

**EVALUACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES GENERADOS POR  
EXPLOTACION DE MATERIAL DE ARRASTRE EN EL MUNICIPIO DE MORROA  
DEPARTAMENTO DE SUCRE**

**ISIS PATRICIA HERRERA PEREZ**

**Estudiante**

**DIEGO HERNÁNDEZ GARCÍA**

**Director de Tesis**

**DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE  
LINEA DE INVESTIGACION**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE**

**2021**

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	9
1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	11
2 JUSTIFICACIÓN .....	15
3 OBJETIVOS .....	18
3.1 Objetivos Generales.....	18
3.2 Objetivos Específicos .....	18
4 MARCO TEÓRICO.....	19
4.1 Material de arrastre .....	19
4.1.1 Formación de los depósitos de arena. ....	20
4.2 Minería y medio Ambiente.....	28
4.2.1 Impactos ambientales asociados a la explotación minera.....	28
4.2.2 Pasivos ambientales mineros. ....	32
4.2.3 Priorización y evaluación de los pasivos ambientales. ....	35
4.2.4 Impactos ambientales por explotación minera.....	37
4.3 Desarrollo minero en Colombia.....	41
4.4 Desarrollo minero en el departamento de Sucre.....	47
5 METODOLOGÍA .....	52
5.1 Tipo De Investigación: .....	52
5.2 Población: .....	52
5.2.1 Ubicación y delimitación geográfica del área de estudio. ....	52
5.2.2 Contexto geográfico.....	53
5.2.3 Jurisdicción Municipal.....	53
5.2.4 Organización y división territorial.....	54
5.2.5 Hidrografía del municipio de Morroa.....	55
5.2.6 Zona de estudio: Arroyos Cambimba y Arenal: .....	56
5.3 Muestra. ....	58
5.4 Técnicas de Recolección de la Información .....	58
5.4.1 Información Primaria.....	58
5.4.2 Información Secundaria.....	59
5.4.2.2 Revisión Bibliográfica: .....	59
5.5 Metodología de diagnóstico y evaluación de los PAM .....	60
5.6 Diagnóstico de Pasivos Ambientales por explotación de Material de arrastre .....	64

5.6.1	Análisis de probabilidad del nivel de riesgo de los PAM.....	67
5.7	Consideraciones del modelo.....	74
6	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	75
6.1	Caracterización del PAM Mina de Arena Arroyo Cambimba.....	75
6.1.1	Levantamiento de información y análisis de PAM en el arroyo Cambimba.....	75
6.1.2	Análisis de resultados y reflexión de los PAM en el arroyo Cambimba.....	83
6.1.3	Análisis de Vulnerabilidad del arroyo Cambimba.....	84
6.2	Caracterización del PAM por explotación minera de material de arrastre en Arroyo Arenal.....	89
6.2.1	Levantamiento de información y análisis de PAM en el Arroyo Arenal.....	89
6.2.2	Análisis de resultados y reflexión de los PAM en el arroyo Arenal.....	92
6.2.3	Análisis de Riesgo de los PAM de las áreas de extracción de material de arrastre del arroyo Arenal. .....	94
7	CONCLUSIONES Y REMCOMENDACIONES.....	96
8	BIBLIOGRAFIA.....	99

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 4-1</b> Sistema de cualificación de impactos ambientales de zonas de explotación minera de material de construcción.	<b>39</b>
<b>Tabla 4-2</b> Tamaño del grano y clasificación textural de arenas y gravas.	<b>44</b>
<b>Tabla 4-3</b> Usos industriales de las arenas y gravas.	<b>44</b>
<b>Tabla 4-4</b> Cantidad promedio de material de construcción en el departamento de Sucre.	<b>49</b>
<b>Tabla 5-1</b> Valoración de impactos ambientales usando la metodología de Importancia Ambiental (IA) (Conesa, 1997)	<b>61</b>
<b>Tabla 5-2</b> Definición de parámetros para determinar el grado de importancia ambiental.	<b>62</b>
<b>Tabla 5-3</b> Valoración del riesgo de pasivos ambientales según la ecuación de riesgo (R).	<b>65</b>
<b>Tabla 5-4</b> Tabla de contingencia para las diferentes variables a asociar. Ejemplo para efecto de estudio de la variable deforestación el cual tiene impacto en el agua, el suelo y la morfología.	<b>68</b>
<b>Tabla 5-5</b> Valoración del Riesgo (R) para diferentes escenarios variando el nivel de riesgo y la probabilidad de ocurrencia en la deforestación.	<b>70</b>
<b>Tabla 5-6</b> Valoración del Riesgo (R) para diferentes escenarios variando el nivel de riesgo y la probabilidad de ocurrencia en la deforestación con cambios iguales en el agua, suelo y morfología.	<b>70</b>
<b>Tabla 5-7</b> Criterio de probabilidad de ocurrencia para el criterio socioeconómico de los PAM.	<b>72</b>
<b>Tabla 5-8</b> Cambio del nivel de Riesgo (R) cuando se afectan las variables socioeconómicas, la salud y el ambiente social. Se considera que las tres tienen el mismo comportamiento.	<b>73</b>
<b>Tabla 6-1</b> Determinación del tamaño de arena usando el método de tamizaje.	<b>76</b>
<b>Tabla 6-2</b> Caracterización de la fauna y la flora de la zona de interés.	<b>77</b>
<b>Tabla 6-3</b> Evaluación histórica de la actividad minera en el municipio de morro. Fuente: Entrevistas y charlas con las personas del lugar.	<b>79</b>
<b>Tabla 6-4</b> Valoración de pasivos ambientales en el arroyo Cambimba luego del cierre temporal de las zonas de explotación.	<b>81</b>
<b>Tabla 6-5</b> Escala de valoración de los pasivos ambientales en el arroyo Cambimba	<b>83</b>
<b>Tabla 6-6</b> Valoración del Riesgo (R) para diferentes escenarios variando el nivel de riesgo y la probabilidad de ocurrencia en la deforestación en el arroyo Cambimba.	<b>87</b>

**Tabla 6-7** Valoración del Riesgo (R) para diferentes escenarios variando el nivel de riesgo y la probabilidad de ocurrencia en la deforestación con cambios iguales en el agua, suelo y morfología.

**87**

**Tabla 6-8** Valoración de pasivos ambientales en el arroyo Arenal. Asumiendo cierre temporal.**91**

**Tabla 6-9** Escala de valoración de los pasivos ambientales en el arroyo Arenal

**92**

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 4-1** Material de arrastre sobre una quebrada. En nivel más altos la grava y la arena se acumulan, dichas zonas presentan gravas de alta redondez y bien seleccionado. **20**
- Figura 4-2** La relación entre el transporte de partículas por cambios en el gradiente de flujo de dos ríos. (Collins y Dune, 1989) **23**
- Figura 4-3** Los tamaños de partícula se ven afectados por el tipo de arrastre, el nivel de turbulencia y la distancia. (Fuente propia) **23**
- Figura 4-4** Comparación de la velocidad del flux de agua cuando se cambia la profundidad de las lechos de arena. El “Run 4” muestra una velocidad mucho más lenta en comparación al “Run 7” que alcanza picos de 50 mm/hr (Barman, B; 2017) **25**
- Figura 4-5** Formación de terrazas fluviales. De izquierda a derecha: Terrazas por relleno, por sedimentación y por erosión. (Fuente <https://iesdrfdezsantana.educarex.es/T4-PFD-fluviales-3>) **26**
- Figura 4-6** Formación de terrazas según su geometría. De arriba abajo. Terrazas escalonadas o de relleno, terrazas de incisión simétricas, terrazas asimétricas. Fuente propia. **27**
- Figura 4-7** Columna de cantera, contiene depósitos de detritos, arena y grava de mala selección (Fuente: modificado de Thiele, R., 1998). **28**
- Figura 4-8** Estudio de pasivos ambientales sobre una mina abandonada de carbón. **35**
- Figura 4-9** Pasos para realizar un estudio de PAM, Se deben incluir aquellos estudios que son recomendables por la normativa legal del país de origen. Fuente Propia **37**
- Figura 4-10.** Explotación minera a cielo abierto y los impactos biofisicos de los ecosistemas nativos. **38**
- Figura 4-11** En la figura #1 y #2 se muestra la explotación artesanal en dos ciudades africanas (SANPR, 2017) y la figura #3 una mina de arena de explotación industrial en Wisconsin Estados unidos (Foto aérea Barrett Dixon Bell Ltd, 2018). **41**
- Figura 4-12.** Distribución del PIB para la explotación minera en el año 2020. La explotación de minerales para construcción y otros minerales alcanza los \$369.000 millones de pesos (Fuente: modificado de Gómez, 2016) **42**
- Figura 4-13** Producción de arena de interés comercial en Colombia (fuente: informe PIB Colombia, 2017) **43**

<b>Figura 4-14</b> Extracción de grava y arena en un lecho arenoso de 3 metros de profundidad. (SANPR, 2017).	<b>46</b>
<b>Figura 4-15</b> Mapa geológico de Colombia (modificado de Arcárcel, F.A & Gómez, J., 2019)	<b>48</b>
<b>Figura 4-16</b> Minería a cielo abierto en el municipio de toluviejo – San Onofre. Grupo Minero de Sucre <a href="https://www.grupominerosucre.com/">https://www.grupominerosucre.com/</a>	<b>49</b>
<b>Figura 4-17</b> Aspectos legales para adquirir una concesión minera para explotación artesanal.	<b>50</b>
<b>Figura 5-1</b> Distribución política del municipio de Morroa.	<b>52</b>
<b>Figura 5-2</b> Mapa Hidrográfico de la zona central del departamento de Sucre. Se muestra los municipios de Sincelejo, Coroza, Morroa, Los Palmitos, entre otros.	<b>56</b>
<b>Figura 5-3</b> Metodología para la identificación y estudio de impactos causados por PAM (fuente propia)	<b>60</b>
<b>Figura 5-4</b> Estudio de la valoración de la probabilidad de ocurrencia las variables de contingencia	<b>69</b>
<b>Figura 5-5</b> Valoración de nivel de Riesgo (R) para diferentes escenarios de deforestación	<b>71</b>
<b>Figura 5-6</b> Cambio del nivel de Riesgo (R) cuando se afectan las variables socioeconómicas, la salud y el ambiente social.	<b>74</b>
<b>Figura 6-1</b> Caracterización de la zona de explotación de arena. A la izquierda una terraza de arena explotada y a la derecha una fotografía de la arena lavada en alta resolución.	<b>75</b>
<b>Figura 6-2</b> Evaluación del ancho, alto y tipo de terraza de arena. (CARSUCRE)	<b>76</b>
<b>Figura 6-3</b> Mapa hidrográfico del arroyo Cambimba. (Modificado Propia, Google Maps)	<b>79</b>
<b>Figura 6-4</b> Operación de extracción ilegal de arena en el arroyo Cambimba.	<b>80</b>
<b>Figura 6-5</b> Observación 1	<b>81</b>
<b>Figura 6-6</b> Observación 2	<b>81</b>
<b>Figura 6-7</b> Observación 3	<b>81</b>
<b>Figura 6-8</b> Fuentes hídricas de Morroa y Corozal contaminadas con basura. (Periódico el espectador)	<b>83</b>
<b>Figura 6-9</b> Mapa de precipitación anual en el departamento de Sucre. (Fuente: IDEAM)	<b>84</b>
<b>Figura 6-10</b> Valoración de nivel de Riesgo (R) para diferentes escenarios de deforestación en el arroyo Cambimba	<b>88</b>
<b>Figura 6-11</b> Mapa hidrográfico del arroyo Arenal. (Modificado Propia, Google Maps)	<b>90</b>
<b>Figura 6-12</b> Evaluación del ancho, alto y tipo de terraza de arena.	<b>90</b>

<b>Figura 6-13</b> Observación 4	<b>91</b>
<b>Figura 6-14</b> Observación 5	<b>91</b>
<b>Figura 6-15</b> Observación 6	<b>91</b>
<b>Figura 6-16</b> Cargamento de madera decomisado. La madera es de la especie campano, árbol maderable de la región de Morroa. (Fuente: CARSUCRE)	<b>93</b>

## INTRODUCCIÓN

La minería en Colombia es una de las principales actividades económicas del país, representada en la extracción de diversos minerales, metales, esmeralda y materiales de la construcción, actividad que se desarrollada en cuatro etapas, exploración, construcción y montaje, explotación, cierre y abandono y clasificadas en minería pequeña, mediana y gran escala, requiriendo para su iniciación de permisos ambientales y mineros, tramites que generan un gasto económico dado que es preciso la presentación de diversos estudios de aprobación, en estos se presentan las propuesta de manejo ambiental durante las actividades de extracción así como las acciones de recuperación de las áreas de explotación una vez se finalice la actividad “planes de abandono y cierre”, cuando un área de explotación minera es abandonada sin tratar los impactos o daños ambientales causados se convierte en un pasivo ambiental dado que su existencia representa un riesgo para la población, un pasivo ambiental -PA puede ocurrir bajo dos campos, uno cuando existen los permisos ambientales y mineros pero sin los controles requeridos con un responsable para la restauración o por las explotaciones de carácter de informal y/o ilegal en los que los pasivos ambientales mineros PAM se convierten en PAM huérfanos, es decir sin un responsable para su tratamiento

Hoy en día la explotación de material de arrastre “arena” es esencial para mantener una sociedad moderna con nuevas y mejores técnicas construcción, pero también es parte esencial del ecosistema fluvial. La presencia de la arena permite que los arroyos, quebradas y ríos se mantengan saludables (Sandrp, 2017; Rinaldi, 2005). A pesar de ello la minería ilegal, la extracción intensiva y las malas condiciones de extracción cobran un alto precio al medio ambiente (Arango, 2012). En muchas ocasiones el nivel de erosión alcanza el nivel máximo permitido provocando el colapso del lecho de arena y/o suelo que en ocasiones cobra la vida de algunos mineros que no siguieron los procedimientos estándares de seguridad. Estos impactos ambientales ocurridos luego del cierre y/o abandono del área de explotación es lo que conocemos como pasivo ambiental minero (PAM) por extracción de material de arrastre. *“Una cuenta de cobro del medio ambiente a las personas o empresas que no remediaron el daño ambiental durante el tiempo de producción”*.

