de estudios de campo, perforaciones y análisis de las pruebas. Para la realización de la exploración es necesario desforestar grandes áreas de vegetación (Valladares, Dal Pozzo, & Castillo, 2013)

Minería: Actividad económica de explotación de yacimientos para la extracción de materiales (Ministerio de Minas y Energía, 2003, pág. 108). “Su instauración depende de la ocurrencia mineralógica que ofrecen las condiciones geológicas de un área” (Valladares, Dal Pozzo, & Castillo, 2013)

Ocupación territorial: La forma en la que los seres humanos ocupan el territorio expresa cómo es su sistema económico, su cultura y cómo se relacionan con la naturaleza. Los

procesos de ocupación territorial varían a lo largo del tiempo, pues cada sociedad usa los recursos y transforma el territorio de una manera diferente (Instituto geográfico nacional, 2023).

Sistema de información geográfica: Un Sistema de Información Geográfico (SIG) permite relacionar cualquier tipo de dato con una localización geográfica. Esto quiere decir que en un solo mapa el sistema muestra la distribución de recursos, edificios, poblaciones, entre otros datos de los municipios, departamentos, regiones o todo un país (Ministerio de Educación, 2022).

Uso del suelo: El uso del suelo abarca la gestión y modificación del medio ambiente natural para convertirlo en terreno agrícola: campos cultivables, pastizales; o asentamientos humanos. El término uso del suelo también se utiliza para referirse a los distintos usos del terreno en zonificaciones (Instituto geográfico nacional, 2023).

4.4. MARCO CONTEXTUAL

El Distrito minero La Jagua se encuentra ubicado en la parte central del departamento del Cesar en jurisdicción de los municipios de Becerril, El Paso, Codazzi, la jagua y la loma. Su actividad minera está centrada en la explotación de los mantos de carbón que se encuentran en la formación Los Cuervos (Alcaldía Municipal de La Jagua de Ibirico, 2024).

El municipio de La Jagua de Ibirico tiene un área de 73.983,39 hectáreas, limita al norte con el municipio de Becerril, al sur con el municipio de Chiriguaná, por el oriente con la República de Venezuela y por el occidente con el municipio de El Paso. La cabecera municipal se encuentra a una distancia aproximada de 131 Km de la capital del departamento de Valledupar (Alcaldía Municipal de La Jagua de Ibirico, 2024).

Las principales actividades económicas de La Jagua de Ibirico son la agricultura y la minería. Cuenta con cultivos transitorios como arroz, algodón, maíz, yuca y frijol; con cultivos permanentes como la palma africana, café, plátano, aguacate y cacao. Sin embargo, esta actividad se ha ido desplazando paulatinamente dando paso a la minería de carbón (Alcaldía Municipal de La Jagua de Ibirico, 2024).

De acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la población del municipio La Jagua de Ibirico ha venido aumentando en los últimos años,

pasando de 16.607 habitantes en el año 1996 a 22.311 para el 2016. Geográficamente el municipio de La Jagua de Ibirico se encuentra conformado por la planicie aluvial del río Cesar y el macizo de la ecoregión de la Serranía de Perijá. Debido a su topografía, esta región comprende diversidad de paisajes, desde sabanas tropicales, hasta alturas que llegan a los 2.800 msnm. A lo largo del municipio se presenta una variación de temperatura, en la zona plana del territorio la temperatura oscila entre los 28 y 32°C, en el área de piedemonte varía entre 17 y 24°C y en la serranía la temperatura es baja presentando promedios de 14 a 17°C. Hidrográficamente, el municipio cuenta con ríos, riachuelos y arroyos que vienen de la cordillera oriental y bajan a tierras bajas, beneficiando el desarrollo de actividades económicas como la agricultura (Mendieta et al., 2010).



Figura 2

Ubicación del municipio de la Jagua de Ibirico



Nota: La imagen presenta la ubicación del municipio de la Jagua de Ibirico.

4.5. MARCO LEGAL

Tabla 1

Marco Legal

NORMA	DESCRIPCIÓN
CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA	<p>ARTICULO 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.</p>
Ley 99 de 1993.	<p>ARTICULO 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.</p>
Ley 99 de 1993.	<p>Crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Reforma el sector Público encargado de la gestión ambiental. Organiza el sistema Nacional Ambiental y exige la Planificación de la gestión ambiental de proyectos.</p>
Ley 388 de 1997	<p>Se define como el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo</p>
Ley 461 de 1998	<p>aprueba la "Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular África"</p>

Ley 1391 de 2018 de Se establecen las directrices para la gestión del cambio climático y acciones de adaptación al cambio climático.

Ley 1523 de 2012 de Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones

Ley 1753 de 2015 de «Formulación e implementación de planes sectoriales de adaptación al cambio climático y planes de acción sectorial de mitigación de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono. Implementación de la Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones debidas a la Deforestación y Degradación Forestal, REDD+, en coordinación con otros ministerios y entidades públicas y el sector privado en el marco de la política nacional de cambio climático».

Decreto ley 2811 de 1974. se señala que el uso de los suelos debe realizarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos y que se debe determinar el uso potencial y clasificación de los suelos según los factores físicos, ecológicos, y socioeconómicos de la región

Decreto 298 de 2016 de «por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático y se dictan otras disposiciones»

Resolución 0170 de 2009 se declaró el año 2009 como año de los suelos y el 17 de junio como Día Nacional de los Suelos; además se le asigna al Ministerio, entre otras la obligación de formular políticas y expedir normas, directrices e impulsar programas y proyectos dirigidos a la conservación, protección, restauración, recuperación y rehabilitación de los suelos.

Resolución 1447 de 2018 Por medio de la cual se monitorean las acciones para la mitigación del cambio climático a nivel nacional.

Política de define el suelo, sus funciones y servicios ecosistémicos que presta al país, así
gestión del como un plan de acción para su conservación y uso adecuado.
suelo (2016).

Nota: Tomado de Constitución Política de Colombia, 1991



5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

Conforme al Acuerdo N°003 del 08 de julio de 2021 establecido por el Consejo de la Facultad de Ingeniería y Tecnológicas, la línea, sublínea y área temática a la cual se adscribe esta investigación:

Línea: Sostenibilidad y gestión ambiental

Sublínea: Gestión integral ambiental del suelo.

5.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de investigación al que corresponde la investigación fue cualitativo. Se suelen determinar o considerar técnicas cualitativas todas aquellas distintas al experimento. Esto debido a la recolección de información que se realizó, mapas, fotografías satelitales, etc. (Sampieri, 2020).

5.3. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance de investigación correspondió fue descriptivo de campo. Las investigaciones descriptivas de campo son todas aquellas que se orientan a recolectar informaciones relacionadas con el estado real de las personas, objetos situaciones o fenómenos, en un lugar determinado, tal cual como se presentaron en el momento de su recolección (Sampieri, 2020).

5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población correspondió a los suelos del municipio de la Jagua de Ibirico, Cesar.

5.5. MUESTRA POBLACIONAL

La muestra poblacional correspondió a los suelos por fracturamiento de la cobertura del suelo de minería cuya selección se realizará por medio de un muestreo aleatorio simple

5.6 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.5.1. Fase 1. Identificar las coberturas naturales de las zonas de extracción de minería de carbón mediante mapas de cobertura presentes en el municipio de La Jagua de Ibirico en los años 1990 a 2022

Actividad 1.1 Revisión documental

Descripción; Se recopiló información oficial vigente (documental y cartográfica) de los diferentes organismos estatales como IGAC, Instituto de Estudios Ambientales y Meteorológico (IDEAM), MADS, Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), Corpocesar y la Secretaría de Planeación Municipal; y otros de interés como el Instituto Alexander Von Humboldt. Se tuvo en cuenta los años de estudio 1990 a 2022.

Actividad 1.2 Identificación de las coberturas naturales

Descripción: Por medio de la revisión bibliográfica se realizó la descripción de las coberturas vegetales del municipio, así como el mapa de coberturas y uso del suelo para los años de estudio.

La clasificación de los tipos de cobertura de las imágenes satelitales se realizó con el catálogo de patrones de interpretación para las clases de coberturas según la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, a partir de las cuales se estimaron todos los tipos de coberturas presentes en la zona. Las coberturas de mayor interés serán las Zonas de extracción minera- Explotación de Carbón (Patrón 1.3.1.3. de CORINE Land Cover [CLC]) y Bosques y Áreas Seminaturales (Patrón 3 de CLC). Otras coberturas como Territorios agrícolas serán complemento para el análisis multitemporal con el fin de establecer posibles cambios indirectos asociados a la actividad minera.

Se usó esta metodología, como recomendación del IDEAM, ya que la base de datos de Corine Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas y en la mayoría de las zonas geográficas.

Actividad 1.3 Descripción de los títulos mineros

Descripción: por medio de la revisión bibliográfica se hizo la descripción de los diferentes títulos mineros vigentes en el municipio y el análisis histórico de estos y su área de

impacto o zonas de extracción entre los años 1990 a 2020. Así mismo, se hizo una revisión de las estrategias usadas por cada uno de estos para la mitigación de los impactos al suelo.

5.5.2. fase 2. Determinar la dinámica espaciotemporal de la transformación de coberturas naturales a causa de la actividad minera de extracción de carbón mediante imágenes satelitales

Actividad 2.1 descripción del crecimiento poblacional y minero

Descripción: Se hizo una descripción del crecimiento de la población en el municipio de la jagua a través de los años estudiados, así como el crecimiento y proyección de los títulos mineros y los posibles conflictos por uso del suelo que se hayan presentado y de impacto histórico, social y ambiental en el municipio.

Actividad 2.2 Análisis espaciotemporal

Descripción: El análisis multitemporal de la transformación de las coberturas a causa de la minería a cielo abierto se realizó mediante imágenes satelitales, previa aceptación del tamaño de píxel y porcentaje de nubosidad, de tres años: 1990, 2010 y 2020. Se determinaron las posibles imágenes satelitales y planchas topográficas por medio del visor oficial del Servicio Geológico de Estados Unidos y del Geoportal de la Página oficial del IGAC, que sirvieron como insumo para el análisis de las coberturas. La metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales del MAVDT (Posada, Pineda, Hernández, & D, 2010) fue la guía para la presentación de la cartografía generada y el modelo de datos (Geodatabase).

Actividad 2.3 análisis de la fragmentación

El análisis de fragmentación de las coberturas naturales y seminaturales y el cálculo de algunos índices del paisaje se realizó mediante el cálculo de los índices de fragmentación. No se calcularon índices de contraste de borde, de hábitat interior y de proximidad, los cuales requieren tanto para su cálculo como para su análisis de la perspectiva de procesos ecológicos (Armenteras et al., 2005, Ramírez, Cabrera, Renata, 2013).

Los índices se tomaron de la Estrategia Nacional de Biodiversidad y la Estrategia Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes con enfoque de Mitigación basada en Adaptación (EN-REP/MbA)

Los índices por calcular serán:

Promedio de área de parche (AREA_MN): Arroja el área total de la suma de todos los parches pertenecientes a un mismo tipo de cobertura

Cantidad de fragmentos (NP): Arroja el número total de parches pertenecientes a un mismo tipo de cobertura.

$$NP = ni$$

Donde:

ni: número de fragmentos en el paisaje de tipo de fragmento (clase) i.

Porcentaje de clase en el paisaje (PLAND): Es un sencillo indicador con el que se puede evidenciar el cambio en el área de cada clase de interés con respecto al paisaje

$$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$$

Donde:

Pi: Proporción del paisaje ocupado por tipo de parche (clase) i.

a_{ij}: Área (m²) del parche ij.

A= Área total del paisaje (m²)

PLAND se aproxima a 0 cuando el correspondiente tipo de parche (clase) en el paisaje se convierte progresivamente en raro en el paisaje

PALAND=100 cuando el paisaje por completo está compuesto por un solo tipo de fragmento, esto quiere decir, cuando toda la imagen en el mapa está representada por un solo tipo o clase de uso de suelo.

5.5.3. Formular medidas de recuperación de la cobertura vegetal que contribuyan a la planeación ambiental del municipio.

Actividad 3.1 Realizar entrevista a los habitantes del municipio.

Descripción: Se realizó una entrevista a los habitantes del municipio, con la finalidad de obtener información acerca de las consecuencias positivas y negativas de la minería tanto económicas, sociales y ambientales.

Actividad 3.2 proponer medidas de recuperación

Descripción: se realizó una matriz con medidas de recuperación de la cobertura vegetal que contribuyan a la planeación ambiental del municipio, la cual incluyó la descripción de la alternativa, la meta y objetivo, indicadores y plazos de ejecución, así como los responsables de esta.



6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS COBERTURAS NATURALES DE LAS ZONAS DE EXTRACCIÓN DE MINERÍA DE CARBÓN MEDIANTE MAPAS DE COBERTURA PRESENTES EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO EN LOS AÑOS 1990 A 2022

6.1.1 Revisión documental e identificación de coberturas naturales

Se recopiló información oficial vigente (documental y cartográfica) de los diferentes organismos estatales como IGAC, Instituto de Estudios Ambientales y Meteorológico (IDEAM), MADS, Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), Corpocesar y la Secretaría de Planeación Municipal; y otros de interés como el Instituto Alexander Von Humboldt. Se tendrán en cuenta los años de estudio 1990 a 2020. La tabla resume los documentos recopilados.

Tabla 2

Recopilación documental

Formato	Información	Observaciones
shp	Coberturas de la tierra	Fuente: IGAC. Escala de presentación 1:100.000. Escala toma de datos: 1:25.000. Insumo: Landsat 853 2001/10/04. Clasificación hasta Nivel 3
shp	Limites	Fuente: IGAC
shp	Drenajes	Fuente: IGAC
shp	Ecosistemas	Fuente: IGAC Escala 1: 100.000.
shp	Títulos mineros vigentes	Fuente: Instituto Colombiano de Geología y Minería- INGEOMINAS. Contenido: Modalidad, minerales, Estado Exigencia, Titulares, Fecha

		de terminación, Código RMN, código Ex.
Dwg	Cobertura y uso actual	PBOT La Jagua. Fuente: Corpopesar.
Shp	Reservas forestales y ecosistemas	Fuente: SIAC.
Shp	Zonificación reserva forestal del Río Magdalena	Fuente: SIAC.
shp	Zonificación reserva forestal Serranía de los Motilones	Fuente: SIAC.
shp	Zonas de Bosque Seco Tropical	Fuente: SIAC. Escala 1:100.000.

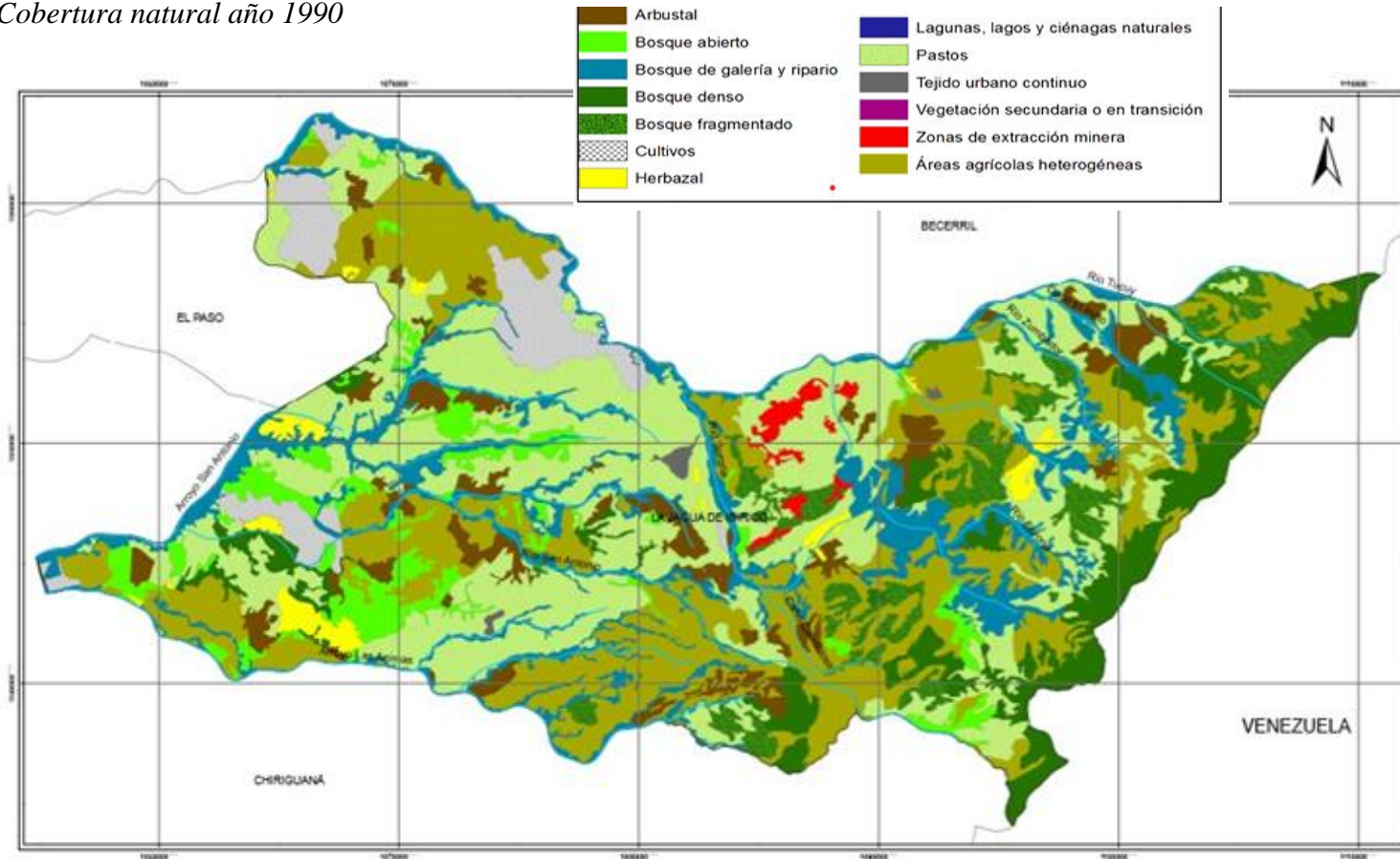
Nota: Elaborado por el autor, 2024

Por medio de la revisión bibliográfica se realizó la descripción de las coberturas vegetales del municipio, así como el mapa de coberturas y uso del suelo para los años de estudio. La clasificación de los tipos de cobertura de las imágenes satelitales se realizó con el catálogo de patrones de interpretación para las clases de coberturas según la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, a partir de las cuales se estimaron todos los tipos de coberturas presentes en la zona. Las coberturas de mayor interés fueron Zonas de extracción minera- Explotación de Carbón (Patrón 1.3.1.3. de CORINE Land Cover [CLC]) y Bosques y Áreas Seminaturales (Patrón 3 de CLC), cuyo detalle alcanzó el nivel 3 en la clasificación CLC. Otras coberturas como Territorios agrícolas fueron complemento para el análisis multitemporal, alcanzando un nivel 2 de detalle con el fin de establecer posibles cambios indirectos asociados a la actividad minera.

Las coberturas de la tierra identificadas para los años 1989, 2001 y 2015, se muestran en las figuras a continuación correspondientes a los mapas de coberturas de la tierra para cada uno de los años en mención.

Figura 3

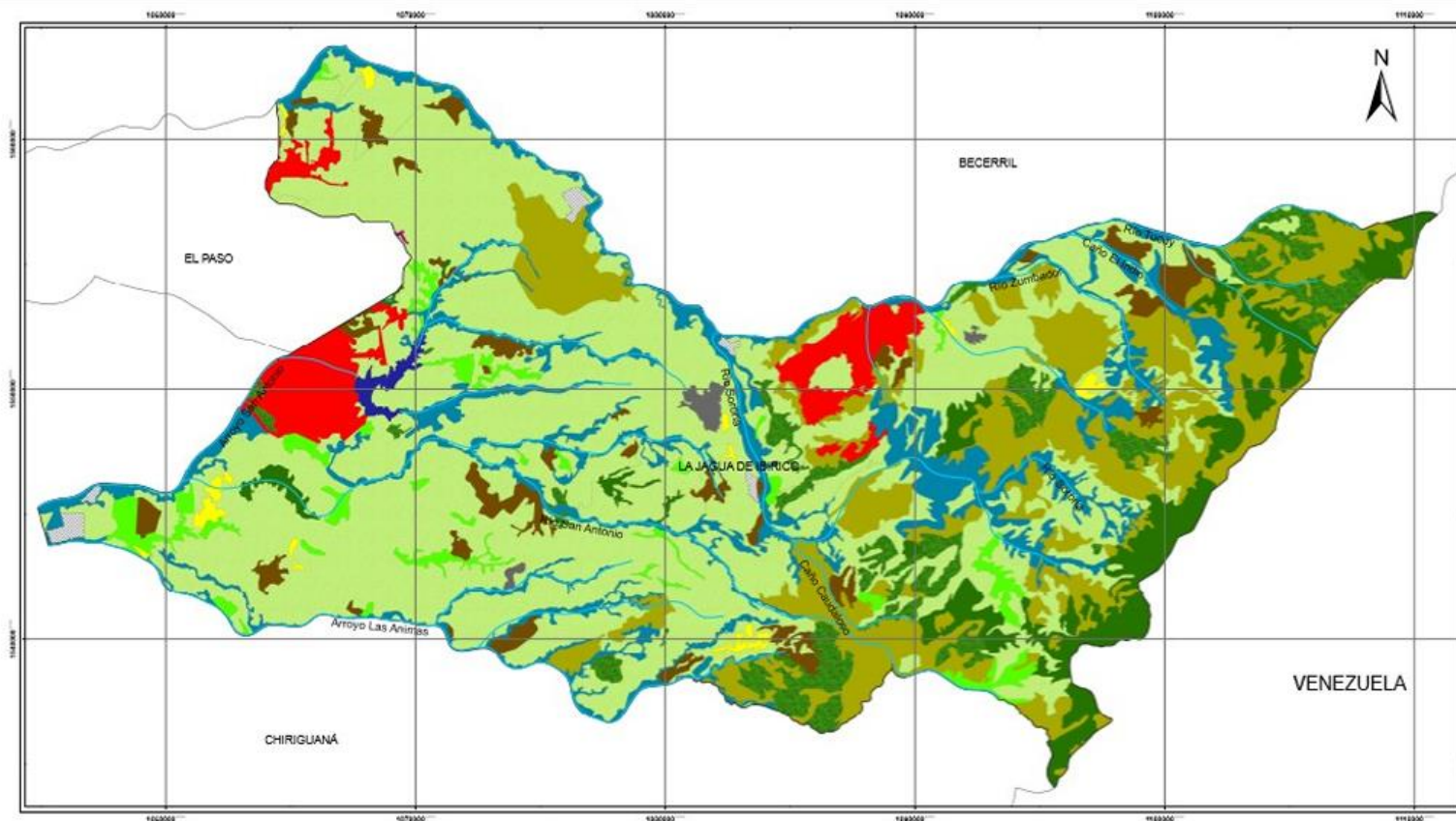
Cobertura natural año 1990



Nota: Presentado por el autor, 2024

Figura 4

Cobertura natural año 2010



Nota: Presentado por el autor, 2024

Como punto de partida, se define la cobertura para el año de 1990. De acuerdo con el Plan Básico de Ordenamiento Territorial de La Jagua, para el año 1990 el municipio contaba con coberturas como bosque natural degradado, bosque protector, bosque comercial, rastrojos, pastos naturales, pastos mejorados, cultivos transitorios, cultivos permanentes, explotación minera y zonas urbanas (Cardona, 2000), que están definidas en el PBOT:

- **Bosque Natural Degradado (Bs):** Para el año 1990 esta cobertura ocupaba el 9,61% del territorio con un área de 7.525 Ha. Son superficies de bosque natural y bosque secundario; éste último se encuentra en proceso de recuperación debido a los procesos de explotación de madera en el municipio. Se encuentran principalmente en el piedemonte de la Serranía de Perijá, especialmente en las áreas altas de las subcuencas de los ríos Sororia, Arroyo las Animas, San Antonio (Cardona, 2000).