En el departamento de Sucre, la explotación de arena y grava son de origen aluvial del tipo terraza y para el año 2020 alcanzó las 7000 toneladas métricas producidas; a largo plazo la industria

y actividades mineras legales e ilegales del municipio de Morroa ha generado impactos ambientales y grandes cambios en el paisaje y en algunas ocasiones causan conflictos sociales asociados a la delincuencia, esta acumulación de impactos ambientales ha dado lugar a un pasivo ambiental minero (PAM). Reconocer y cuantificar el riesgo ambiental a causa de los PAM se convierte en una actividad de gran importancia y posibilita establecer metas de restauración, sistemas nuevos de prevención, control y adecuación de zonas explotadas y el diseño de un plan para enfermedades y afecciones de salud asociadas a los PAM, en esta investigación se indagó y contabilizó los pasivos ambientales que ha originado la explotación minera de material de arrastre en el municipio de Morroa, departamento de Sucre- arroyos Cambimba y Arenal centros de vida para la fauna flora importantes para la región, además de ser un elemento esencial para la recarga del acuífero de Morroa, principal fuente de agua para los municipios del departamento de Sucre utilizando una metodología tipo cuantitativo-evaluativa, contextualizando los problemas generales de la minería ilegal y artesanal, en donde las visitas de campo y las entrevistas fueron las herramientas claves para la recolección de la información.

Se diseñó una cuantificación del riesgo por los PAM estimado a través de la probabilidad de ocurrencia de ocho variables ambientales y el grado de gravedad de estos una vez se realicen los cierres de las áreas de explotación minera, considerando los riesgos al entorno humano, natural y socioeconómico.

Los cierres de las áreas de explotación del material de arrastre solo ocurren cuando las entidades estatales intervienen debido a los delitos graves que se cometen al medio ambiente o cuando se extrae por completo la terraza o depósito de arena del sector y esta se abandona. Cada uno de estos cierres tiene una valoración de PAM diferente. El segundo tipo de cierre genera mayor riesgo en los pasivos ambientales debido a que no se realizó ninguna actividad preventiva, o se dispuso de un plan de manejo ambiental. En esta investigación se estudiará estos dos casos y se comparará cual es la magnitud de riesgo de forma cuantitativa-valorativa con el fin de describir que variables se afectan por el cierre de las áreas de explotación de material de arrastre, convirtiendo los impactos ambientales en pasivos ambientales mineros huérfanos.

## 1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Colombia tiene a la minería como un pilar económico del plan de desarrollo; al mismo tiempo se tiene la percepción que la minería daña al medio ambiente de forma irremediable. Las actividades de extracción de cualquier recurso minero causan diferentes grados de daño ambiental con repercusiones en regiones mineras cercanas y en algunas regiones remotas (influencia directa e indirecta). En zonas urbanas, suburbanas y rurales se presentan cambios negativos en la comunidad agrícola, afectan operaciones de transporte, se incrementa la delincuencia y la minería ilegal.

La minería ilegal es una de las grandes problemáticas que causa el deterioro ambiental debido a la informalidad de sus labores y a que no se realiza el proceso de recuperación de las áreas explotadas. La falta de seguimiento y control por parte de las autoridades competentes a licencias ambientales otorgadas para la explotación minera acarrea la aparición de pasivos ambientales mineros (PAM), su repercusión en el entorno gira en la desaparición de hábitats y alteración de los ecosistemas.

Según Arango, un PAM debe ser identificado y medido según el riesgo para la salud de las personas y al patrimonio circundante (Arango, 2011). Esta forma de cualificar el PAM expone que "si no hay riesgo asociado, no existe PAM". En Colombia estas mediciones ambientales no se incluyen en la contabilidad ambiental o se tratan muy poco durante la explotación minera.

Para la explotación de cualquier yacimiento minero, se requiere de la elaboración y aprobación de varios factores expresados en seis (6) categorías (Hartman; M, 2002):

- Características espaciales del depósito minero y definir un plan de trabajo de obras,
- Condiciones geológicas e hidrológicas,
- Propiedades geotécnicas,
- Consideraciones económicas,
- Factores tecnológicos, y
- Estudio de impacto ambiental que informe de los impactos a causar y medidas ambientales para mitigarlos y/o compensarlos.

Una de las posibles causas de los pasivos ambientales de la minería es la elaboración y aprobación de los documentos no acorde con la realidad y/o actividades a ejecutar. En este caso la responsabilidad recae sobre las autoridades ambientales y mineras por una mala gestión durante la aprobación y seguimiento de los títulos mineros y licencias ambientales otorgadas. También recae sobre el propietario de la licencia ambiental y/o título minero puesto que incumple con las acciones y medidas contempladas por la autoridad ambiental y minera para el desarrollo y ejecución de las actividades de explotación. Los efectos al no considerar la remediación de los impactos ambientales, y su acumulación con el tiempo conlleva a la aparición de pasivos ambientales. Por lo tanto, es importante remediar los daños que no se previnieron con las normas actuales, pero son causados por actividades mineras abandonadas (Marcela Arango Aramburo, 2012).

En Colombia la legislación no habla de pasivos ambientales mineros, sin embargo, el código de minas ley 681 de 2001 establece los planes de cierre de minas y pautas para su rehabilitación y gestiona las herramientas para el manejo de pasivos ambientales, así mismo las licencias Ambientales establecen las estrategias para la reducción y mitigación de impactos ambientales y evita que se convierta en un pasivo ambiental, medidas que solo aplica para aquellas áreas de explotación que cuentan con los permisos, sin embargo existen áreas de explotación minera que no cuentan con ningún tipo de permiso ejecutándose sin ninguna medida de manejo y control ambiental, de acuerdo con El Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO), en para el año 2020 en Colombia existían 7402 títulos mineros vigentes distribuidos en diferentes modalidades de concesión, así mismo la Unidad de Planeación Minero-Energética UPME en su página oficial informa que en Colombia se tienen 533 áreas mineras en estado de abandono – AMEAs, lugares donde se realizó algún tipo de extracción por personas que no contaban con las autorizaciones requeridas, áreas degradadas ilícitamente, ocasionando impactos ambientales negativos y que al ser ilegales no tiene responsables de sus manejo llevándolos a la conversión de un PAM huérfano.

Según el censo minero de 2011, el 95% de las pequeñas minas artesanales no cuentan con ningún tipo de permiso o autorización ambiental, lo que está generando graves impactos ambientales en el país. Esto es aún más grave si se tiene en cuenta que de acuerdo con la

*Contraloría General de la República, el Estado no tiene establecida una política para la identificación y manejo de los pasivos ambientales derivados de la actividad minera, pese a los diferentes problemas ambientales derivados de los impactos acumulativos, residuales y sinérgicos que ha traído la actividad minera en diferentes regiones del país, no sólo asociados a la minería ilegal, sino también a aquellos emprendimientos mineros de gran escala. (Güiza Leonardo P. 7 2013)*

El Municipio de Morroa se encuentra ubicado en la subregión Montes de María al noreste del Departamento de Sucre, limitada por los municipios de Toluviejo, Colosó, Los Palmitos, Corozal y Sincelejo, de acuerdo a la información presentada en esquema de ordenamiento territorial del municipio de Morroa (Alcaldía de Morroa, 2002), la hidrografía del municipio está representada por un gran número de arroyo con un flujo de agua intermitente, entre los principales arroyos encontramos: El Cocuelo, La Montaña, el Pedregal, Cansaviejo, El Yeso, Pajonal, Cascajal, Cambimba, Escobar, Asmón, Arenal, Alfiler, Pérez, Bálsamo, Palomar, La Muerte y Morroa, variedad de cuerpos de agua que hacen el municipio rico en la disponibilidad de material de arrastre, sin embargo las áreas de explotación minera se ubican principalmente sobre el arroyo Cambimba y Arenal.

Los suelos fértiles del Municipio de Morroa son aptos para la Agricultura y la Ganadería, situación que permite el desarrollo Agropecuario de esta región. Además, la cercanía con la ciudad de Corozal distante sólo a 1.500 metros a la cual se llega a través de una vía completamente pavimentada, y la ciudad de Sincelejo, capital del Departamento, a una distancia de 15 kilómetros y que tiene como principal vía de acceso la carretera troncal de occidente. Esta posición estratégica en el Departamento de Sucre permite el desplazamiento de bienes y personas que facilita la generación de un mercado a nivel comercial con el resto del Departamento y otras regiones del país.

Debido a las cercanías de las terrazas de arena a las zonas urbanas del municipio de Morroa, los ciudadanos comunes y empresas explotan el material de arrastre de forma sencilla. Se ingresa al lugar siguiendo las trayectorias de los arroyos, hasta la zona de interés. Los arroyos en varios meses del año permanecen sin agua debido al tipo de clima que se tiene en la región, cuerpos de

agua con flujo de agua intermitente. El ingreso de personas a pie, vehículos de tracción animal, tractores, motocicletas, vehículos livianos y pesados con motores diésel o a gasolina afectan de manera progresiva al medio ambiente generando impactos ambientales con el paso del tiempo.

En el municipio de Morroa, la actividad minera principal involucra el material de arrastre. El material de arrastre corresponde a materiales pétreos desintegrados en tamaños de grava y arena, esta se extrae de los lechos de los ríos, quebradas y vegas de inundación ([Decreto 2655 de 1988, Artículo 113](#)). Esta actividad minera constituye una de las fuentes de empleo de la población desde hace muchos años y se ejerce en gran porcentaje de forma ilegal. La explotación no cuenta con la implementación de medidas ambientales para la mitigación y/o compensación de los recursos naturales utilizados, y las técnicas de extracción no son las adecuadas, lo que ha generado grandes cambios en el paisaje y el medio ambiente. Esta acumulación de impactos ambientales ha dado lugar a un pasivo ambiental que se ha vuelto recurrente en las regiones mineras. Frente a este ambiente y contexto se hace necesario la identificación de cada PAM en las áreas con explotación minera que se encuentran dentro de la jurisdicción del Municipio de Morroa.

Partiendo de base que el municipio de Morroa durante muchos años se ha llevado a cabo actividades mineras, de hecho, legales, ilegales y/o informales, generando impactos ambientales y grandes cambios en el paisaje, surge la pregunta de investigación, ¿Cuáles son los pasivos ambientales que ha originado la explotación minera en el municipio de Morroa y cuál sería la magnitud del riesgo asociado a los PAM luego del abandono de las áreas de explotación minera en el arroyo Cambimba y Arenal? por medio de la identificación, caracterización y solución de la pregunta anterior se podrá proponer acciones de mitigación, compensación y/o restauración de las zonas aledañas afectadas y a la población civil en riesgo.

A largo plazo la industria y actividades mineras legales e ilegales del municipio de Morroa ha generado impactos ambientales y grandes cambios en el paisaje y en algunas ocasiones causan conflictos sociales asociados a la delincuencia. Reconocer y cuantificar el riesgo ambiental a causa de los PAM se convierte en una actividad de gran importancia y posibilita establecer metas de restauración, sistemas nuevos de prevención, control y adecuación de zonas explotadas y el diseño de un plan para enfermedades y afecciones de salud asociadas a los PAM.

## 2 JUSTIFICACIÓN

La minería es una actividad económica que se desarrolla en Colombia desde hace siglos, constituyéndose uno de los motores económicos del país, data desde la época precolombina con la llegada de la invasión española, los indígenas extraían piedras y materiales preciosos destinados al sector de la joyería y la ornamentación, actividad que no se encontraba reglamentada ni organizada; las inadecuadas practicas mineras y la falta de regulaciones por el estado propiciaron la aparición pasivos ambientales.

La explotación minera durante todas sus etapas exploración, extracción, tratamiento, transformación de minerales, almacenamiento y transporte, provoca cambios e impactos en el medio ambiente, muchos de los cuales son irreversibles, considerando además que es un proceso de vida corto; dependiendo del tipo de contingencia a implementar y su efectividad se puede convertir en pasivos ambientales, cuando un área minera es abandonada sin corregir los daños ambientales y cuando estos daños representan riesgo para la población, los recursos naturales y el equilibrio ecosistémico, se habla de pasivos ambientales, es allí cuando surge la obligación de realizar una remediación, restauración y/o compensación de los daños causados.

Los pasivos ambientales mineros (PAM) se refieren a *"un área donde existe la necesidad de restauración, mitigación o compensación por un daño ambiental o impacto no gestionado, producido por actividades mineras inactivas o abandonadas que pone en riesgo la salud, calidad de vida o bienes públicos o privados"* (Arango & Olaya, 2012). El Ministerio de Minas y Energía definió los PAM como *"la obligación que se origina en pérdidas significativas de bienestar o riesgos inminentes para las personas, que se presentan como consecuencia del detrimento de los recursos naturales renovables, cuando este detrimento supera los niveles, social, técnica o legalmente aceptables, causado por actividades mineras, inactivas, abandonadas o sin responsable evidente, cuya solución es asumida por el estado, sin perjuicio de la responsabilidad jurídica que le cabe a los particulares"*.