- **Bosque Protector (Bp):** La extensión de esta cobertura era de 7.963 Ha, lo que corresponde a un 10,17%. Se localizan en el Río Tucuy (parte media y baja), Las Animas, Doña Manuela y Caño Adentro y corresponde a las especies arbóreas que se encuentran en las rondas de los ríos y fuentes menores (Cardona, 2000).

- **Rastrojos y Pastos:** Se presentan principalmente en zonas de uso ganadero, en algunos casos fueron abandonados y se ha presentado una recuperación natural de los mismos. Representan las dos coberturas con mayor extensión en el municipio; siendo los Pastos un 39% del territorio y rastrojos ocupan un 13,36% del municipio (Cardona, 2000).

Caracterización por Zonas de Vida De acuerdo al sistema de clasificación de la vegetación por zonas de vida desarrollado por Holdridge, para el 1990 en el municipio presentaba las siguientes zonas de vida:

- **Bosque Seco Tropical (Bs-T):** La temperatura es mayor de 24°C y sus promedios anuales de precipitación varían entre 1.000 y 2000 mm, con alturas que oscilan entre los 40 y 800 m.s.n.m. Según el PBOT, estos bosques se estaban perdiendo a causa de las actividades antrópicas, siendo destruido casi en su totalidad.

- **Bosque Húmedo Tropical (Bh-T):** Caracterizados por una temperatura media superior a los 24°C y la precipitación promedio varía entre los 2.000 y los 4.000 mm, con alturas de 800 a 1.000 m.s.n.m. y con una topografía variable.

- Bosque Muy Húmedo Premontano (Bmh-Pm): Caracterizado por una temperatura entre 18 y 24°C, precipitación promedio anual de 2000 a 4000 mm, en alturas de 800 a 1000 msnm y topografía variable.

- Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (Bmh-Mb): Con temperatura 12 a 18°C y precipitación entre 2000 y 4000 mm, y de 1900 a 2800 m.s.n.m. Se encuentra en las estribaciones de la serranía del Perijá (Cardona, 2000).

Tabla 3
Cambios en las coberturas naturales

Cobertura	Cambio multitemporal (ha)			Cambio neto (ha)		
	1990	2010	2022	1990-2010	2010-2022	1990-2022
Arbustal	4169,97	2577,04	2135,58	-1592,93	-441,46	-2034,39
Áreas agrícolas heterogéneas	18997,36	12403,42	15959,23	-6593,94	3555,81	-3038,12
Bosque abierto	3868,49	1969,42	1705,85	-1899,07	-263,56	-2162,64
Bosque de galería y ripario	8917,22	7916,40	4757,62	-1000,82	-3158,79	-4159,60
Bosque denso	6232,81	4253,49	4254,31	-1979,32	0,82	-1978,50
Bosque fragmentado	4221,87	3770,08	3518,50	-451,79	-251,58	-703,37
Cultivos	3451,86	309,90	1007,82	-3141,96	697,92	-2444,05
Herbazal	1252,98	468,99	831,58	-783,99	362,59	-421,40

Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,00	268,87	268,87	268,87	0,00	268,87
Pastos	22121,42	36639,64	32782,88	14518,23	-3856,76	10661,46
Tejido urbano continuo	191,97	283,52	449,17	91,55	165,65	257,20
Vegetación secundaria o en transición	0,00	8,64	0,00	-8,64	-8,64	0,00
Zonas de extracción minera	557,44	3113,98	6311,98	2556,54	3198,00	5754,54

Nota: Tabla elaborada con la información obtenida en la recopilación documental.

En la tabla 3 se puede evidenciar el cambio de coberturas en los años 1990, 2010 y 2022, así como las pérdidas y ganancias por cada periodo. Cabe resaltar que el cambio de coberturas presentado es producto de las diferentes dinámicas que se presentan en el municipio y no son cambios producidos directamente por la actividad minera. No obstante, a partir de los datos obtenidos se puede inferir que las coberturas naturales con mayor pérdida de área durante el periodo 1990-2022 fueron bosques de galería y ripario, ya que se redujeron a casi la mitad de su área inicial, seguidos por el bosque abierto y arbustal. Las zonas de extracción minera muestran un aumento de un poco más de once veces su área inicial (1990) lo cual ratifica la intensificación de la actividad minera dentro del municipio, cambiando las dinámicas físicas, sociales y económicas que se llevaban a cabo. Para analizar el cambio de cobertura natural producida por la actividad minera se presentarán los resultados en tres periodos:

- **Periodo de análisis 1990-2010**

Tabla 4
Análisis de la cobertura periodo 1990 a 2010

Cobertura 1990	Cobertura 2010	
	Zonas de extracción minera	
	Hectáreas	Porcentaje
Arbustal	12,75	0,48
Áreas agrícolas heterogéneas	0,00	0,00
Bosque abierto	191,44	7,17
Bosque de galería y ripario	295,70	11,07
Bosque denso	0,10	0,00
Bosque fragmentado	55,92	2,09
Cultivos	160,11	5,99
Herbazal	199,57	7,47
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,00	0,00
Pastos	1756,30	65,73
Tejido urbano continuo	0,00	0,00
Total	2671,90	100

Nota: Tabla elaborada con la información obtenida en la recopilación documental.

Para este periodo las coberturas que fueron sustituidas en mayor proporción por zonas de extracción minera fueron pastos, bosque de galería y ripario, herbazales y bosque abierto. El área total de coberturas naturales que fueron reemplazadas es de 755,49 hectáreas lo cual significa que el 28,28% del crecimiento de las zonas de extracción minera para el año 2010 se dio sobre coberturas naturales. Hay que tener en cuenta que el crecimiento de las zonas de extracción fue alrededor de 5 veces su tamaño inicial en 1990.

En el periodo mencionado, se identificó que las coberturas naturales que fueron sustituidas en mayor proporción por zonas de extracción minera fueron:

- Pastos
- Bosque de galería y ripario
- Herbazales
- Bosque abierto

El área total de coberturas naturales que fueron reemplazadas fue de 755.49 hectáreas. Esto representa el 28.28% del crecimiento de las zonas de extracción minera en el año 2010. Además, se destaca que el crecimiento de las zonas de extracción minera fue significativo, ya que aumentó alrededor de 5 veces su tamaño inicial en 1990. Es importante mencionar que este análisis sugiere que la expansión de las zonas de extracción minera ha tenido un impacto significativo en las coberturas naturales, lo que puede tener implicaciones para la biodiversidad, el medio ambiente y las comunidades locales.

- **Periodo de análisis 2010-2022**

Tabla 5
Análisis de la cobertura periodo 2010-2022

Cobertura 2010	Cobertura 2022	
	Zonas de extracción minera	
	Hectáreas	Porcentaje
Arbustal	102,40	3,13
Áreas agrícolas heterogéneas	173,51	5,30
Bosque abierto	179,34	5,48
Bosque de galería y ripario	372,09	11,37
Bosque denso	70,23	2,15
Bosque fragmentado	88,63	2,71

Cultivos	0,00	0,00
Herbazal	23,62	0,72
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,00	0,00
Pastos	2263,99	69,15
Tejido urbano continuo	0,00	0,00
Total	3273,82	100

Nota: Tabla elaborada con la información obtenida en la recopilación documental.

En este periodo la expansión de las zonas de extracción minera se dio principalmente sobre pastos. La cobertura natural que fue sustituida en mayor proporción fue bosque de galería y ripario y en menor medida bosque abierto y arbustal. Para este periodo el crecimiento de las zonas de extracción no fue tan acelerado con respecto al periodo anterior, ya que en estos 14 años el área de explotación se duplicó y reemplazó 836,312 ha de cobertura natural, es decir que el 25,55% de las zonas mineras en 2022 se dio sobre coberturas naturales presentes en 2010.

En este periodo, la expansión de las zonas de extracción minera se centró principalmente en las áreas de pastos. Las coberturas naturales que fueron sustituidas en mayor proporción fueron:

- Bosque de galería y ripario
- Bosque abierto y arbustal (en menor medida)

El crecimiento de las zonas de extracción minera en este periodo no fue tan acelerado como en el anterior. En 14 años, el área de explotación se duplicó y reemplazó 836.312 hectáreas de cobertura natural. Esto significa que el 25,55% de las zonas mineras en 2022 se establecieron en áreas que tenían coberturas naturales en 2010. En resumen, en este periodo, la expansión minera se centró en áreas de pastos y bosques, y aunque el crecimiento no fue tan rápido como en el periodo anterior, todavía se reemplazaron significativas áreas de cobertura natural.

- **Periodo de análisis 1990-2022**

Tabla 6
Análisis de la cobertura periodo 1990-2022

Cobertura 2022		
Cobertura 2010	Zonas de extracción minera	
	Hectáreas	Porcentaje
Arbustal	78,84	1,35
Áreas agrícolas heterogéneas	0,00	0,00
Bosque abierto	524,99	8,99
Bosque de galería y ripario	661,88	11,33
Bosque denso	7,72	0,13
Bosque fragmentado	120,54	2,06
Cultivos	1614,11	27,63
Herbazal	298,13	5,10
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,00	0,00
Pastos	2535,25	43,40
Tejido urbano continuo	0,00	0,00
Total	5841,46	100

Nota: Tabla elaborada con la información obtenida en la recopilación documental.

Con el mayor porcentaje de cambio fueron:

1. Cultivos
2. Pastos
3. Bosque de galería y ripario

Esto sugiere que las actividades agrícolas y ganaderas fueron las más afectadas por la sustitución de estas coberturas naturales por zonas de extracción minera. Además, se observa que el 28,97% (1.692,10 ha) del área de extracción minera en 2022 se estableció sobre coberturas naturales, ya sea directa o indirectamente. Las coberturas con mayor porcentaje de cambio fueron:

1. Bosque de galería: 11,33%
2. Bosque abierto: 8,99%

Esto indica que la expansión de las zonas de extracción minera ha tenido un impacto significativo en las coberturas naturales, especialmente en los bosques de galería y abiertos, lo que puede tener consecuencias para la biodiversidad y el medio ambiente. Es importante considerar que los cambios en las coberturas naturales pueden tener efectos a largo plazo en el ecosistema y en las comunidades que dependen de estos ecosistemas.