La explotación minera se realiza en Colombia desde hace varios siglos, con estrategias de extracción rudimentarias, que poco a poco se han ido tecnificando a consecuencia de la

desmesurada explotación de los recursos naturales. Después de una minería pirañezca han quedado numerosas áreas mineras en estado de abandono – AMEAs áreas degradadas ilícitamente; una minería ilegal según el Glosario Técnico Minero de 2003: “Es la minería desarrollada sin estar inscrita en el Registro Minero Nacional y, por lo tanto, sin título minero. Es la minería desarrollada de manera artesanal e informal, al margen de la ley. También incluye trabajos y obras de exploración sin título minero. Incluye minería amparada por un título minero, pero donde la extracción, o parte de ella, se realiza por fuera del área otorgada en la licencia” áreas que no se han sometido a proceso de cierre, para restaurar y/o mitigar los impactos.

El Gobierno Nacional ha venido realizando gestiones y estudios para la identificación y diagnósticos de los pasivos ambientales mineros-PAM, en marzo de 2008, el Ministerio de Minas y Energía emprendió un proyecto de inversión denominado “Diagnóstico minero ambiental de los pasivos en el territorio nacional” como respuesta a la preocupación del impacto negativo que estaban ocasionando las minas abandonadas, en el marco de este diagnóstico se realizó el Inventario de Áreas con Actividad Minera en Estado de Abandono (AMEA). Hasta el año 2015, se habían inventariado un total de 449 AMEAs, hoy por hoy y de acuerdo al Unidad de Planeación Minero-Energética se tienen 533 AMEAs localizados en los departamentos de Valle del Cauca, Boyacá, Norte de Santander, Córdoba, Cundinamarca, Bolívar y Tolima; cabe destacar que el actual Plan Nacional de Desarrollo 2018- 2022- Pacto por Colombia, ordenó un proyecto de ley de pasivos ambientales donde se establecen los mecanismos para la gestión de pasivos ambientales enfocado en aspectos jurídicos, protocolos y guías técnicas de identificación, prevención e intervención de pasivos ambientales, además se establece una Comisión Intersectorial para su Gestión y crea el Registro Nacional de Pasivos Ambientales.

La corporación Autónoma Regional de Sucre- CARSUCRE, es la entidad encargada de vigilar y proteger los recursos naturales de la zona de estudio; hasta la fecha no se tiene identificado los pasivos ambientales que ha originado a lo largo de los años la explotación de material de arrastre en el municipio de Morroa, es necesario identificar las áreas afectadas por la actividad minera, con el fin de valorar los PAM y proponer acciones para compensarlo y/o restaurarlos; Una vez identificados, diagnosticados y valorados cada uno de los pasivos ambientales que ha originado la explotación minera en el Municipio de Morroa se podrá diseñar estrategias desde

diferentes campos de acción, político, ambiental, social, que involucren una gestión local, regional, nacional, para la restauración y recuperación de las zonas afectadas, estrategias que garanticen el uso sostenible de los recursos naturales y la recuperación de las zonas degradadas.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivos Generales.**

Evaluar los pasivos ambientales que ha originado la explotación de material de arrastre en el municipio de Morroa, Departamento de Sucre, a través de su identificación y caracterización, con el fin de proponer acciones de mitigación, compensación y/o restauración de las zonas afectadas.

#### **3.2 Objetivos Específicos.**

- Describir las explotaciones mineras de material de arrastres existentes en el municipio de Morroa, legales e ilegales activas y/o abandonas.
- Identificar los pasivos ambientales que ha originado la explotación de material de arrastre en el Municipio de Morroa, con el fin de proponer acciones y/o mecanismos para la restauración y recuperación de las zonas afectadas
- Valorar los pasivos ambientales mineros encontrados en la jurisdicción del municipio de Morroa, en términos de riesgos y daños causados al medio ambiente.

## 4 MARCO TEÓRICO.

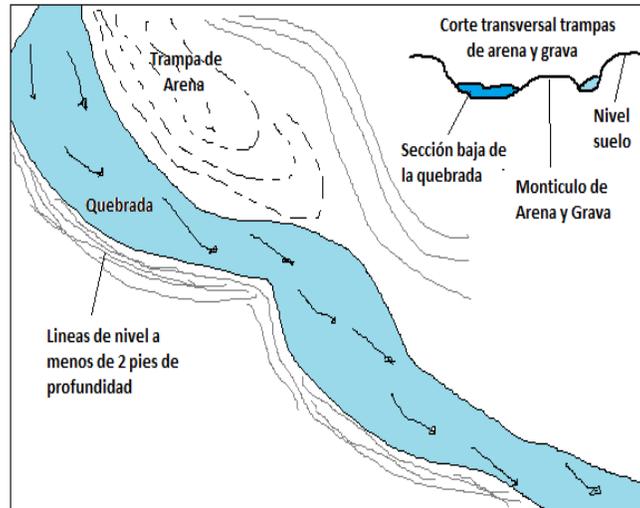
Este capítulo está contextualizado en los desarrollos innovadores, los instrumentos del derecho y las herramientas institucionales para perfilar los diferentes pasivos ambientales generados durante la explotación artesanal minera en el departamento de Sucre. Esta actividad genera impactos ambientales tanto en la explotación, como la extracción, el tratamiento, el transporte y almacenamiento.

### 4.1 Material de arrastre

En sus líneas el Decreto 2655 de 1988, Artículo 113 define a los materiales de arrastre como “Los materiales pétreos desintegrados en tamaños de gravas y arenas, que se extraen de los lechos de los ríos, quebradas y vegas de inundación”. Los reglamentos para construcción, minería y demás empresas que utilizan como materia prima la gravilla extraída del material pétreo se establece según las características físicas y químicas de las gravas y arenas. Ley 685 de 2001 Artículo 11 También, para los mismos efectos, son materiales de construcción, los materiales de arrastre tales como arenas, gravas y las piedras yacentes en el cauce y orillas de las corrientes de agua, vegas de inundación y otros terrenos aluviales.

Los materiales antes mencionados, se denominan materiales de construcción, aunque una vez explotados, no se destinen a esta industria. El glosario minero de 2003 califica, para efectos legales, el material de arrastre o material de construcción todas las arenas, gravas y las piedras yacentes en el cauce y orillas de las corrientes de agua, vegas de inundación y otros terrenos aluviales.

La Figura 4-1, muestra la descripción de la ubicación del material de arrastre sobre una quebrada.



**Figura 4-1 Material de arrastre sobre una quebrada. En nivel más altos la grava y la arena se acumulan, dichas zonas presentan gravas de alta redondez y bien seleccionado.**

Los depósitos de material de arrastre son el resultado de la concentración natural por procesos fluviales meteorizantes que desintegran fragmentos y partículas minerales de las rocas del basamento, sometidas posteriormente por las corrientes fluviales a procesos de transporte, abrasión y sedimentación (Minminas, 2013).

#### **4.1.1 Formación de los depósitos de arena.**

La explotación de arena y sus efectos en el medio ambiente ha sido estudiada por décadas (Collins y Dune, 1990; Rinaldi, 2005) y en muchos casos concluyen que las minas artesanales o industriales cambian el comportamiento hidrodinámico del afluente. Los canales preferenciales de los ríos, quebradas, riachuelos y demás, forman un complejo sistema entre el flujo y la trampa móvil de arena. Estos lechos de arena, apetecible para la explotación minera, también hacen parte del ecosistema y soporta hábitats de plantas y animales.

Para describir como la ocasional o planeada extracción de arena afecta las fuentes de agua y los ecosistemas, se deben analizar las siguientes preguntas (Collins y Dune, 1989):

1. ¿Qué factores influyen en el transporte de sedimentos?,
2. ¿Cómo los ríos y/o quebradas transportan y depositan los sedimentos?,

3. ¿Cómo el transporte de sedimentos y la depositación interactúa con la morfología de los canales de flujo?

La forma de cómo llegan los sedimentos al flujo del río o la quebrada incluye:

- ✓ Materiales de las mismas zonas de afluencia,
- ✓ Materiales de deslizamientos y desprendimientos de suelo,
- ✓ Movimiento de rocas de forma gravitacional o por deslizamientos,
- ✓ Erosión de laderas por el agua,
- ✓ Erosión de los ríos a los lechos y terrazas de arena.

El sedimento dominante en un área de drenaje, su localización y su relativa importancia para la explotación pueden ser determinados bajo la revisión de mapas geológicos o la observación de campo siguiendo las fuentes típicas de la generación del material sedimentario, las cuales se mencionan a continuación:

#### *4.1.1.1 Erosión por agua:*

La erosión por agua ocurre cuando la intensidad de las lluvias excede la capacidad de infiltración del suelo, y un sobre flujo es generado en el río o quebrada. En ambientes áridos o semiáridos, las corrientes y los vientos durante las tormentas o huracanes mueven gran cantidad de sedimentos, produciendo gran variedad de tamaño de arena, arcillas y limos. En zonas de alta vegetación, los sedimentos son restringidos por la alta cantidad de materiales que obstruyen su libre movimiento. En estas zonas se producen sedimentos muy pequeños del tamaño de arena o más pequeños.

#### *4.1.1.2 Deslizamientos:*

Los deslizamientos son producidos por la acumulación de agua en el suelo. La presión prolongada de este fenómeno durante las lluvias abundantes puede ocasionar el desprendimiento de las laderas. El material del suelo y las rocas se transportan a las zonas bajas de la ladera, bajo

el proceso de pérdida de masa. La importancia de estos deslizamientos puede ser determinada con observaciones de campo o con simulaciones de software especializado que estudian el comportamiento de estos fenómenos.

#### *4.1.1.3 Arrastre del suelo:*

Es el movimiento lento del suelo debido a disturbios en el terreno, como los árboles y la actividad de los animales. Es mucho más pronunciado en zonas de altas pendientes. Los lechos de arena formados por esta forma de sedimentación generalmente incluyen rocas de gran tamaño, terraplenes de diferente inclinación, lechos rocosos o alternancia entre lechos arenosos y rocosos.

#### *4.1.1.4 Erosión de bancos de arena:*

La erosión de terraplenes de arena, son la fuente de sedimentos de este fenómeno. Los sedimentos formados por este proceso pueden generar grandes volúmenes de arena. Esto debido a que las partículas sufren la misma cantidad de transporte, arrastre y depositación. La identificación de estos terraplenes puede ser visual o el escalamiento entre diferencia de las distancias de los lechos arenosos y el ancho del afluente.

#### *4.1.1.5 Erosión de la rivera de los ríos o las quebradas:*

Las riveras que tienen un alto corte o sobresalen frente al río, producen sedimentos por el desarrollo de cañones o valles. El tamaño de grano es distribuido y su composición es rica geológicamente. Este tipo de erosión puede cambiar la topografía con el tiempo.

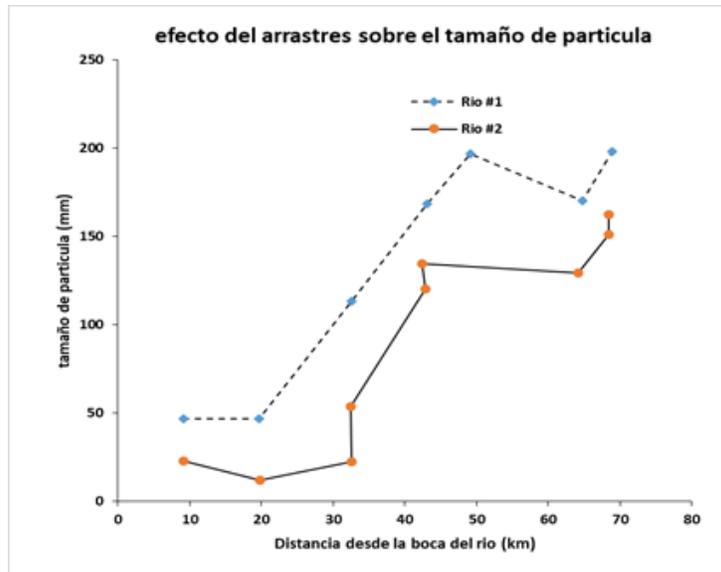


Figura 4-2 La relación entre el transporte de partículas por cambios en el gradiente de flujo de dos ríos. (Collins y Dune, 1989)

En la Figura 4.2, se muestra como el efecto de arrastre afecta el tamaño de las partículas. En posibles zonas de interés estas pueden ser localizadas por ajustes estadísticos entre la distancia recorrida y la velocidad del efluente. En la Figura 43, se muestra cómo se distribuye los lechos de arena sobre un afluente con corrientes de alta y baja velocidad.

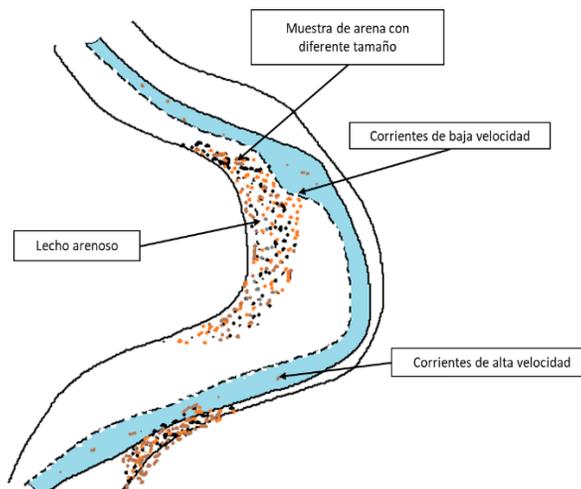


Figura 4-3 Los tamaños de partícula se ven afectados por el tipo de arrastre, el nivel de turbulencia y la distancia. (Fuente propia)

La continua extracción de arena causa un incremento en la turbiedad de los ríos. En 2018, Barman y colaboradores, realizan un estudio de caracterización en las zonas cercanas de una mina de arena. Las variables como el flujo de agua, el tipo de flujo (turbulento y no turbulento) y los mecanismos de extracción afectaban en gran medida el valor de la turbiedad del agua (Barman et. Al, 2018). La falta del lecho de arena puede afectar la morfología y las características de las zonas cercanas a las fuentes de agua, como consecuencia se espera una alteración del flujo del río o la quebrada cuando se avecinen las temporadas de lluvia.

El transporte de sedimentos está altamente influenciado por las condiciones hidráulicas de las fuentes hídricas (Barman, B; 2017). Las minas de arena cambian la geometría de los lechos de arena e influencia los parámetros de flujo y los regímenes de flujo. Barman enumera las variables para luego analizarlas en un experimento de laboratorio.

La Figura 4.4 muestra la celeridad del flujo de agua cuando se cambia la altura de la terraza de arena. Este estudio muestra que tan intenso es el impacto ambiental cuando el nivel de erosión cambia. Esta interacción entre los lechos de sedimentos y el río es muy compleja, por lo que los análisis de impactos requieren de estudios estadísticos que involucren promedios del flujo, volumen de sedimentos, profundidad de la erosión, inclinación de la trampa de arena antes y después de la explotación, entre otras variables.

Los depósitos formados por medio de glaciales, por acción del hielo y deshielo, contienen material de transporte y acumulado por el mismo glacial. A este tipo de depósitos se le denominan morrenas. Estos cubren grandes espacios y amplios valles. La forma de los sedimentos es gruesa, alargada en forma de lentejones organizados irregularmente.

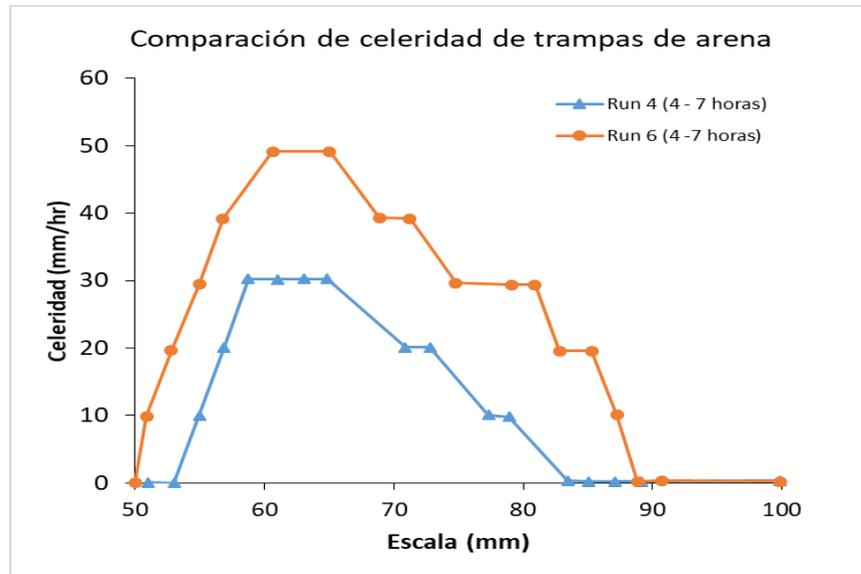
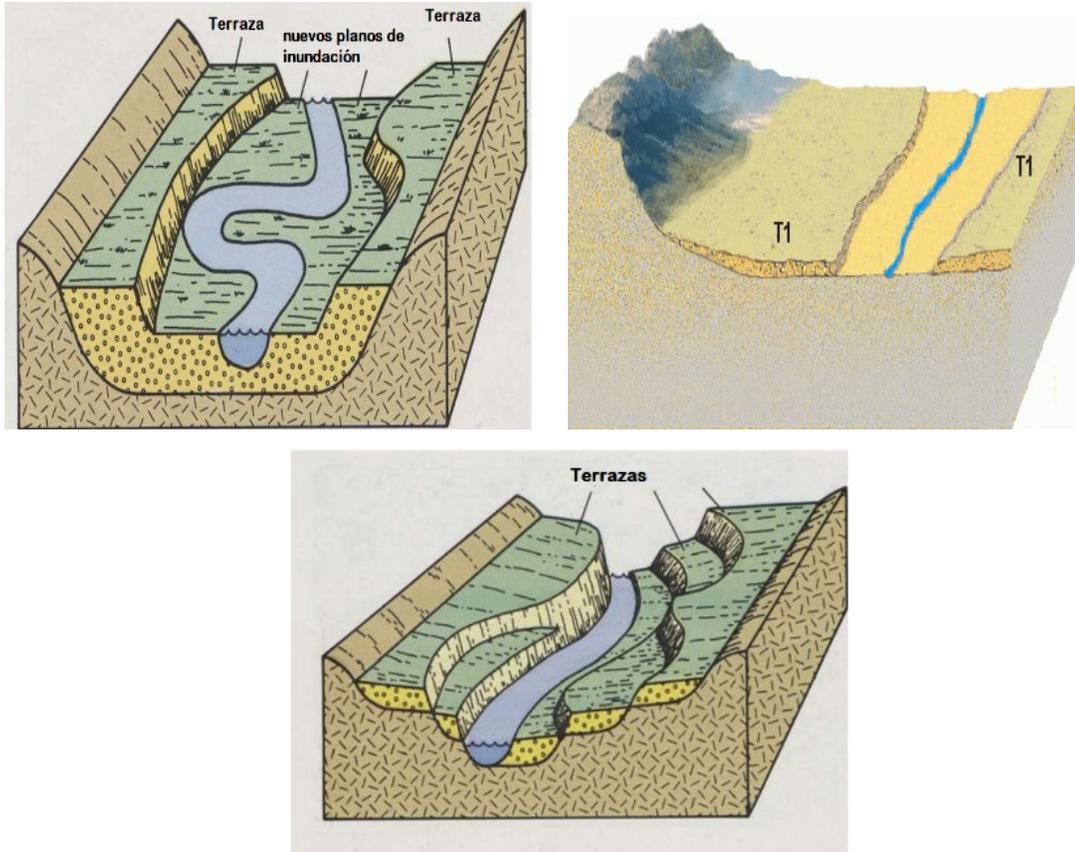


Figura 4-4 Comparación de la velocidad del flujo de agua cuando se cambia la profundidad de los lechos de arena. El “Run 4” muestra una velocidad mucho más lenta en comparación al “Run 7” que alcanza picos de 50 mm/hr (Barman, B; 2017)

A continuación, se definen algunos conceptos concernientes a la morfología y geometría de los depósitos fluviales.

Terrazas fluviales: La superficie en las zonas cercanas a las fuentes de agua son planas o con pendientes muy pequeñas. Generalmente su forma se modela a la corriente del río con el paso de los años. Los sedimentos son de tamaño fino y en muchas ocasiones corresponde antiguas llanuras de inundación. La terraza es una forma del relieve de la zona, no un depósito de aluviales. Su formación se da típicamente por pares a ambos lados del río, y su altura depende del grado de erosión de los nuevos planos de inundación. Existen tres tipos de terraza según su origen:

- *Terrazas sedimentarias*: La terraza se forma por la sedimentación en llanuras de inundación y por la erosión vertical del canal en los depósitos aluviales.
- *Terrazas de erosión*: La terraza corresponde a la superficie erosional, puede ser de origen aluvial o rocoso.
- *Terrazas de relleno*: La terraza es formada por adición sucesiva de capas y posterior erosión lateral de aluviones mientras el río permanece en un mismo nivel.



**Figura 4-5 Formación de terrazas fluviales. De izquierda a derecha: Terrazas por relleno, por sedimentación y por erosión. (Fuente <https://iesdrfdezsantana.educarex.es/> ... T4-PFD-fluviales-3)**

Las terrazas de arena también se clasifican según su geometría:

- Terrazas escalonadas: Se sitúan en diferentes alturas, por lo general afloran por debajo del sustrato, suelo o alguna formación posterior.
- Terrazas encajadas: Están situadas en diferentes alturas, pero este no aflora en la superficie.
- Terrazas de incisión simétrica: Tienen igual número de niveles de terraza en ambas márgenes y a la misma altura.
- Terrazas asimétricas: Distinto número de niveles de terraza en ambas márgenes y distinta altura.

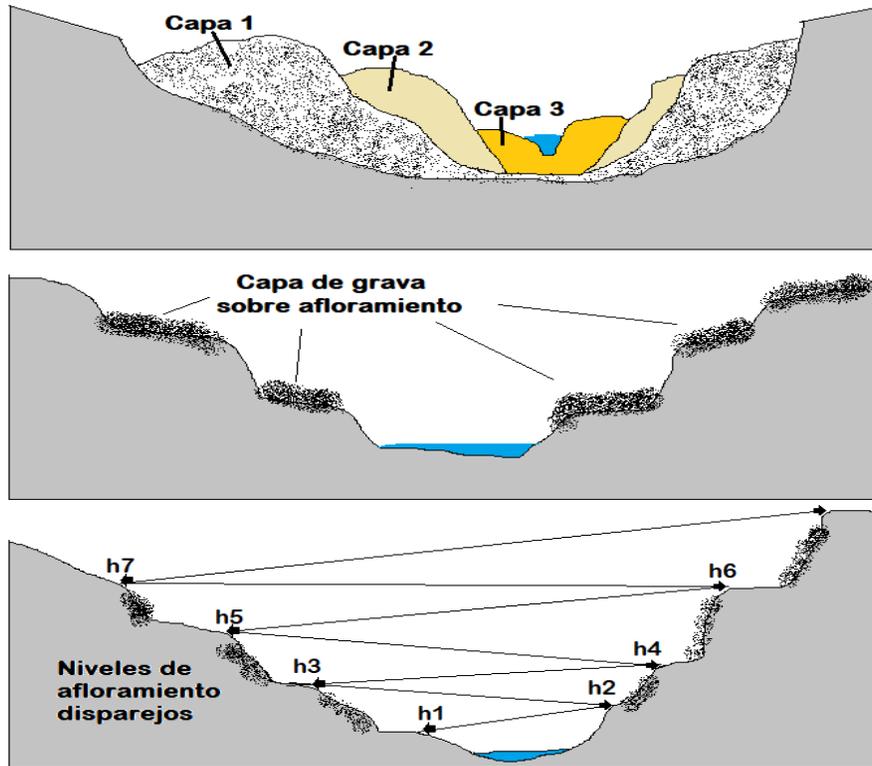
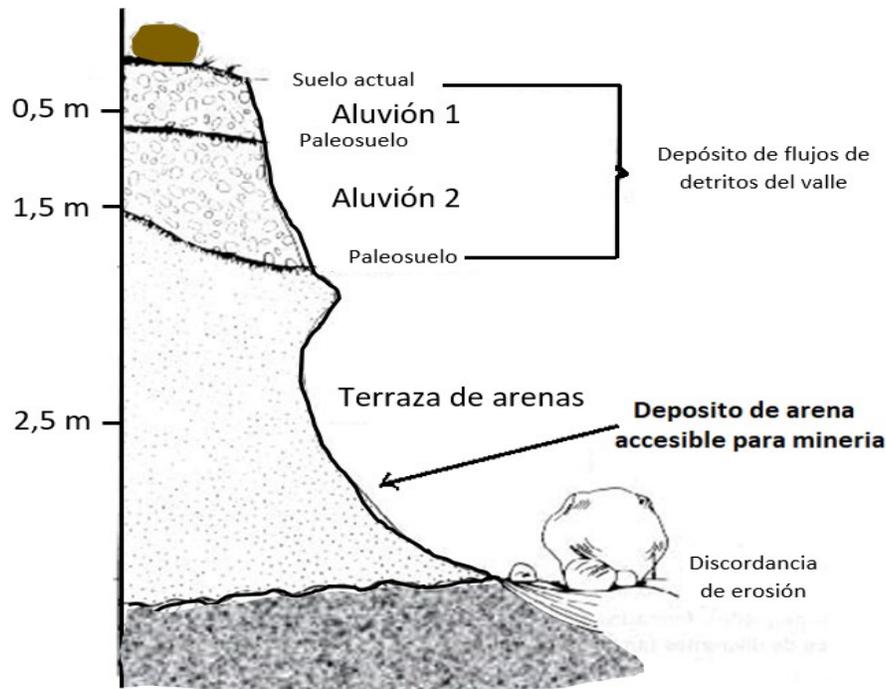


Figura 4-6 Formación de terrazas según su geometría. De arriba abajo. Terrazas escalonadas o de relleno, terrazas de incisión simétricas, terrazas asimétricas. Fuente propia.

En muchos artículos y revistas se refiere al término de cantera a la terraza de arena. Palabra usada desde hace muchos siglos a la explotación a cielo abierto de material de construcción, ya sea arena, grava o roca. Las profundidades de las canteras no son superiores a los 50 m, por lo general son bancos o lechos de arena con áreas relativamente pequeñas y su afloramiento es visible en la superficie. En ocasiones el alto flujo de corrientes y la geología del terreno promueven la creación de bancos de areniscas de varios metros de altura como se muestra en la [Figura 4.7](#). En el ejemplo, la formación se encuentra sobre una cama de arena cubierta por suelo vegetal de alta porosidad y permeabilidad.