6.1.3 Descripción de los títulos mineros

Por medio de la revisión bibliográfica se hizo la descripción de los diferentes títulos mineros vigentes en el municipio y el análisis histórico de estos y su área de impacto o zonas de extracción entre los años 1990 a 2022.

Tabla 7

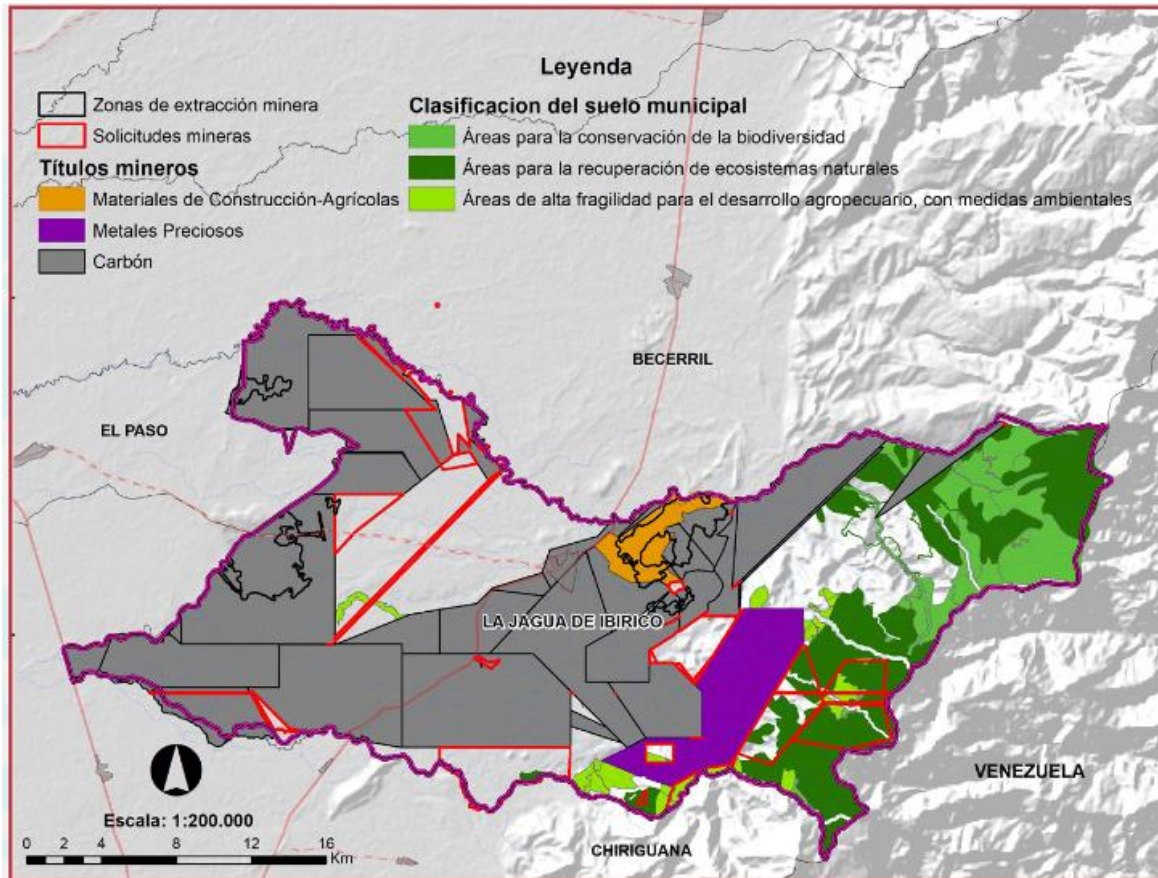
Títulos mineros municipio de la Jagua de Ibirico

Nombre Mina	Empresa
Calenturitas	C.I. PRODECO S.A.
La Loma-Pribbenow	Drummond Ltda.
El Hatillo	Vale Coal Colombia Ltda.
Descanso Zona Norte	Drummond Ltda.
Operación Conjunta	Carbones la jagua

Nota: Elaborado por el autor, 2024

Figura 6

Títulos mineros



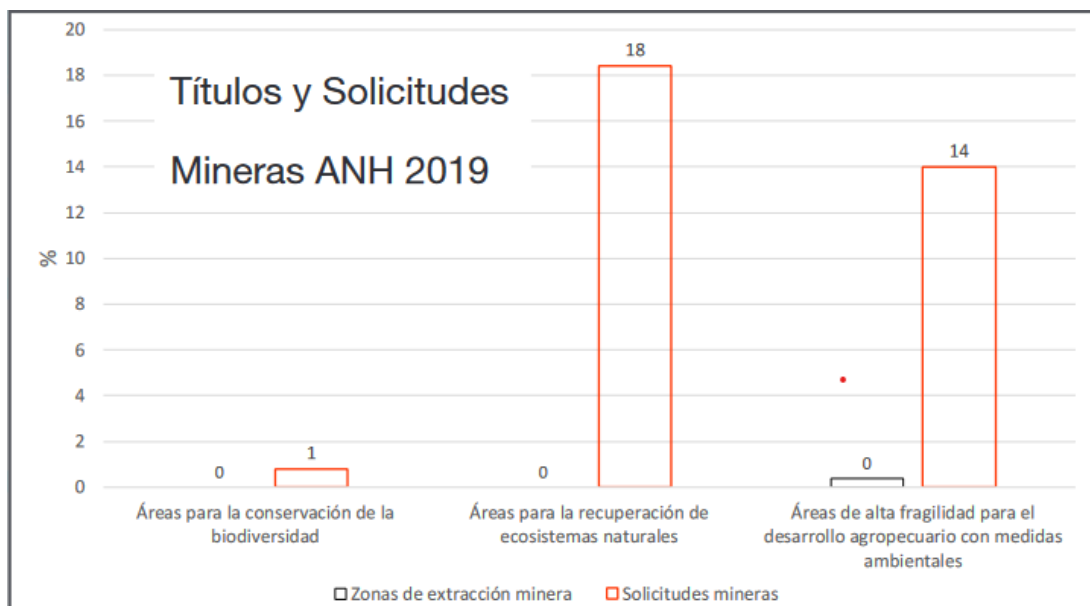
Nota: Tomado de USAID, 2020



El 18% de las áreas de recuperación de ecosistemas naturales, según la clasificación del PBOT, se encuentran contenidas en solicitudes mineras, mientras que el 14% de las áreas de alta fragilidad para el desarrollo agropecuario con medidas ambientales se localizan en solicitudes mineras.

Figura 7

Títulos mineros



Nota: Tomado de USAID, 2020

Lo anterior puede ser una oportunidad para el desarrollo de procesos de compensaciones que promuevan la conservación de la biodiversidad.

6.2 DETERMINACIÓN DE LA DINÁMICA ESPACIOTEMPORAL DE LA TRANSFORMACIÓN DE COBERTURAS NATURALES A CAUSA DE LA ACTIVIDAD MINERA DE EXTRACCIÓN DE CARBÓN MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES

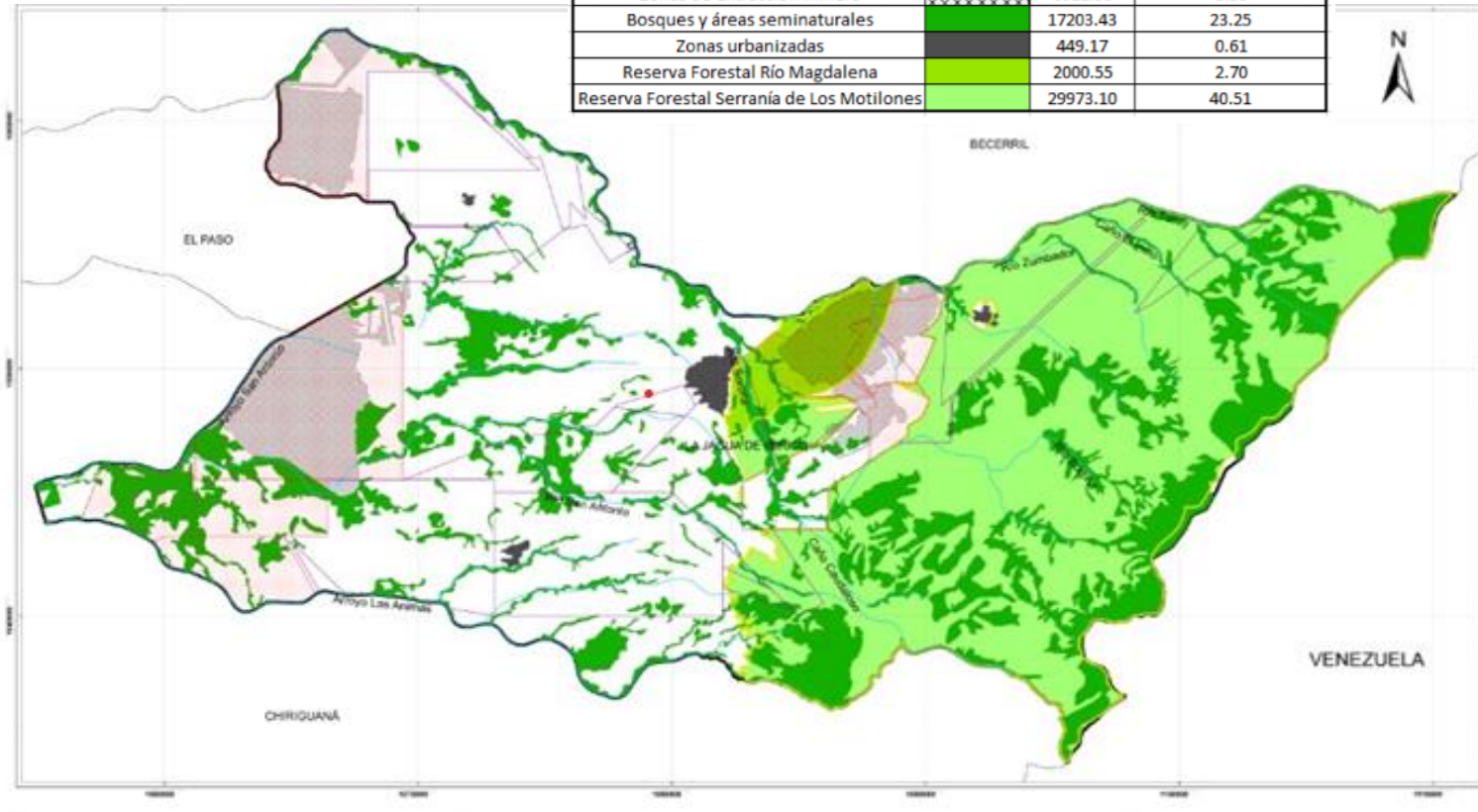
6.2.1 descripción del crecimiento poblacional y minero

Se hizo una descripción del crecimiento de la población en el municipio de la jagua a través de los años estudiados, así como el crecimiento y proyección de los títulos mineros y los posibles conflictos por uso del suelo que se hayan presentado y de impacto histórico, social y ambiental en el municipio.

Figura 8

Títulos mineros

ZONA DE INTERES	SÍMBOLO	ÁREA (ha)	% ÁREA MUNICIPAL
Titulos en explotación		13297.91	17.97
Titulos proyectados		22431.51	30.32
Zonas de extracción minera		6311.98	8.53
Bosques y áreas seminaturales		17203.43	23.25
Zonas urbanizadas		449.17	0.61
Reserva Forestal Río Magdalena		2000.55	2.70
Reserva Forestal Serranía de Los Motilones		29973.10	40.51



Nota: Presentado por el autor, 2024

A continuación, se detalla la cobertura natral en jurisdicción de cada empresa minera.

Tabla 8

Cobertura natural en jurisdicción de cada empresa minera.

Nombre Mina	Empresa	Cobertura	Área (ha)
Calenturitas	C.I. PRODECO S.A.	Arbustal	2,87
		Bosque de galería y ripario	102,39
		Pastos	736,39
La Loma-Pribbenow	Drummond Ltda.	Áreas agrícolas heterogéneas	97,42
		Arbustal	333,32
		Bosque abierto	167,54
		Bosque de galería y ripario	120,15
		Bosque denso	64,04
		Pastos	865,92
El Hatillo	Vale Coal Colombia Ltda.	Arbustal	2,62
		Bosque abierto	5,27
		Bosque de galería y ripario	31,03
		Pastos	31,20
		Herbazal	0,13
Descanso Zona Norte	Drummond Ltda.	Arbustal	244,61
		Bosque abierto	614,82
		Bosque de galería y ripario	86,82
		Bosque denso	89,69

		Cultivos	35,85
		Herbazal	45,31
		Pastos	1138,44
Operación Conjunta	Carbones la jagua	Áreas agrícolas heterogéneas	2,39
		Bosque de galería y ripario	41,61
		Bosque fragmentado	13,57
		Bosque abierto	0,16
		Cultivos	2,95
		Pastos	654,95
Cerro Largo	Norcarbón S.AS	Áreas agrícolas heterogéneas	193,28
		Pastos	116,00
Total			5830,65
Total, cobertura natural			1968,34

Nota: Tabla elaborada por el autor, 2024

Las coberturas naturales que se encuentran dentro de los títulos mineros y que se pueden ver afectadas son:

1. Bosque abierto (40%)
2. Arbustal (29%)
3. Bosque de galería (19,40%)

Debido a esto, es posible inferir que, si la empresa decide expandir el área de explotación o reubicar zonas para disposición de residuos, estas coberturas naturales tienen mayor riesgo de pérdida.

Además, se puede destacar que:

- El bosque abierto es la cobertura natural más afectada, lo que puede tener un impacto significativo en la biodiversidad y el ecosistema.

- El arbustal y el bosque de galería también se ven afectados en gran medida, lo que puede alterar los procesos ecológicos y la conectividad entre hábitats.

6.2.2 Análisis espaciotemporal

El análisis multitemporal de la transformación de las coberturas a causa de la minería a cielo abierto se realizó mediante imágenes satelitales, previa aceptación del tamaño de píxel y porcentaje de nubosidad, de tres años: 1990, 2010 y 2020. Se determinaron las posibles imágenes satelitales y planchas topográficas por medio del visor oficial del Servicio Geológico de Estados Unidos y del Geoportal de la Página oficial del IGAC, que sirvieron como insumo para el análisis de las coberturas. La metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales del MAVDT (Posada, Pineda, Hernández, & D, 2010) fue la guía para la presentación de la cartografía generada y el modelo de datos (Geodatabase).

Tabla 9

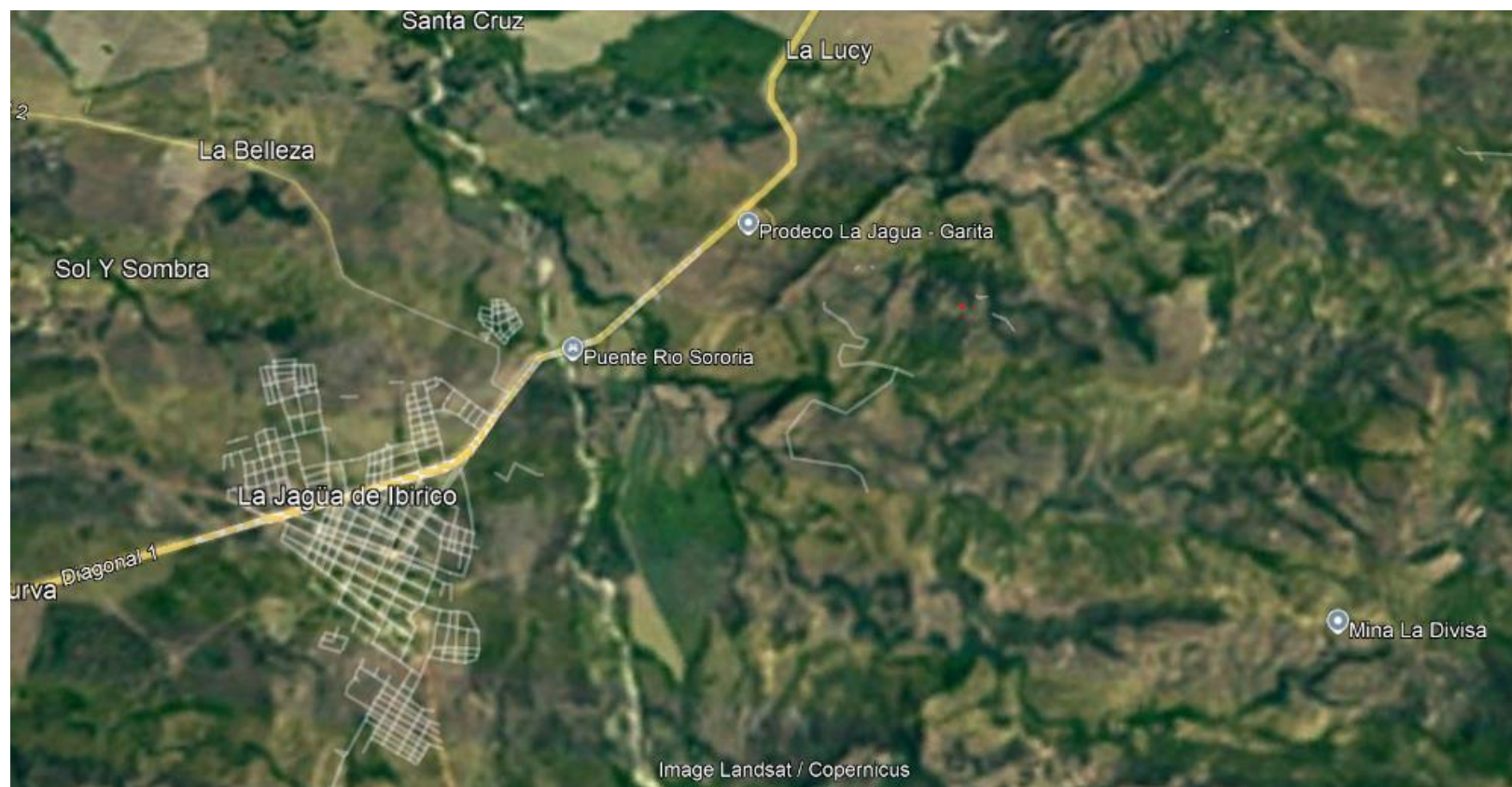
Información utilizada

Año		Sensor		Id Escena
Path	1990	LANDSAT 7	ETM+	LC80080532015052LGN00
008	Elipsoide	Proyección		
Row	2010	WGS84	UTM-Z18	p008r053_7dt20011004
053				
	2022	LANDSAT 5	ETM+	p008r53_5t19891230