**Figura 4-7** Columna de cantera, contiene depósitos de detritos, arena y grava de mala selección (Fuente: modificado de Thiele, R., 1998).

## 4.2 Minería y medio Ambiente.

Los recursos naturales están intensamente relacionados con la actividad humana y en su ambiente natural son el soporte de las relaciones económicas aledañas al lugar. El hombre explota dichos recursos para adquirir beneficios económicos que le permitan sustentar su modo de vida, el cual incluye bienestar social, salud y recreación.

### 4.2.1 Impactos ambientales asociados a la explotación minera.

La Ley 99 de 1993, crea el ministerio del Medio Ambiente, el cual se encarga de gestionar y conservar el medio ambiente y los recursos renovables, y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA. Esta entidad establece las diferentes zonas con Régimen Especial las cuales son zonas de explotación de recursos naturales limitadas o restringidas. En el departamento de Sucre se encuentra la región de la Mojana. Esta subregión se localiza en el extremo sur del departamento, la conforman los municipios de Sucre, Majagual y Guaranda. Tiene un área de 2.337 kilómetros

cuadrados y se caracteriza por tener un ambiente de bosque húmedo tropical. En su interior se encuentran ricos ecosistemas conformados por caños, ríos, Ciénegas y zápales.

En el artículo 57, de la Ley 99 de 1993 se habla de los estudios de impactos ambientales, el cual deberá presentar toda entidad minera o persona particular ante la autoridad ambiental competente antes y después de realizar la explotación de los minerales. ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales), entidad encargada de otorgar licencias ambientales propone diseñar y ejecutar el estudio ambiental en 10 pasos, a saber:

1. *Objeto y alcance del estudio.*
2. *Un resumen ejecutivo de su contenido.*
3. *La delimitación del área de influencia directa e indirecta del proyecto, obra o actividad.*
4. *La descripción del proyecto, obra o actividad, la cual incluirá: localización, etapas, dimensiones, costos estimados, cronograma de ejecución, procesos, identificación y estimación básica de los insumos, productos, residuos, emisiones, vertimientos y riesgos inherentes a la tecnología a utilizar, sus fuentes y sistemas de control.*
5. *La información sobre la compatibilidad del proyecto con los usos del suelo establecidos en el POT.*

Lo anterior, sin perjuicio de lo dispuesto en el Decreto 2201 de 2003.

6. *La información sobre los recursos naturales renovables que se pretenden usar, aprovechar o afectar para el desarrollo del proyecto, obra o actividad.*
7. *Identificación de las comunidades y de los mecanismos utilizados para informarles sobre el proyecto, obra o actividad.*
8. *La descripción, caracterización y análisis del medio biótico, abiótico, socioeconómico en el cual se pretende desarrollar el proyecto, obra o actividad.*
9. *La identificación y evaluación de los impactos ambientales que puedan ocasionar el proyecto, obra o actividad, indicando cuáles pueden prevenirse, mitigarse, corregirse o compensarse.*

10. La propuesta de Plan de Manejo Ambiental del proyecto, obra o actividad que deberá contener lo siguiente:

- a. Las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales negativos que pueda ocasionar el proyecto, obra o actividad en el medio ambiente y/o a las comunidades durante las fases de construcción, operación, mantenimiento, desmantelamiento, abandono y/o terminación del proyecto obra o actividad;
- b. El programa de monitoreo del proyecto, obra o actividad con el fin de verificar el cumplimiento de los compromisos y obligaciones ambientales durante la implementación del Plan de Manejo Ambiental, y verificar el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental establecidos en las normas vigentes. Asimismo, evaluar mediante indicadores el desempeño ambiental previsto del proyecto, obra o actividad, la eficiencia y eficacia de las medidas de manejo ambiental adoptadas y la pertinencia de las medidas correctivas necesarias y aplicables a cada caso en particular;
- c. El plan de contingencia el cual contendrá las medidas de prevención y atención de la emergencia que se puedan ocasionar durante la vida del proyecto, obra o actividad;
- d. Los costos proyectados del Plan de Manejo en relación con el costo total del proyecto obra o actividad y cronograma de ejecución del Plan de Manejo.

Los impactos ambientales se evalúan según las normativas ambientales, y siguen estrictas regulaciones ya sea en mediciones, impactos visuales y costos socio-económicos. Los efectos ambientales como consecuencia de la actividad minera (Fran Cook, 1979):

- ✓ **Polvo:** El polvo emitido tiene su origen en las propias actividades extractivas, durante la voladura y arranque de material, o durante los procesos de carga y transporte, o en relación a procesos metalúrgicos. Además, puede haber una importante remoción eólica de material fino en escombreras y balsas abandonadas.

- ✓ **Gases:** Los gases emitidos tienen su origen en la combustión de la maquinaria, la emisión natural durante el proceso de extracción (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>), la emisión en voladuras, y la emisión en procesos directamente relacionados con la actividad minera: combustión de carbón etc.
  
- ✓ **Desmontes:** La minería frecuentemente involucra mover mucho material estéril y depositarlos en desmontes en las cercanías de las minas (debido a que el transporte es caro). Una manera de minimizar los desechos mineros es utilizar el método de corte y relleno, utilizar los desmontes para crear nuevas formas de relieve para ocultar las operaciones mineras y reducir la emisión de ruido.
  
- ✓ **Ruido:** Las operaciones mineras, plantas y fundiciones usualmente tienen altos niveles de ruido. Este es uno de los peligros ocupacionales más comunes y los trabajadores deben ser adecuadamente protegidos de ruidos peligrosos o niveles de ruido distractivos. El ruido tampoco debería afectar a los habitantes en las vecindades de actividades mineras.
  
- ✓ **Drenaje de ácido de minas:** La generación de aguas ácidas puede ocurrir durante la exploración, operación y cierre de una mina. Estas descargas pueden producir desde algunos efectos menores como decoloración local de suelos y drenajes con precipitación de óxidos de hierro, o llegar a una extensa polución de sistemas de ríos y tierras de cultivo.
  
- ✓ **Terreno:** En el terreno a menudo se produce los siguientes efectos:
  - Desertización: deforestación, erosión, pérdida de suelo fértil.
  - Modificación del relieve, impacto visual, alteración de la dinámica de los procesos de ladera.
  - Desestabilización de laderas por sobrecargas y/o excavaciones y alteraciones en el nivel freático.
  - Subsistencia por socavación. Subsistencia por depresión en el nivel freático
  
- ✓ **Suelos:** En los suelos a menudo se producen los siguientes efectos:

- Variaciones en la textura (porosidad, permeabilidad) por procesos de esponjamiento, compactación, deposición de partículas, formación de costras.
  - Pérdida de la estructura edáfica por compactación, mezcla de horizontes, deposición de partículas, etc.
  - Variaciones en el régimen hídrico del suelo por alteraciones en el nivel freático y variaciones texturales y estructurales.
  - Pérdida física de suelo por extracción y arranque, acumulación de vertidos (escombreras y balsas) o construcción de infraestructuras.
  - Contaminación por metales pesados (Cu, Pb, Cd, Hg, etc), metaloides (As) e hidrocarburos generada por efluentes líquidos y sólidos.
  - Acidificación por acumulación y oxidación de sulfuros y drenaje ácido. -Adición de sales al suelo (sulfatos).
- ✓ **Aguas:** A menudo en el agua se producen los siguientes efectos:
- Variación del perfil y trazado de la corriente fluvial, variaciones en el nivel de base local, alteración en la dinámica (variaciones en las tasas de erosión/sedimentación).
  - Incorporación de partículas sólidas en la corriente, aumento de la carga de fondo y en suspensión, incremento en las tasas de sedimentación aguas abajo.
  - Ocupación de lagos, embalses, bahías.
  - Variaciones en el nivel freático, variaciones en el régimen de recarga y modificaciones en el flujo subterráneo por efectos barrera, drenajes inducidos, infiltración, compactación, modificación del relieve, deforestación.
- ✓ **Cambios del pH:** Variaciones del pH por el drenaje ácido de mina. Se produce por la hidrólisis y oxidación de sulfuros, en especial la pirita.

#### 4.2.2 Pasivos ambientales mineros.

Daniela Russi sustenta en sus ensayos que el término “pasivo ambiental” proviene del lenguaje empresarial (Russi & Martínez-Alier; 2016). Los pasivos son todas las acciones que generan deudas o gravámenes que disminuyen el valor de los activos. En las empresas o industrias

no cuentan o inscriben sus deudas o pasivos ambientales y sociales, lo que probablemente podría generar daños colaterales en los ecosistemas y la sociedad.

Desde hace una década, el término pasivo ambiental ha adquirido una rápida aceptación y las empresas consultan en conjunto con las entidades ambientales cuales son los impactos ambientales asociados luego de terminar o abandonar un proyecto. En Colombia y otros países vecinos incluyen en sus propuestas la evaluación de pasivos ambientales, un ejemplo de ello son las empresas mineras, las industrias petroquímicas, cosméticos y salud. En caso de que la empresa no mitigue o solucione los pasivos ambientales la sociedad o las personas naturales pueden acudir a los entes judiciales ambientales y solicitar indemnizaciones al respecto.

Las canteras o minas abandonadas tienen un amplio rango de impactos ambientales y las consecuencias socioeconómicas de la sociedad algunas veces ocasionan daños irreversibles. Los paisajes alterados, la acumulación de desechos, subsidencia de los suelos, quemaduras espontáneas por materiales volátiles, desechos de carbón, crudo, gasolina, breas y demás desechos contaminantes, aguas nativas contaminadas, edificios y plantas abandonadas, pérdida de vegetación local, pozos de agua abiertos, huecos y pozas destapadas, son algunos ejemplos de los pasivos ambientales que generan gran impacto en las zonas cercanas a la explotación de los minerales (Arango & Olaya, 2012).

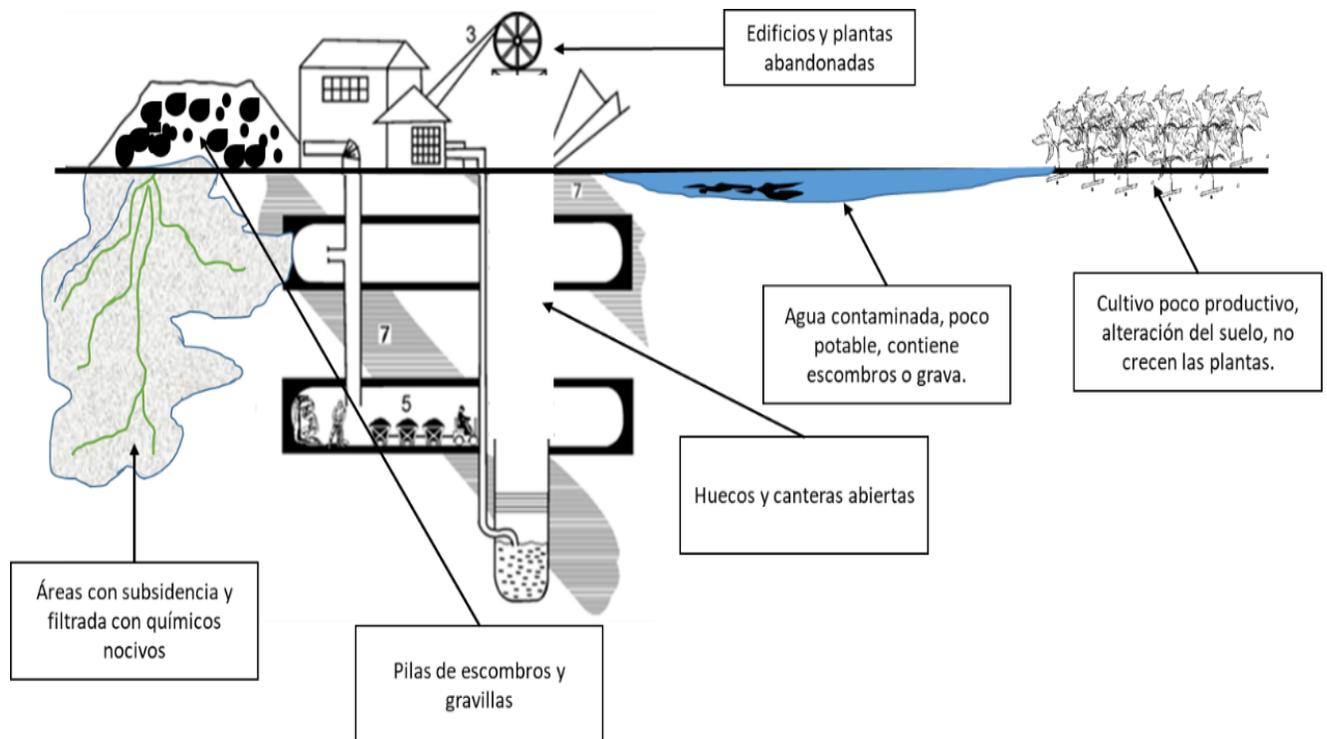
Los pasivos ambientales socioeconómicos más comunes tienen que ver con las pérdidas directas o indirectas del suelo y las especies nativas vegetales y animales. Una mala ejecución de las obras en una mina puede ocasionar grandes impactos ambientales, este pasivo ambiental puede alterar la forma de vida de los habitantes del lugar ya sea porque no pueden usar la tierra para los cultivos o las aguas no sirven para la siembra y el consumo, lo que ocasiona pérdidas económicas y del estilo de vida de las personas (Worral y colaboradores; 2009).