Nota: Por el autor, 2024

Figura 9

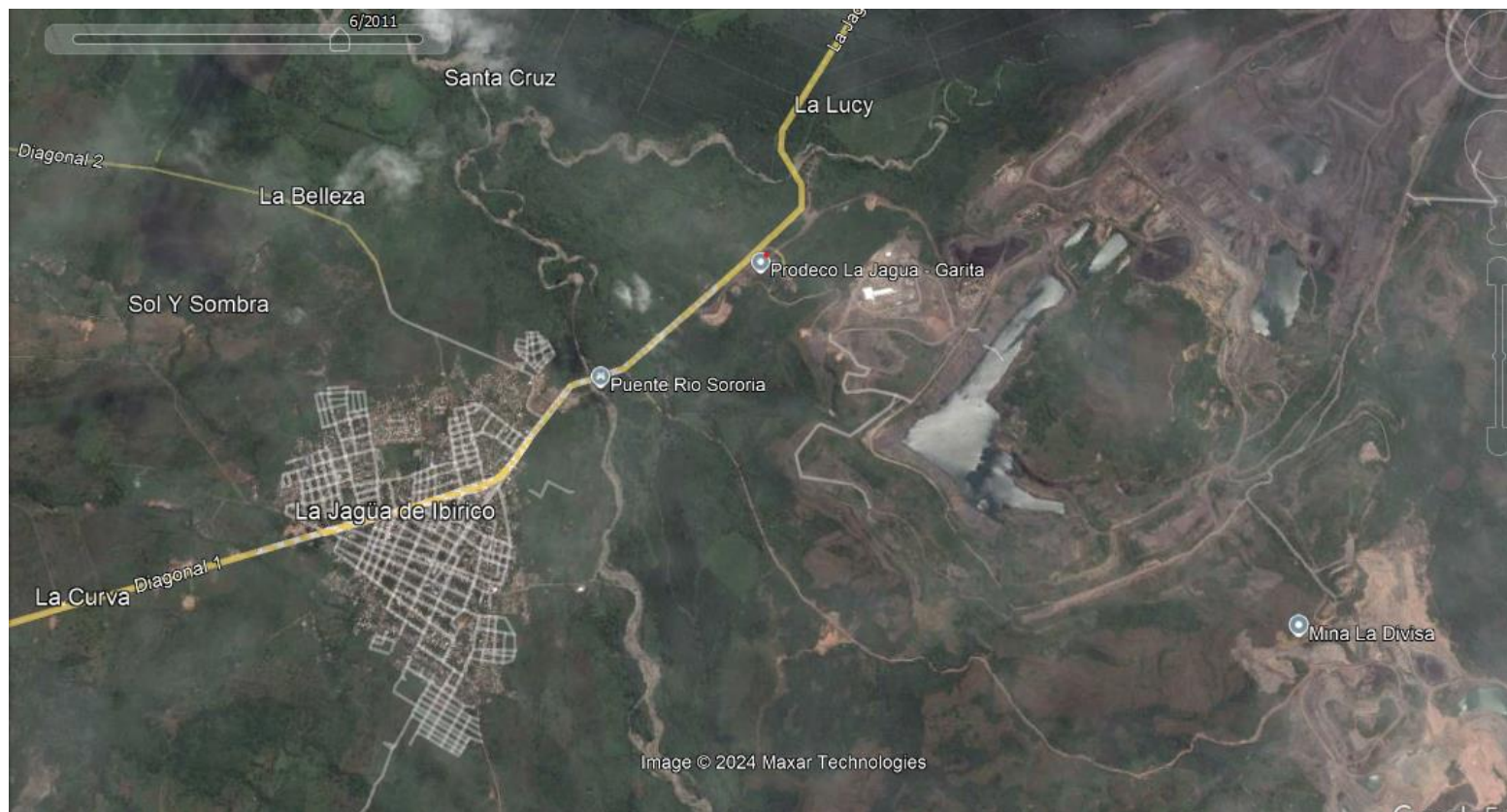
Cobertura año 1990



Nota: Del autor, 2024

Figura 10

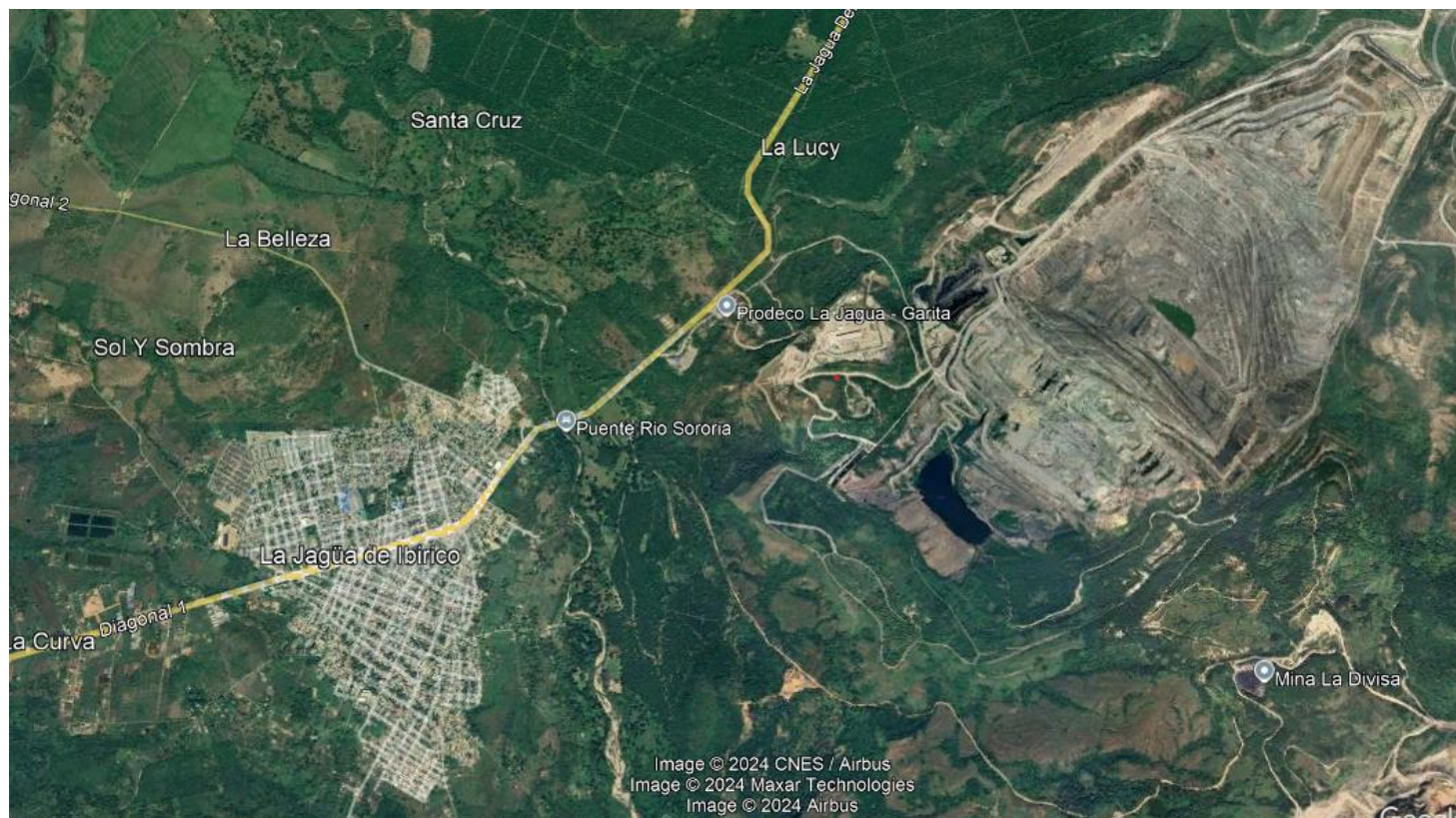
Cobertura año 2010



Nota: Del autor, 2024

Figura 11

Imágenes de cobertura año 2022



Nota: Del autor, 2024

En las imágenes se presentan los cambios de coberturas en los años 1990, 2010 y 2022, así como las pérdidas y ganancias por cada periodo. Es importante destacar que los cambios de coberturas no son solo directamente atribuibles a la actividad minera, sino a las diferentes dinámicas que se presentan en el municipio. Sin embargo, se puede inferir que las coberturas naturales con mayor pérdida de área durante el periodo 1990-2022 fueron:

1. Bosques de galería y ripario: se redujeron a casi la mitad de su área inicial.
2. Bosque abierto y arbustal: también mostraron una reducción significativa.

Por otro lado, las zonas de extracción minera mostraron un aumento de más de once veces su área inicial (1990), lo que sugiere una intensificación de la actividad minera en el municipio. Esto ha llevado a cambios significativos en las dinámicas físicas, sociales y económicas del municipio.

A partir de los datos presentados, podemos observar que ha habido un cambio significativo en la cobertura del área de estudio entre 1990 y 2022. En particular, podemos ver que:

- En 1990, la expansión de minas era mínima y casi imperceptible.
- Sin embargo, en 2022, la expansión de minas es notable y ha aumentado significativamente, lo que sugiere una intensificación de la actividad minera en el área.

Este cambio en la cobertura puede tener implicaciones importantes para el medio ambiente y las comunidades locales. Por ejemplo:

- La expansión de la actividad minera puede generar beneficios económicos, pero también puede tener impactos negativos en el medio ambiente y las comunidades locales, como la contaminación del agua y del aire, la destrucción de hábitats y la pérdida de tierras productivas.
- La pérdida de coberturas naturales puede afectar la calidad del aire y del agua, así como la biodiversidad del área.

En particular, podemos ver que:

- Las coberturas naturales como los bosques de galería y ripario, bosque abierto y arbustal han disminuido significativamente, lo que puede indicar una pérdida de biodiversidad y ecosistemas.

- Por otro lado, las zonas de extracción minera han aumentado más de once veces su área inicial, lo que sugiere una intensificación de la actividad minera en el área.

Este cambio en la cobertura puede tener implicaciones importantes para el medio ambiente y las comunidades locales. Por ejemplo:

- La pérdida de coberturas naturales puede afectar la calidad del aire y del agua, así como la biodiversidad del área.

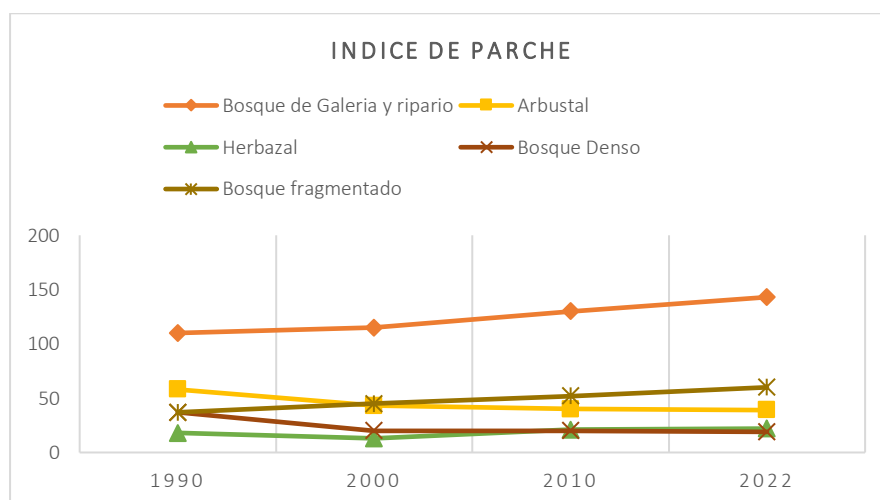
- La expansión de la actividad minera puede generar beneficios económicos, pero también puede tener impactos negativos en el medio ambiente y las comunidades locales, como la contaminación del agua y del aire, la destrucción de hábitats y la pérdida de tierras productivas.

6.2.3 análisis de la fragmentación

El análisis de fragmentación de las coberturas naturales y seminaturales y el cálculo de algunos índices del paisaje se realizó mediante el cálculo de los índices de fragmentación.

Figura 12

Índice de parche



Nota: Elaborado por el autor, 2024

Con la información anterior se evidencia que:

- El bosque de galería y ripario ha aumentado ligeramente entre 1990 y 2022, pasando de 110 a 143.

- El arbustal ha disminuido significativamente entre 1990 y 2000, pasando de 58 a 43, y ha seguido disminuyendo hasta 2022, llegando a 39.

- El herbazal ha disminuido ligeramente entre 1990 y 2000, pasando de 18 a 13, y ha seguido disminuyendo hasta 2022, llegando a 22.

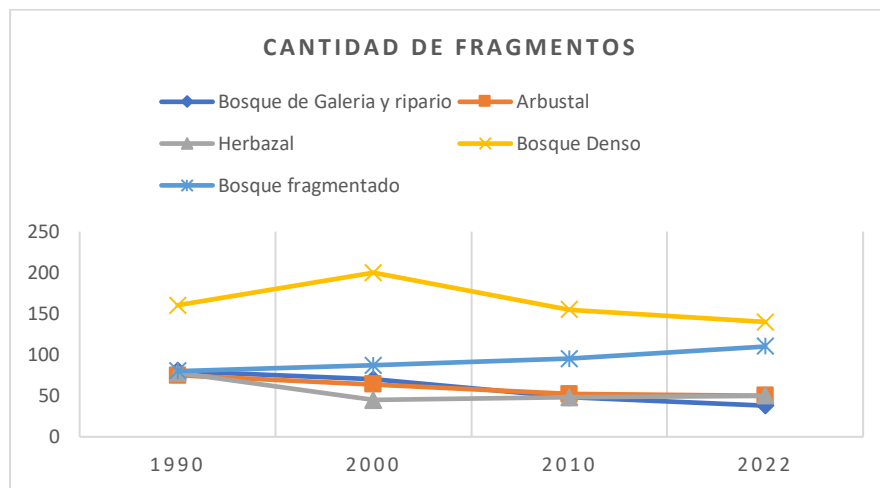
- El bosque denso ha disminuido significativamente entre 1990 y 2000, pasando de 37 a 20, y ha seguido disminuyendo hasta 2022, llegando a 19.

- El bosque fragmentado ha aumentado significativamente entre 1990 y 2000, pasando de 37 a 45, y ha seguido aumentando hasta 2022, llegando a 60.

Esto sugiere que ha habido un cambio en la composición de la cobertura del área de estudio, con un aumento en el bosque de galería y ripario y un descenso en el arbustal, herbazal y bosque denso. También se observa un aumento en el bosque fragmentado, lo que puede indicar una mayor fragmentación del hábitat.

Figura 13

Cantidad de fragmentos

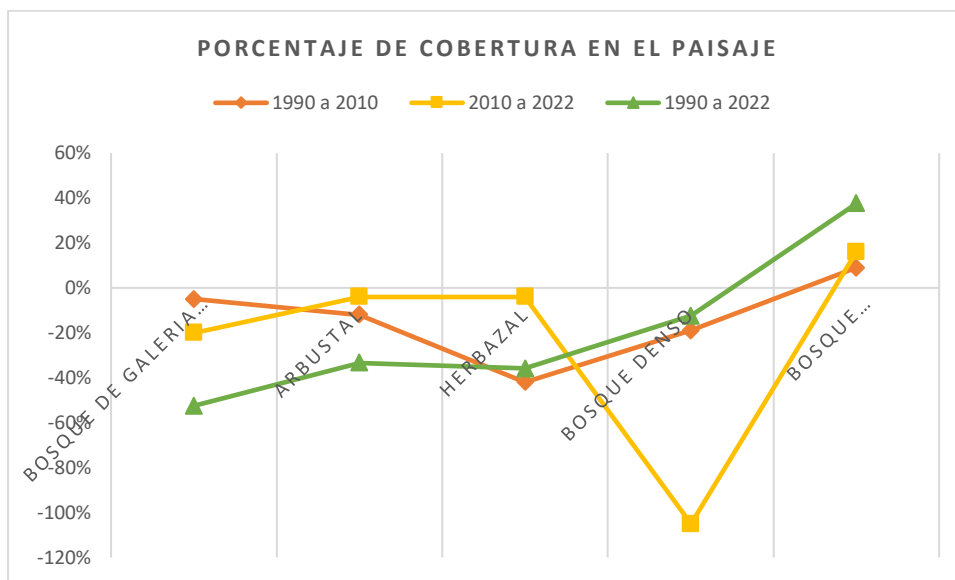


Nota: Elaborado por el autor, 2024

Con estos datos promedios, se puede ver cómo ha evolucionado el tamaño promedio de los parches de cada tipo de cobertura en el tiempo. En general, se observa una disminución en el tamaño promedio de los parches de bosque de galería y ripario, arbustal, herbazal y bosque denso, lo que sugiere una fragmentación y pérdida de continuidad en estos ecosistemas. Por otro lado, el tamaño promedio de los parches de bosque fragmentado ha aumentado, lo que puede indicar una mayor fragmentación y ruptura de los ecosistemas.

Figura 14

Porcentaje de cobertura en el paisaje



Nota: Elaborado por el autor, 2024

Con la información es posible analizar que:

- La cobertura de bosque de galería y ripario ha disminuido en un 5% entre 1990 y 2010, y en un 20% entre 2010 y 2022. Esto sugiere una pérdida significativa de este tipo de cobertura en las últimas décadas.

- La cobertura de arbustal ha disminuido en un 12% entre 1990 y 2010, y en un 4% entre 2010 y 2022. Esto sugiere una disminución moderada de este tipo de cobertura en las últimas décadas.

- La cobertura de herbazal ha disminuido en un 42% entre 1990 y 2010, y en un 4% entre 2010 y 2022. Esto sugiere una pérdida significativa de este tipo de cobertura en la primera década del siglo XXI.

- La cobertura de bosque denso ha disminuido en un 19% entre 1990 y 2010, y en un 10% entre 2010 y 2022. Esto sugiere una disminución moderada de este tipo de cobertura en las últimas décadas.

- La cobertura de bosque fragmentado ha aumentado en un 9% entre 1990 y 2010, y en un 16% entre 2010 y 2022. Esto sugiere un aumento significativo de este tipo de cobertura en las últimas décadas.

6.3 FORMULACIÓN DE MEDIDAS DE RECUPERACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL QUE CONTRIBUYAN A LA PLANEACIÓN AMBIENTAL DEL MUNICIPIO.

6.3.1 Aplicación de entrevista a los habitantes del municipio.

Se realizó una entrevista a los habitantes del municipio, con la finalidad de obtener información acerca de las consecuencias positivas y negativas de la minería tanto económicas, sociales y ambientales.

Figura 15

Aplicación de entrevista



Nota: Fotografía tomada por el autor, 2024

Se aplicaron 5 preguntas a los habitantes de la zona para conocer su opinión sobre los cambios en la cobertura natural. La información que se presenta a continuación es un recopilado de las respuestas de las 15 personas entrevistadas escogidas al azar.

1. *¿Has notado algún cambio en la cobertura de los bosques y arbustales en la zona donde vives en los últimos años? ¿Puedes describirlo brevemente?*

Respuesta: Sí, he notado que ha habido una disminución en la cobertura de los bosques y arbustales en la zona. Antes había más áreas verdes y ahora hay más áreas urbanizadas y construidas.

2. *¿Crees que los cambios en la cobertura de los bosques y arbustales han tenido algún impacto en la calidad del agua o el aire en la zona? ¿Puedes explicar tu respuesta?*

Respuesta: Sí, creo que los cambios han tenido un impacto negativo en la calidad del agua y el aire. Ahora hay más contaminación y menos áreas verdes para absorber los contaminantes.

3. *¿Qué crees que es la principal causa de los cambios en la cobertura de los bosques y arbustales en la zona? (Por ejemplo, deforestación, cambio climático, urbanización, etc.)*

Respuesta: Creo que la principal causa es la urbanización y la expansión de la ciudad. Hay más demanda de viviendas y espacios para construir, lo que ha llevado a la deforestación y la destrucción de áreas verdes. También se menciona que la minería ha causado gran impacto en las zonas del municipio.

4. *¿Crees que es importante tomar medidas para conservar y restaurar los bosques y arbustales en la zona? ¿Por qué o por qué no?*

Respuesta: Sí, creo que es muy importante tomar medidas para conservar y restaurar los bosques y arbustales.

5. *¿Tienes alguna sugerencia o idea para mejorar la conservación y restauración de los bosques y arbustales en la zona?*

Respuesta: Sí, creo que se podrían implementar políticas de reforestación y restauración de áreas verdes. También sería importante educar a la comunidad sobre la importancia de la conservación y el cuidado del medio ambiente.

De la entrevista se puede destacar que:

1. La mayoría de las personas entrevistadas han notado cambios en la cobertura de los bosques y arbustales en el municipio de la Jagua de Ibirico, Cesar.
2. Creen que los cambios han tenido un impacto negativo en la calidad del agua y el aire.
3. Consideran que la principal causa de los cambios es la urbanización y la minería.
4. Piensan que es importante tomar medidas para conservar y restaurar los bosques y arbustales.
5. Sugieren implementar políticas de reforestación y restauración de áreas verdes y educar a la comunidad sobre la importancia de la conservación y el cuidado del medio ambiente.

Lo anterior indica que las personas entrevistadas están preocupadas por los cambios en la cobertura de los bosques y arbustales y cree que es importante tomar medidas para proteger y restaurar estos ecosistemas.

6. 3.2 Medidas de recuperación

Finalmente, se realizó una matriz con medidas de recuperación de la cobertura vegetal que contribuyan a la planeación ambiental del municipio, la cual incluyó la descripción de la alternativa, la meta y objetivo, indicadores y plazos de ejecución, así como los responsables de esta.

Tabla 10

Medidas de recuperación

Nombre	Alternativa: Creación de un programa de reforestación en áreas degradadas.
Meta	Reforestar 500 hectáreas de áreas degradadas en los próximos 5 años.
Objetivos	Mejorar la cobertura vegetal y reducir la erosión del suelo.
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> - Número de hectáreas reforestadas. - Número de árboles plantados. - Nivel de cobertura vegetal en las áreas reforestadas.
Plazo de ejecución	<ul style="list-style-type: none"> - Año 1: Identificación de áreas degradadas y preparación de terreno. - Año 2-3: Reforestación y monitoreo. - Año 4-5: Evaluación de resultados y ajustes necesarios.
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> - Dirección de Medio Ambiente del Municipio. - Organizaciones ambientales locales. - Consorcios mineros

Nota: Elaborado por el autor, 2024

Nombre	Alternativa: Creación de un programa de educación ambiental para la comunidad.
Meta	Capacitar a 1000 personas de la comunidad en prácticas de conservación y restauración de la cobertura vegetal en los próximos 2 años.
Objetivos	Fomentar la conciencia ambiental y promover la participación ciudadana en la protección del medio ambiente.
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> - Número de personas capacitadas. - Nivel de conocimiento y conciencia ambiental en la comunidad. - Número de proyectos de restauración de la cobertura vegetal impulsados por la comunidad.
Plazo de ejecución	<ul style="list-style-type: none"> - Año 1: Diseño y planificación del programa de educación ambiental. - Año 2: Implementación y monitoreo del programa.
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> - Dirección de Medio Ambiente del Municipio. - Organizaciones educativas y ambientales locales. - Consorcios mineros

Nota: Elaborado por el autor, 2024

Nombre	Creación de un programa de incentivos para la conservación de la cobertura vegetal en áreas privadas.
Meta	Lograr la conservación de 1000 hectáreas de cobertura vegetal en áreas privadas en los próximos 3 años.
Objetivos	Fomentar la conservación de la cobertura vegetal y reducir la deforestación en áreas privadas.
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> - Número de hectáreas conservadas. - Número de propietarios de áreas privadas que se unen al programa. - Nivel de satisfacción de los propietarios con el programa. - Impacto en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.
Plazo de ejecución	<ul style="list-style-type: none"> - Año 1: Diseño y planificación del programa de incentivos. - Año 2: Implementación y monitoreo del programa. - Año 3: Evaluación de resultados y ajustes necesarios.
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> - Dirección de Medio Ambiente del Municipio. - Organizaciones educativas y ambientales locales. - Consorcios mineros

Incentivos

- Económicos (subvenciones, créditos, etc.).
- Tributarios (reducción de impuestos, etc.).
- Técnicos (asistencia técnica, capacitación, etc.).
- Legales (permisos, autorizaciones, etc.).

Nota: Elaborado por el autor, 2024



7. CONCLUSIONES

Se pudo inferir que las coberturas naturales con mayor pérdida de área durante el periodo 1990-2022 fueron bosques de galería y ripario, ya que se redujeron a casi la mitad de su área inicial, seguidos por el bosque abierto y arbustal. Las zonas de extracción minera muestran un aumento de un poco más de once veces su área inicial (1990) lo cual ratifica la intensificación de la actividad minera dentro del municipio, cambiando las dinámicas físicas, sociales y económicas que se llevaban a cabo.

Se observó una tendencia de disminución en la cobertura de los bosques y arbustales en las últimas décadas, especialmente en el período 1990-2010, con una disminución promedio del 5% en la cobertura de bosque de galería y ripario, 12% en la cobertura de arbustal, 42% en la cobertura de herbazal y 19% en la cobertura de bosque denso. Sin embargo, también se vio un aumento en la cobertura de bosque fragmentado en el mismo período, con un aumento del 9% entre 1990 y 2010 y del 16% entre 2010 y 2022. La disminución en la cobertura de bosques y arbustales puede ser atribuida a factores como la deforestación, la fragmentación de hábitats y el cambio climático. Por otro lado, el aumento en la cobertura de bosque fragmentado puede ser un indicador de la recuperación de áreas degradadas o la expansión de bosques en áreas previamente no forestadas.