En Colombia, el proyecto de Ley 56 de 2017 define el término pasivo ambiental se entiende como *“la afectación ambiental ubicada y delimitada geográficamente, que no fue oportuna o adecuadamente mitigada, compensada, corregida o reparada, causada por actividades antrópicas y que puede generar un riesgo a la salud humana o al ambiente:*

- ***El pasivo ambiental configurado:*** es aquel de cuya existencia se tiene certeza en virtud de una decisión administrativa o judicial.
- ***Pasivo ambiental contingente:*** es aquel que no ha sido configurado pero que, debido al conocimiento histórico que se tiene sobre la actividad que se realiza, es posible determinar cuáles serán los efectos de dicha actividad y los pasivos ambientales que se puedan llegar a configurar en el futuro.
- ***Pasivo ambiental huérfano:*** Es Pasivo Ambiental Huérfano aquel respecto del cual no es posible determinar quién es el responsable de haberlo causado o, habiéndose determinado quien es el responsable, se ha demostrado que este, de buena fe, no tiene la capacidad económica para asumir los costos de intervención. “...

En la [Figura 4.8](#), se simplifica los pasivos ambientales mineros más representativos. Si no existe una remediación o compensación de los impactos ambientales, significa que existe un pasivo ambiental asociado. Para valorar este PAM se identifican primero los daños que tienen riesgos potenciales a la salud, segundo los daños ambientales y económicos y tercero el impacto económico ambiental y social.

En la [Figura 4.9](#) se muestra una forma cualitativa de evaluar los pasivos ambientales, sin embargo, no es la única metodología conocida. La metodología para estimar los pasivos ambientales depende del tipo de mineral a explotar, las cercanías a las fuentes de agua y las cercanías a comunidades ([Alier, J.; 2001](#); [Agencia de protección ambiental \(EPA\), 2000](#); [López – Sánchez, 2017](#); [Cardoso et al, 2016](#); [Ramírez N., 2019](#); [Garrida P., 2015](#); [Figueroa W., 2017](#); [Filho M.C. & Pimentel S., 2018](#)).



**Figura 4-8 Estudio de pasivos ambientales sobre una mina abandonada de carbón. (Fuente Propia)**

### 4.2.3 Priorización y evaluación de los pasivos ambientales.

La priorización de la remediación de los pasivos ambientales depende del estudio previo, en algunas ocasiones el pasivo ambiental huérfano o abandonado no incurre en un alto riesgo ambiental o social, y es posible que logre mitigarse el daño con el paso del tiempo o con muy poca intervención humana. El marco normativo habla muy poco de esta clase de pasivo, por lo que existe una recomendación asociada (Rodríguez A., 2019):

- a) *Cuando en el momento de explotación no se conoce la posible existencia de daños debido a que no se saben las decisiones que tomara la empresa.*
- b) *Los casos en que no se dispone de evidencia que habrá pasivo ambiental de una obligación, probable o condicionada y no es posible realizar un reconocimiento.*
- c) *No se tiene ninguna obligación de adquirir activos destinados a la prevención, corrección o reducción de daños ambientales.*

Como consecuencia de una estandarización de los conceptos de pasivos ambientales, se establecen unos criterios o guías:

- *Identificar los procesos de explotación y producción que empleen sustancias peligrosas y que tengan potencialidad de generar contaminación al suelo, agua o generen residuos peligrosos.*
- *Recolectar la información esencial para la priorización del riesgo en las zonas con actividad en situación de abandono.*
- *Caracterizar cuerpos de agua con contaminantes.*
- *Caracterizar suelos afectados con sustancias peligrosas.*
- *Analizar de comportamientos epidemiológicos en zonas aledañas a la comunidad.*
- *Analizar por parte de las autoridades ambientales, sobre las quejas presentadas por la comunidad, donde se manifieste un riesgo a la salud humana por afectación al recurso hídrico o al suelo.*
- *Revisión de los proyectos de explotación similares con anterioridad o zonas similares sin explotar.*
- *Investigar en el Sistema de Salud Pública y las entidades supervisoras de salud.*
- *Realizar talleres regionales con el fin de identificar las personas o comunidades involucrados y afectadas por la contaminación que no ha sido mitigada corregida o compensada. (Juntas de Acción Comunal, Comunidades indígenas, Comunidades Negras, Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras, Ministerios, Corporaciones Autónomas Regionales, Gobernaciones, Alcaldías, Unidad Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres, Empresas, Agencias vinculadas a los Ministerios, UPME, entre otros).*
- *Caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas del suelo y del agua*

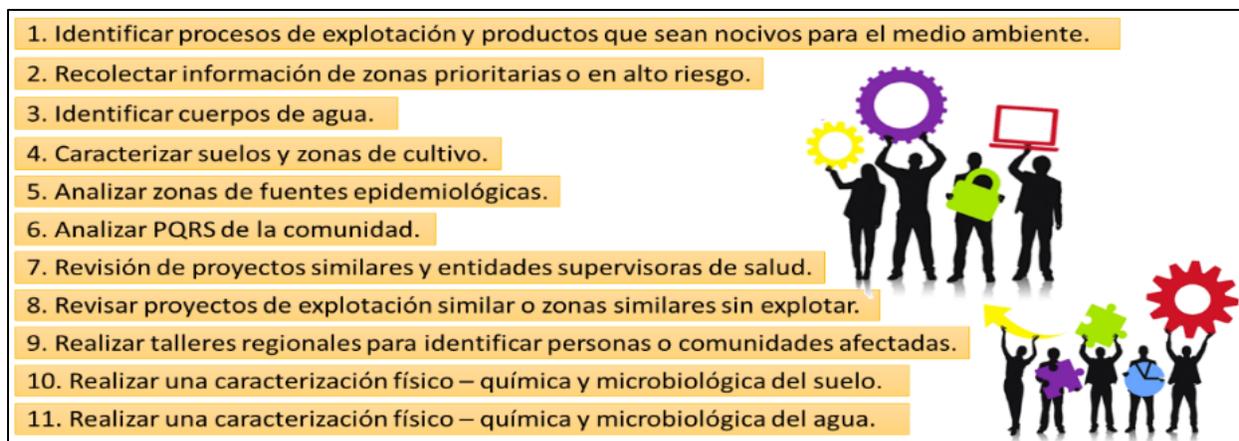


Figura 4-9 Pasos para realizar un estudio de PAM, Se deben incluir aquellos estudios que son recomendables por la normativa legal del país de origen. Fuente Propia

#### 4.2.4 Impactos ambientales por explotación minera.

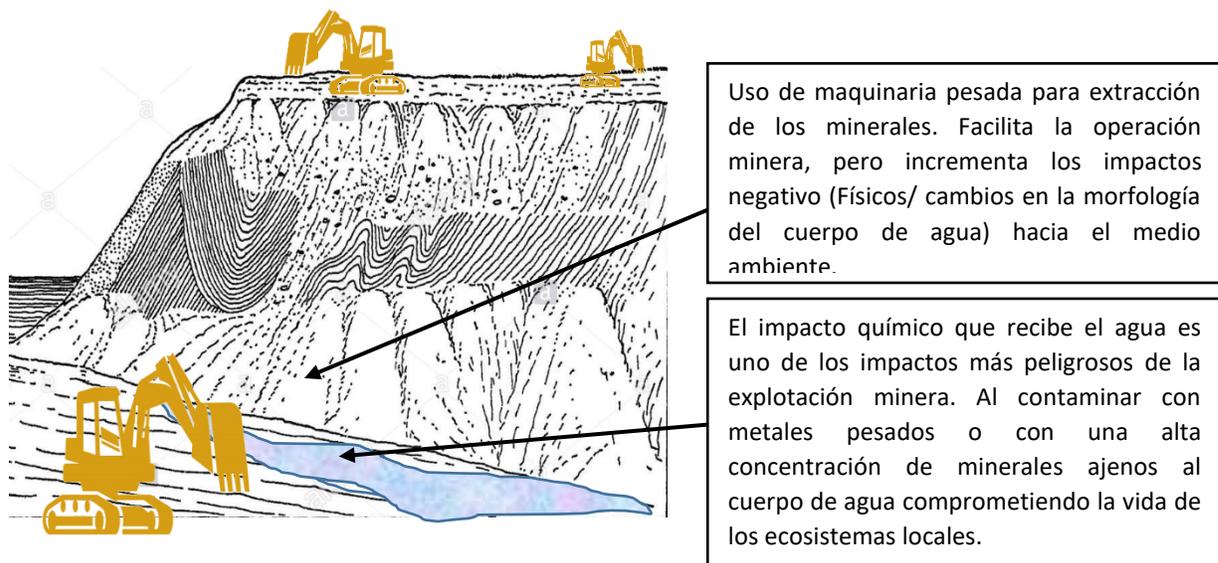
Los impactos ambientales de la explotación de algún mineral en particular involucran operaciones de procesamiento del tipo biofísico el cual puede tomar la forma de impactos físicos o químicos, o ambos. Los impactos químicos incluyen cambios en los niveles de acides o alcalinidad del suelo o las fuentes de agua, la presencia de minerales pesados como el arsénico, el mercurio y otros metales pueden profundizar el daño ocasionado durante el tratamiento o lavado del mineral. También se registran como impactos ambientales los gases y vapores emitidos durante la explotación minera (Peter Ashton, 2001).

Los impactos físicos de la valoración biofísica ambiental se toman desde el punto de vista de explotación y restauración. Las actividades que originan cualquier alteración física relacionada con la minería a cielo abierto dan lugar a cambios estéticos y físicos del paisaje. Los análisis cualitativos se valoran según el ecosistema que rodea la zona de explotación y los cambios de la vida salvaje y vegetal que habita en el lugar. Los mayores impactos ambientales producidos por las actividades mineras se pueden resumir entre otros en (Fran Cook, 1979):

- La degradación del medio ambiente,
  - Afectación a la atmosfera,
  - Afectación a los suelos y el terreno,
  - Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

- El desequilibrio de los ecosistemas,
- El calentamiento de la zona explotada,
- Desplazamiento de comunidades afectadas,
- Pérdida de medios y fuentes de alimentación de población y las especies locales.

En la [Figura 4.10](#), se muestra un ejemplo de explotación a cielo abierto. Los impactos bioquímicos se enumeran desde el impacto visual hasta el impacto en el agua.



**Figura 4-10. Explotación minera a cielo abierto y los impactos biofísicos de los ecosistemas nativos. (Fuente propia)**

Los materiales minerales explotables se categorizan en cinco grupos según el World Mining Data, a saber ([WMD2020, 2021](#)):

- Hierro y materiales ferromagnéticos como el hierro, tungsteno, vanadio, niobio, tantalio, cromo, titanio, etc.
- Metales no ferrosos como el cobre, el níquel, litio, indio, mercurio, antimonio, bauxita, etc.
- Metales preciosos como el oro, plata y el platino.
- Minerales para la industria como la barita, diamantes, caolín, magnesita, grafitos, feldespatos, talco, fosfatos, potasio, sales, sulfuros, zircones, etc.

- Minerales combustibles como el petróleo, el carbón, arenas bituminosas, carbón de cocina, gas natural, lignito, uranio, etc.

Esta clasificación provee una visión general de las diferentes explotaciones minerales a los cuales se les asocia un proceso de minería específico. En todos y cada uno de ellos se genera un impacto ambiental biofísico el cual puede ser determinado según la magnitud o el grado de tratamiento de la explotación minera. Generalmente el criterio usado por analistas ambientales se encuentra categorizado en “alto”, “medio” o “bajo”. La [Tabla 4.1](#) expone cada una de los criterios de cualificación.

**Tabla 4-1 Sistema de cualificación de impactos ambientales de zonas de explotación minera de material de construcción (Peter Ashton, 2001).**

Descriptor	Tipo y magnitud del impacto
Severo / muy alto	Estos impactos son considerados muy serios y requieren un tratamiento con gran atención. Los impactos severos consisten en daños grandes o alteraciones a fuentes de agua y los sistemas acuáticos haciendo que no sean aptos para las especies que usan el agua. Este descriptor requiere amplias acciones de reparación. El impacto se extiende a distancias considerables.
Amplio / Alto	Estos impactos se consideran serios y requieren atención y gestión correctiva. Los impactos suelen tener efectos a gran escala si no se realiza alguna acción. Se vigila en gran medida los recursos hídricos y los ecosistemas circundantes. Los efectos físicos son totalmente visibles y tienen gran impacto en la vida natural de los alrededores.
Medio	El impacto es considerado importante, que podría requerir atención frecuente o continuada. Los impactos pueden extenderse tanto en áreas pequeñas como grandes. Existe una probabilidad que especies que usan las fuentes de agua cercanas a la explotación minera se vean afectadas y pierdan sus comodidades de su forma de vida. Es posible implementar un tratamiento de recuperación de las zonas y las fuentes de agua antes de su uso.
Bajo	Los impactos son considerados importantes, pero son fácilmente controlados con rutinas y acciones simples. Los impactos se consideran como de baja intensidad y afecta una zona pequeña. Es poco probable que las especies que usan el agua y las zonas aledañas pierdan su confort y forma de vida y rara vez se necesita implementar acciones correctivas antes de usar el agua o las plantas del lugar.
Muy bajo	Este impacto consiste en un disturbio menor de los ecosistemas aledaños o de las fuentes de agua cercanas al lugar. Los impactos son temporales, generalmente ocurren continuamente y se extiende en áreas muy pequeñas.

Descriptor	Tipo y magnitud del impacto
Despreciable	Los impactos de esta magnitud no tienen ningún efecto medible o visible sobre los recursos ambientales, los recursos hídricos o la calidad del agua, debido a que no se genera un impacto mayor durante la explotación del material mineral y el material desechado y la zona de afectación es muy pequeña o ninguna

Este sistema de clasificación cualitativa, pone gran atención a los ecosistemas ricos en fuentes de agua, o en donde las especies se ven involucradas afectado su modo de vida. En algunos casos, el efecto es acumulativo y se obtiene como la suma de varios impactos relativamente “bajos” y como resultado un impacto “medio” es su cualificación. Este aumento de la escala puede ser adverso si se califica el impacto sobre las fuentes de agua o las especies nativas del lugar. En estos casos, los métodos de remediación requieren atención institucional o la gestión concertada de los entes ambientales y los explotadores de la mina en cuestión, así como las autoridades pertinentes.

En cuanto a la importancia de la explotación de los minerales para la industria de la construcción; el estado y las gobernaciones locales proveen varias leyes y restricciones al respecto, sin embargo, la explotación artesanal está lejos de ser monitoreada y una cualificación se hace muy difícil. El impacto de las minas de arena en el medio ambiente tiene un lugar importante en la sociedad ya sea de manera directa como ocurre en la explotación en las cercanías de las fuentes de agua o indirecta cuando los mecanismos de daño se asocian a efectos secundarios o mal uso del producto explotado.

La erosión, la formación de sumideros, la contaminación del aire, la contaminación de la superficie del agua y el suelo con material particulado y la extinción de especies de la región, son en afecciones negativas del proceso que las PAM pueden generar a largo plazo. Cuando se trata de minería artesanal, los impactos biofísicos son más visuales. Los controles ambientales son limitados y en algunas ocasiones prima el bienestar económico de la comunidad. En la [Figura 4.11](#) se muestra una comparación de cómo se ven las explotaciones artesanales y la explotación industrial de un área de explotación de material de arrastre, en ambos casos los impactos ambientales saltan a simple vista.



Figura 4-11 En la figura #1 y #2 se muestra la explotación artesanal en dos ciudades africanas (SANPR, 2017) y la figura #3 una mina de arena de explotación industrial en Wisconsin Estados Unidos (Foto aérea Barrett Dixon Bell Ltd, 2018).

### 4.3 Desarrollo minero en Colombia.

Durante los últimos 20 años, la minería en Colombia ha vivido periodos de bonanza, pero durante el tiempo de la pandemia de COVID-19 esta se redujo drásticamente. Según el boletín informativo del ministerio de minas y energía del segundo trimestre del año 2020 (BOLETIN EITI, 2020) las bonanzas para ese año superaron los \$299.000 millones de pesos, una cifra inferior a lo que se venía abordando en años anteriores que alcanzaban registros de \$3.76 billones en promedio. En la Figura 4.12, la economía minera colombiana basa la explotación en cuatro recursos básicos, a saber: la extracción del crudo y gas natural, siendo esta la más importante, le siguen la extracción del carbón y los minerales metalíferos, en cuarto lugar, están otras formas de minería que incluye productos de construcción, energéticos, etc.

## DISTRIBUCIÓN PIB-MINAS Y CANTERAS EN MILES DE MILLONES DE PESOS

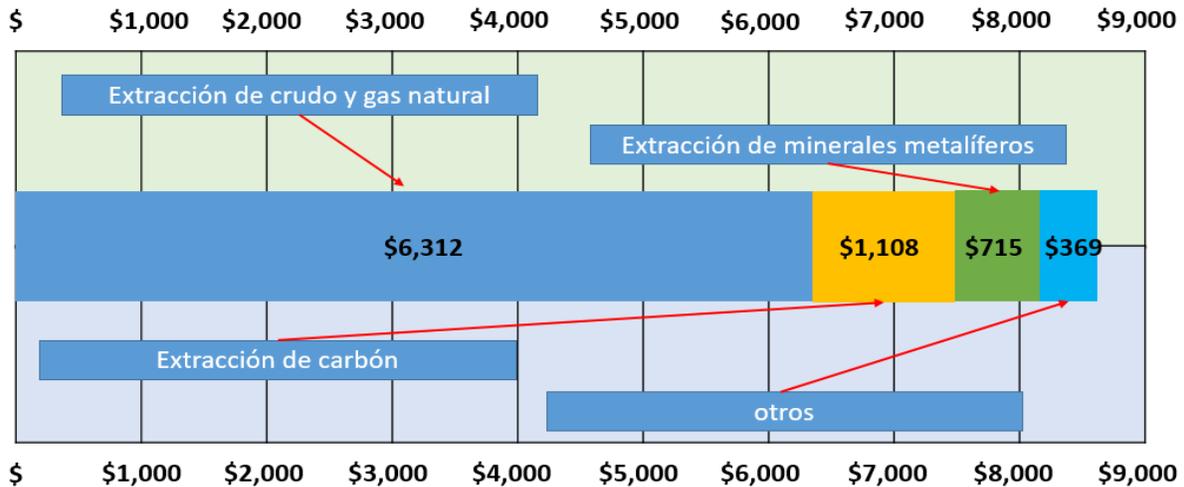
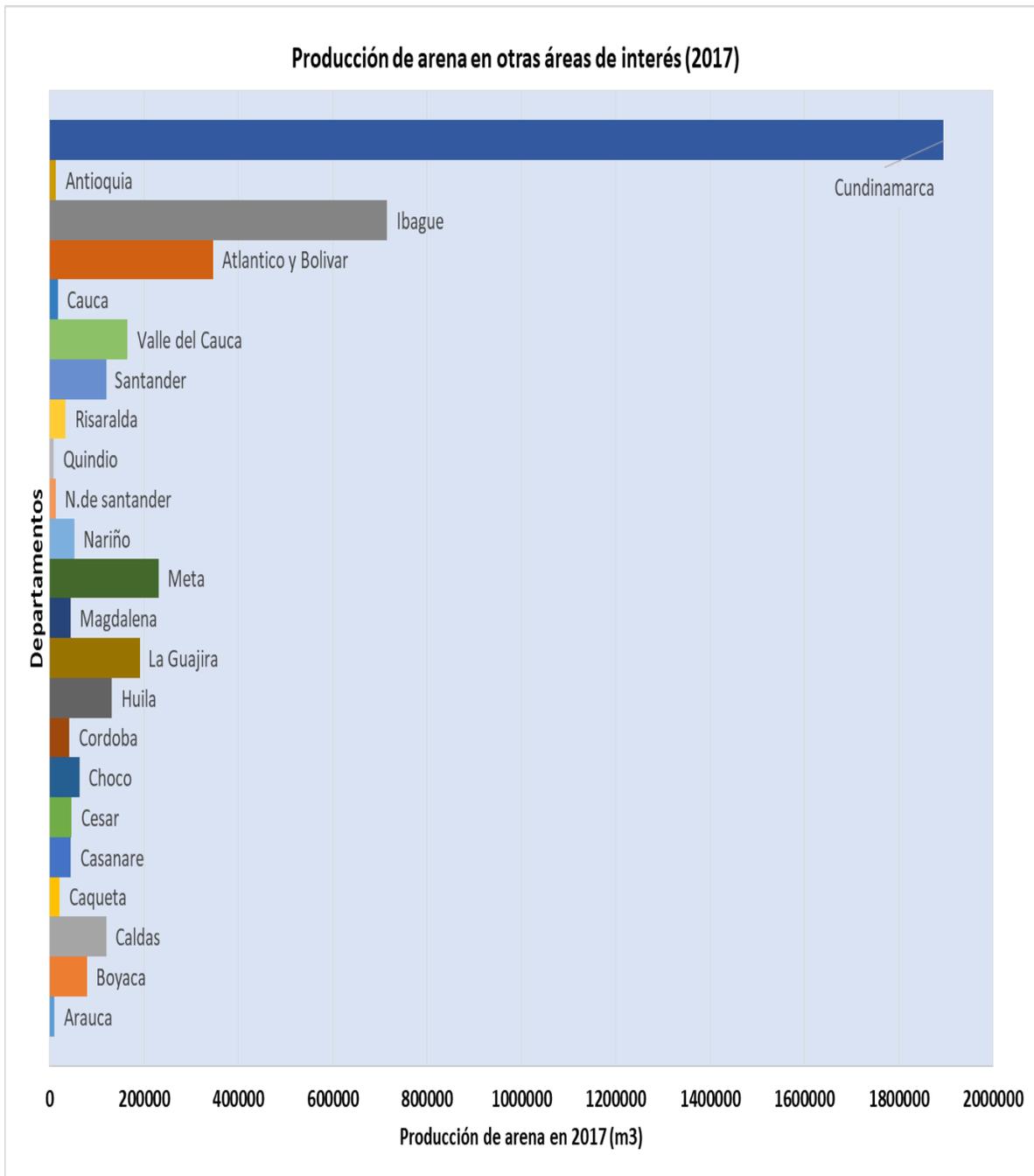


Figura 4-12. Distribución del PIB para la explotación minera en el año 2020. La explotación de minerales para construcción y otros minerales alcanza los \$369.000 millones de pesos (Fuente: modificado de Gómez, 2016)

Los sistemas sedimentarios andinos dominados por las cordilleras oriental, central y occidental forman algunas locaciones geológicas ricas en arenas y gravas (Gómez et al; 2006). En Colombia destacan zonas geológicas como el distrito minero de la Sabana de Bogotá, el distrito minero Amaga-Medellín, el distrito minero de ataco-payandé, distrito minero de Luruaco, entre otras. Actualmente conseguir un título minero en estas zonas resulta muy costoso y los trámites burocráticos son complejos por lo que resulta difícil tener permisos de explotación de arena si no se cumple con los requisitos mínimos de explotación.

En la Figura 4.13 se muestra la actividad productiva de arena en diferentes de departamentos de Colombia, siendo Cundinamarca el departamento que más explota arena en forma de canteras a cielo abierto. En la costa atlántica destacan los departamentos de Bolívar y Atlántico.



**Figura 4-13 Producción de arena de interés comercial en Colombia (fuente: informe PIB Colombia, 2017)**

En Colombia, la versión actualizada de la revista Recursos Minerales de Colombia (2019) caracteriza a las arenas y gravas correspondientes a los sedimentos naturales en los que los diámetros de arena van desde 0.0625 mm hasta 2 mm, y el de las gravas, desde los 2 mm hasta 256 mm. En la [Tabla 4.2](#) se registra los valores de diámetro usuales usados en trabajos de clasificación de minerales.

**Tabla 4-2 Tamaño del grano y clasificación textural de arenas y gravas (Fernández, Martínez, Duque y Cruz; 2007).**

Grupo	Diámetro (mm)	Clase	Sedimento y tamaño textural (agregado no consolidado)			Compactada (agregado consolidado)
Rocas detríticas	256	Ruditas	bloques	Guijón	Grava	Conglomerados, si son redondeados o brechas, si son angulares
	16		cantos	Guijarro		
	4			Gránulo		
	2	Arenas	Arena muy gruesa			Arenitas
	1		Arena gruesa			
	0.05		Arena media			
	0.25		Arena fina			
	0.125		Arena muy fina			
	0.062					

Las arenas naturales son no consolidadas, están constituidas generalmente por cuarzo, fragmentos de roca, micas y otro tipo de minerales. En Colombia los usos de las arenas dependen del diámetro de la partícula. Arenas finas y muy finas son usadas generalmente para la industria química como en la industria del vidrio. Las arenas de grano medio y gruesa se usan en la industria de la construcción para la fabricación de concretos, bloques, mezclas para fachadas, pisos, etc. Las arenas más gruesas se usan generalmente en la producción de concretos y asfaltos. En la [Tabla 4.3](#), en la publicación de *Recursos Naturales de Colombia Vol. 1* resume los usos industriales de las arenas y gravas.

**Tabla 4-3 Usos industriales de las arenas y gravas (Fernández, Martínez, Duque y Cruz; 2007).**

Material	Industrias	usos
Arenas silíceas	Vidrio	En fachadas, ventanas, fibra de vidrio y vidrios especiales.
Arenas abrasivas	Construcción	Remoción de pinturas, costas de oxidación, pulido de piedras para enchapes y pulidos metálicos.
Arenas y gravas para Filtros	Filtros y petróleo	Filtros en agua para eliminar bacterias, engravillados en pozos para aguas subterráneas y en controles en la producción de arenas en los pozos de petróleo.
Arenas en metalurgia	Metalurgia	Como agente fundente para óxidos básicos, en revestimiento de paredes en hornos metalúrgicos.
Arenas para fundición	Metalmecánica	Como limpiadores en ductos de locomotoras y similares; en la fabricación de discos y campanas para frenos. La arena sirve como vía de escape de los gases generados por la evaporación de la espuma al producirse el vaciado del metal fundido.

Material	Industrias	usos
Otros usos	Construcción de vías Y cemento	Hechura de gaviones, terraplenes, afirmados y en la obtención del cemento portland.

Hoy en día la arena para construcción es esencial para mantener una sociedad moderna con nuevas y mejores construcciones, pero también es parte esencial del ecosistema fluvial. La presencia de la arena permite que las quebradas y ríos se mantengan saludables (Sandrp, 2017). A pesar de ello la minería ilegal, la extracción extensiva y las malas condiciones de extracción cobran un alto precio al medio ambiente. En muchas ocasiones el nivel de erosión alcanza el nivel máximo permitido provocando el colapso de lecho de arena y/o suelo que en ocasiones cobra la vida de algunos mineros que no siguieron los procedimientos estándares de seguridad.