En base a los programas de recuperación de la cobertura vegetal que vimos en la entrevista y en nuestra conversación, podemos concluir que son fundamentales para mejorar la calidad del medio ambiente y reducir los impactos negativos en el planeta. Estos programas tienen múltiples beneficios, como la recuperación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, la reducción de la erosión del suelo y la contaminación del agua y el aire, la mitigación del cambio climático y la reducción de los gases de efecto invernadero, la educación y conciencia ambiental en la comunidad, el fomento de la participación ciudadana en la protección del medio ambiente y el apoyo a la conservación de la cobertura vegetal en áreas privadas. Es importante destacar que la entrevista resaltó la importancia de la participación comunitaria y la educación ambiental en la recuperación de la cobertura vegetal. También se enfatizó en la necesidad de políticas públicas efectivas y la colaboración entre diferentes actores para lograr un impacto significativo.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda a futuras investigaciones:

Investigar cómo varía la efectividad de los programas de reforestación en diferentes tipos de ecosistemas (bosques tropicales, bosques templados, praderas, etc.)

Estudiar cómo la restauración de la cobertura vegetal afecta a la biodiversidad (especies de plantas y animales, hábitats, etc.) y los servicios ecosistémicos (provisión de agua, control de la erosión, polinización, etc.).

Investigar cómo la cobertura vegetal puede ayudar a reducir los gases de efecto invernadero (GEI) y a mitigar los impactos del cambio climático (temperaturas extremas, sequías, inundaciones, etc.).

Estudiar cómo las comunidades locales pueden participar en la planificación, implementación y monitoreo de programas de restauración de la cobertura vegetal, y qué beneficios y desafíos surgen de esta participación.

Evaluar cómo las tecnologías innovadoras pueden ser utilizadas para monitorear y evaluar la efectividad de los programas de restauración de la cobertura vegetal, y qué ventajas y limitaciones tienen en comparación con métodos tradicionales.



9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alcaldía Municipal de la Jagua de Ibirico, (2024). Mapa de caracterización municipal.

Disponible en: <https://www.lajaguadeibirico-cesar.gov.co/>

Arroyo-Rodríguez, V., Pineda, E., Escobar, F., & Benítez-Malvido, J. (2009). Value of small patches in the conservation to plant-species diversity in highly fragmented forest. *Conservation Biology*, 23, 729-739

Armenteras, D., Cabrera, E., Rodríguez, N., & Retana, J. (2013). National and regional determinants of tropical deforestation. *Environ Change*.

Cabarcas, M., Olivero, C., & Orrales, H. (2012). Efectos genotóxicos en células sanguíneas de *Mus musculus* e Iguana de estar cerca de las zonas de extracción de carbón en Colombia. *Science of the Total Environment*, 416, 208–214

Carrillo, F.; Jhonatan D., (2019). Investigación de los impactos ambientales generados por la minería ilegal, a través de una metodología de marco ordenador común. <http://hdl.handle.net/11349/22782>

Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE. <http://systema59.dane.gov.co/bincol/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=CNPVBASE4V2&lang=espCO&appAcronym=sigm>

CINEP. (2014). Impactos socioambientales de la explotación minera de los departamentos del Cesar y La Guajira. *Analysis*, 1, 23. Retrieved from <http://library.fes.de/pdffiles/bueros/kolumbien/11067.pdf>.

Codazzi, Sitio web: <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia>

Corpocesar (2022). Resolución 0142 de 2022. Disponible en: <https://www.corpocesar.gov.co/files/2022/04/RESOLUCION/RESOLUCION-0142-04-04-2022-DG.pdf>

Corpocesar (2018). Fase diagnóstico. Formulación del plan de manejo ambiental del sistema acuífero cesar.

[https://www.corpocesar.gov.co/files/Informe%20diagnostico%20final%20\(1\).pdf](https://www.corpocesar.gov.co/files/Informe%20diagnostico%20final%20(1).pdf)

Cuellar, C., Serna, P. (2021). Análisis multitemporal de pérdida cobertura vegetal y su relación con los movimiento en masa a partir de la evidencia de ocurrencias conocidas (inventario de procesos morfodinámicos) del municipio de Cartago, Valle del Cauca. Disponible:

https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/3233/1/Analisis_multitemporal_perdida_a_cobertura_vegetal_relacion_movimiento_masa_apartir_evidencia_ocurrencias_con_ocidas_Inventario_procesos_morfodinamicos_Municipio_Cartago_Valle_Cauca.pdf

(2010). Colombia Estadística. Obtenido de Colombiastad:

http://www.colombiastad.gov.co/index.php?option=com_colcifras&Itemid=58

Defensoría del Pueblo. (2010). Explotación, transporte y embarque de Carbón en los Departamentos de Cesar y Magdalena. Retrieved from www.defensoria.gov.co/.../Explotaci?n,

Defensoría del Pueblo. (2008). Explotación, transporte y embarque de carbón en los departamentos de cesar y magdalena. Retrieved from www.defensoria.gov.co/attachment/177/defensorial54.pdf

Diouf y Lambin. (2001). Monitoring land-cover changes in semi-arid regions: remote sensing data and field observations in the Ferlo, Senegal. Disponible en: <https://doi.org/10.1006/jare.2000.0744>

Duque, A., Álvarez, E., Rodríguez, W., Lema, A. (2013). Impacto de la fragmentación en la diversidad de plantas vasculares en bosques andinos del nororiente de Colombia. Colombia Forestal, 16 (2), 115–137

Espejo, N. C. (2018). Incidencia de la dinámica de las coberturas vegetales en la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en el Municipio de Mocoa, Putumayo. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10554/42621>

EOS data (2021). Bandas Landsat 8: Combinaciones Y Usos En Imágenes. Disponible:

<https://eos.com/es/blog/bandas-landsat-8/>

Fierro, J. (2012a). Capítulo I: Tendencias nacionales e internacionales de política minera. In J. E. Álvarez (Ed.), *Política minera en Colombia* (pp. 13–82). Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from <http://ilsa.org.co:81/biblioteca/dwnlds/taq/Taqpoliticas-m/cap1.pdf>

Forman, R. (1995). *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions.* (U. of Cambridge, Ed.). Cambridge.

Garay, L. J., Cabrera, M., Espitia, J., Fierro, J., Negrete, R. E., Pardo, L. A., ... Vargas, F. (2013). *Minería en Colombia. Derechos, políticas públicas y gobernanza.* (J. Viana, Ed.) (Vol. I). Contraloría General de la República. Retrieved from http://www.contraloriagen.gov.co/documents/10136/182119332/Libro_mineria_sep3_2013.pdf/65bf77a0-8b0b-430a-9726-dad0e72639c6

Garay, L. J., Rudas, G., Espitia, J., Mena, J., Pardo, L. A., Fierro, J., ... Negrete, R. E. (2014). *Minería en Colombia: Daños ecológicos y socioeconómicos y consideraciones sobre un modelo minero alternativo.* (Contraloría General de la República, Ed.) (Viana, Jai, Vol. III). Retrieved from <http://www.colombiapuntomedio.com/Portals/0/Archivos2013/Miner%C3%ADa>.

Hammond, D., Rosales, J., & Ouboter, P. E. (2013). *La Gestión del Impacto de la Explotación Minera a Cielo Abierto sobre el Agua Dulce en América Latina.* Banco Interamericano de Desarrollo, 40. Retrieved from <http://www.iadb.org/wmsfiles/products/publications/documents/37577832.pdf>

Hawkins, D. (2014). *El Carbón y el trabajo en Colombia: a la sombra de la locomotora minera.* Analysis, 1, 21.

Hooke, R. L. (2000). On the history of human as geomorphic agent. *Geology*, 28(9), 843–846. [http://doi.org/10.1130/0091-7613\(2000\)28<843](http://doi.org/10.1130/0091-7613(2000)28<843)

IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA (2007). Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000. Disponible en:

<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>

Instituto Geográfico Nacional (2023). Usos del suelo. <https://www.ign.es/web/ign/portal>

Lockwood, A., Welker-Hood, K., Rauch, M., & Gottlieb, B. (2009). Asalto del Carbón en la salud humana. Un reporte para la responsabilidad social, 64

López, G. (2006). Cambio de uso del suelo y crecimiento urbano en la ciudad de Morelia. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo.

López, E., Bocco, G., Mendoza, M.E. y Duahu, E., (2019). Predicting Land-Cover and Land Use Change in the urban fringe A case in Morelia City, México, Landscape and Urban Planning, 55 (4), 271-283

Mendieta, J. C., Perdomo, J., Rodríguez, M., García, L., & Rodríguez, O. (2010). Valoración económica de externalidades en la zona carbonífera del Cesar que comprende los municipios de Agustín Codazzi, Jagua de Ibirico, el Paso, Becerril y Chiriguaná. Bogotá. Disponible en: <http://www.colombiapuntomedio.com/Portals/0/Archivos2014/Drummond2014/Valorac Econ Amb-Zona Carb Cesar MAVDT.pdf>

Meyer, W.B. and Turner, II B.L. (1994) Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective. Vol. 4, Cambridge University Press, Cambridge

Ministerio de Minas y Energía. (2006). Mercado Nacional e Internacional del Carbón Colombiano.

Ministerio de Minas y Energía. (2003). Distritos mineros: exportaciones e infraestructura de transporte. Disponible en: http://www.upme.gov.co/Docs/Distritos_Mineros.pdf.

Ministerio de Minas y Energía. (2019). La cadena del Carbón. El Carbón Colombiano Fuente de Energía para el mundo. Bogotá, Colombia

- Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. (2004). Minería Impactos sociales y ambientales. (R. Carrere, Ed.). Montevideo, Uruguay. Disponible en: http://wrm.org.uy/es/files/2013/04/Mineria_Impactos_sociales_y_ambientales.pdf
- Muñoz-, G. F. López , M. M. Hernández, A. A. Soler, G. J. López, (2017). IMPACTO DE LA PÉRDIDA DE LA VEGETACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN SUELO ALUVIAL. Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57313037008>
- Pastrana, O. (2015). ANÁLISIS DE CAMBIO DE USO DE SUELO MEDIANTE PERCEPCIÓN REMOTA EN EL MUNICIPIO DE VALLE DE SANTIAGO. <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-Pineda%20Pastrana%2C%20Oliva-Maestra%20en%20Geom%C3%A1tica.pdf>
- Posada, C. C., Pineda, C. M., Hernández, M., & D, R. C. (2010). Metodología General Para la presentación de Estudios Ambientales. Minambiente, 72
- Ramos, V. (2010). Megaminería a Cielo Abierto, 1–5
- Sánchez, L. E. (2021). Impactos sobre los ecosistemas, 11. Retrieved from http://www.researchgate.net/profile/Luis_Sanchez39/publication/242207906_Impactos_sobre_los_Ecosistemas/links/54cb8b9f0cf2598f71175ee7.pdf
- Solís (2018). Análisis de Contaminantes del aire atmosférico (CO, NO₂ y SO₂), a través de imágenes Sentinel-5P de la región de Apurímac periodo 2018 <https://repositorio.epnewman.edu.pe/handle/20.500.12892/716>
- Tierra Minada. (2015, March). Cartografía de actividades minero-energéticas en Colombia. Retrieved from <https://sites.google.com/site/tierraminada/>
- Turner, M., Gardner, R., & O'Neill, R. (2001). Ecología del paisaje en teoría y práctica. Patrones y procesos (1st ed.). Nueva York: Springer.
- Valladares, R., Dal Pozzo, F., & Castillo, A. (2013). Modelo Metodológico Para la Definición de Áreas Con Vocación Minera. Academia Española.
- Vallejo. (2010). Cambios en la cobertura de bosques y uso del territorio por “picos” económicos en el Cesar. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en:

<https://periodico.unal.edu.co/articulos/cambios-en-la-cobertura-de-bosques-y-uso-del-territorio-por-picos-economicos-en-el-cesar>