Los sistemas de explotación se clasifican en: explotación a cielo abierto e hidráulica, o bajo agua. Los sistemas a cielo abierto consisten en la explotación artesanal u organizada del material arenáceo procedente de fuentes sedimentarias en la superficie. Estas se encuentran ubicados en terrazas, llanuras de inundación y coluviones. En general, los depósitos que están cercanos a las orillas de las fuentes de agua tienen un nivel freático inferior.

La calidad de las arenas está determinada según su uso, y se definen por medio de parámetros físicos y químicos. La calidad física puede interpretarse de forma cualitativa y puede estar en los rangos de satisfactoria, aceptable y pobre. La calidad química puede ser inofensiva o nocivas. Las arenas químicamente nocivas son aquellas arenas que contienen minerales reactivos como las micas hornbléndicas, andesitas augíticas, porfídicas, basaltos y diabasas (Maya; 2003).

En Colombia, las canteras se rigen con el objetivo básico de vender el producto para uso industrial o personal, por lo que se busca una granulometría vendible, y que la distancia de comercialización no exceda los gastos de transporte. La historia tecnológica de explotación es básica, por lo que es fácil encontrar canteras explotadas solamente con picos, palas y vehículos con tracción animal. Los modelos de explotación más modernos incluyen *scrapers*, buldócer, cintas de transporte, personal capacitado, entre otras facilidades.

Este tipo de explotación no considera o muestra muy poca importancia al impacto ambiental que genera y el daño casi irreversible sobre la zona de explotación. La sobre-excavación, amplitud de explotación, presencia de fauna y flora local, entre otros corresponde a las variables ambientales que no se tienen en cuenta durante la extracción de material de arrastre. En la [Figura 4.14](#) se muestra la extracción artesanal de grava. Se recalcan dos elementos que tiene que ver con el sistema de seguridad y el deterioro del ecosistema. La gradualidad de la extracción, la irresponsabilidad y el claro detrimento ambiental pronostica la presencia de un pasivo ambiental con graves impactos ambientales.



**Figura 4-14** Extracción de grava y arena en un lecho arenoso de 3 metros de profundidad. (SANPR, 2017).

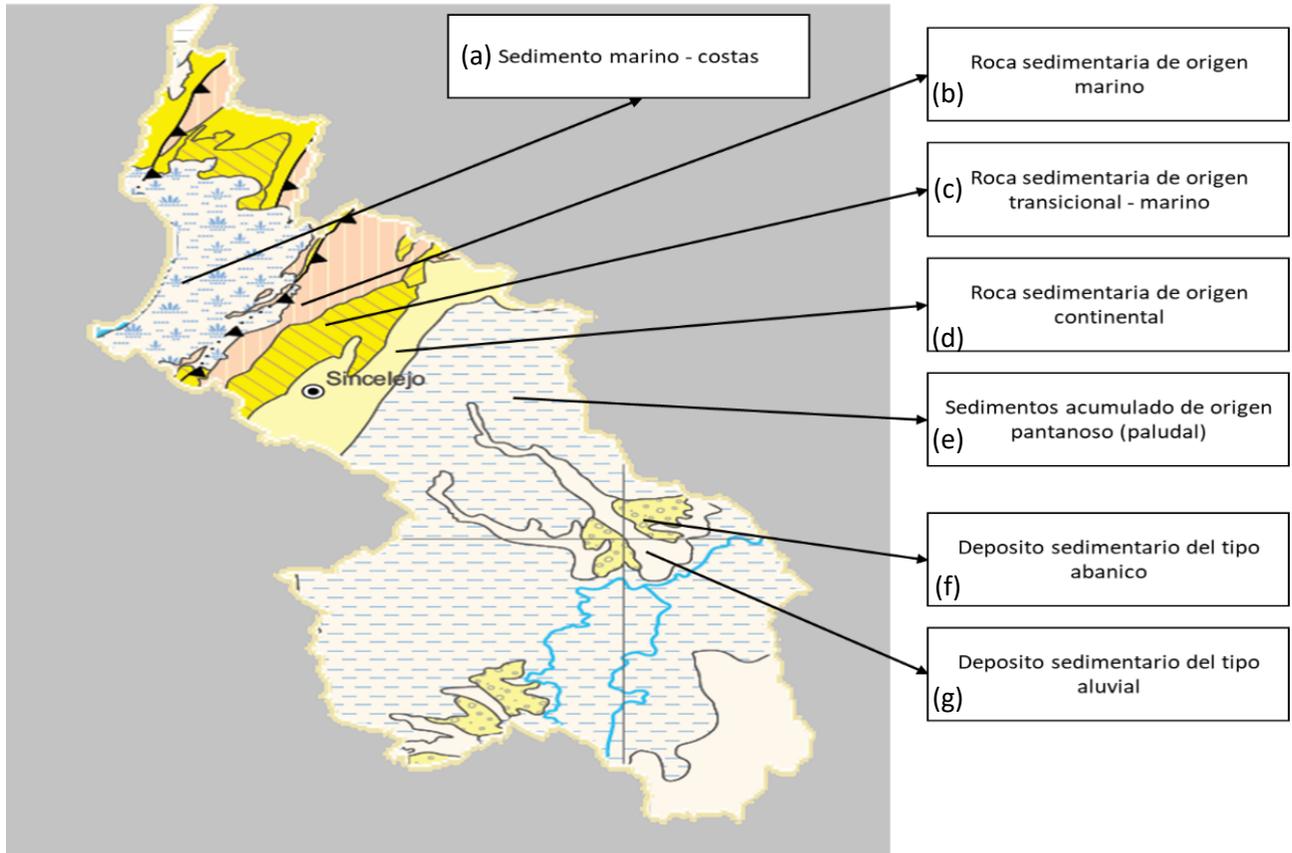
Ahora bien se considera minería ilegal cuando se realiza la explotación sin cumplir con las exigencias de la ley y/o aquellos mineros artesanales que no realizaron los procesos de legalización, igualmente se considera ilegal cuando se realizan extracción en áreas protegidas, la minería ilegal no realiza una planeación estratégica del recurso, es decir no tiene una licencia ambiental que oriente los procesos para mitigar y/o corregir los posibles impactos que posiblemente se ocasionen así mismo, no están amparados por la Agencia Nacional de Minería De acuerdo con el censo minero 2010- 2011 desarrollado en 23 departamentos por el ministerio de minas y Energías, el total de minas existentes en el país es de 14.357, de las cuales el 37% (5316) cuentan con título minero y el 67% de las minas no cuentan con título, así mismo 10.384 minas son pequeñas, 3.749 son medianas y 208 son grandes.

Los mineros artesanales o areneros son los que mantienen una extracción del mineral para su subsistencia con baja producción, con prácticas rudimentarias y carencia de tecnologías para la extracción de material. La realidad de este tipo de minería es desconocida puesto que el número de mineros, volumen de extracción, periodicidad, etc., es muy difícil de medir. Generalmente no existe un censo, identificación ni control sobre ellos. La presencia de infraestructura es limitada y tecnológicamente irregular. En los estudios técnicos no se incluyen los análisis de sedimentología, ciclos y datos históricos de carga y descarga, análisis geomorfológico, hidrológico, dinámica fluvial, etc. El hecho que sea artesanal no significa que sea ilegal, sin embargo, deben desarrollar un proceso jurídico que los lleve a la formalización y legalidad.

#### **4.4 Desarrollo minero en el departamento de Sucre.**

En el departamento de Sucre, la explotación de arena y grava son de origen aluvial del tipo terraza. La producción de arenas finas alcanzó para el año 2017 las 8897 toneladas producidas. Existen algunas compañías importantes que explotan a cielo abierto materiales pétreos, las cuales producen piedra caliza, arcillas y cal. El distrito minero asociado a esta zona geológica es Calamarí – Sucre, una zona estrategia para explotar minerales no metálicos.

En la [Figura 4.15](#) se muestra el mapa geológico del departamento de Sucre ([Mapa Geológico de Sucre, 2017](#)). (a) En la parte superior del departamento se caracteriza por tener rocas sedimentarias del tipo marino que promueven la formación de costas. Las arenas de estas zonas son ricas en componentes carbonatados, sílices y micas. Los granos de arena son de tamaño medio y son redondeados. (b) Le sigue la conformación de roca calcárea de origen marino, en estas zonas se explotan los depósitos de calcita, arenas calcáreas y arcillas. (c) En las cercanías a Sincelejo, predominan las rocas mixtas o transicionales aparecen rocas de origen continental. (d) En Sincelejo y zonas cercanas las rocas sedimentarias predominan y no conforman una fuente sedimentaria. (e) En la zona sur del departamento, abunda los sedimentos del tipo paludal, concernientes a zonas pantanosas o con abundante agua. Las zonas (f) y (g) corresponden a depósitos sedimentarios del tipo abanico y aluvial respectivamente.



**Figura 4-15** Mapa geológico de Colombia (modificado de Arcárcel, F.A & Gómez, J., 2019)

Durante la última década, los títulos mineros se han restringido y la distribución se limita a zona de explotación comprobada como ocurre en Tolú viejo, Tolú, y Coveñas. Según la agencia Nacional Minera (ANM) en el departamento hay 10.400 hectáreas en concesión minera, de las cuales el 34% están en etapa de exploración, el 11 % en proceso de construcción y montaje, y el 40% están en explotación supervisada, y el 10% en explotación sin supervisión (ANM, 2020). En la [Figura 4.16](#) se muestra la fotografía de una mina de arena a cielo abierto, explotada por el Grupo Minero de Sucre.



**Figura 4-16 Minería a cielo abierto en el municipio de toluviejo – San Onofre. Grupo Minero de Sucre**  
<https://www.grupominerosucre.com/>

En Tolu Viejo, municipio del departamento de Sucre, la explotación de roca caliza alcanza niveles de pureza del 98% de Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), las alturas de los aluviones tienen un máximo de 150 metros de espesor. Los usos particulares van desde agregados para la construcción hasta arcillas de uso artesanal. Actualmente el departamento cuenta con más de 600 organizaciones con actividades de comercialización de materiales de construcción dentro de los cuales se encuentran ferreterías, empresas de concreto, empresas de fabricación de bloques, empresas de cemento, entre otras. El uso comercial de los minerales se describe en la [Tabla 4.4](#).

**Tabla 4-4 Cantidad promedio de material de construcción en el departamento de Sucre.**

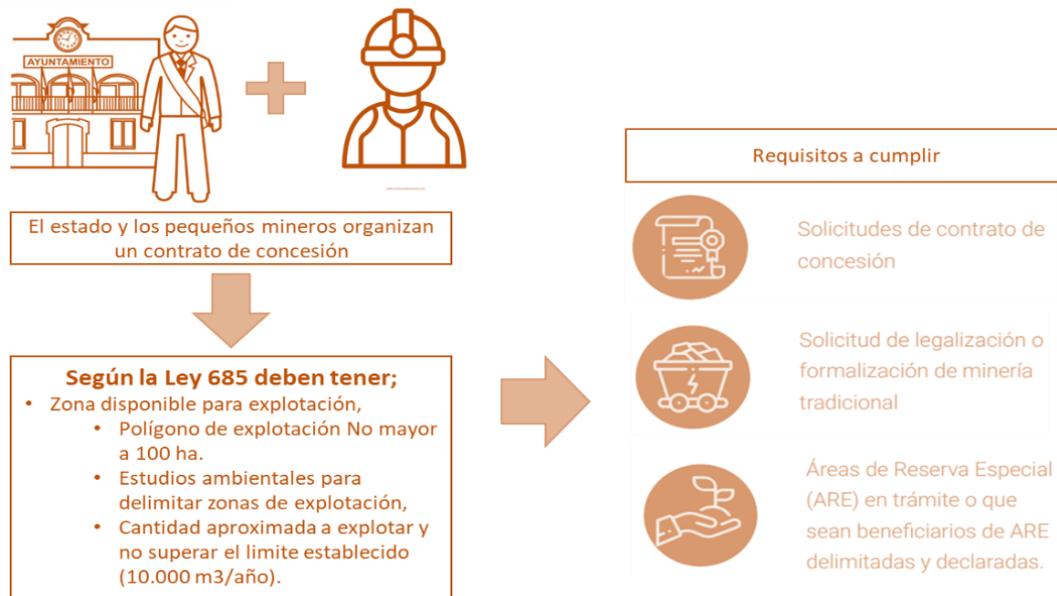
Tipo de material	Cantidad promedio
Triturado	75 a 100 m <sup>3</sup>
Gravilla	51 a 70 m <sup>3</sup>
Arcilla	35 a 45 m <sup>3</sup>
Piedra bruta	20 a 60 m <sup>3</sup>
Arena	70 a 100 m <sup>3</sup>
Ladrillos	1000 a 2000 u.
Bloques	1000 a 4000 u.
Cemento	800 a 1000 sacos.

Los procesos de titulación minera comienzan con la concertación de la autoridad local o alcaldías y las personas interesadas en explotar minerales en zonas disponibles para la concesión. A continuación, se dispone a generar un contrato minero, el cual centra las reglas para crear, regular, modificar o extinguir una relación jurídica patrimonial – minera. Esta regulación se realiza según la Ley 685 o ley de asignación de áreas en su artículo 271, la Resolución 40391 de 2016 el

cual adopta regulaciones para pequeña minería y minería artesanal, que son las más comunes en el departamento de Sucre.

En el artículo 64 de la Ley 685, se definen las áreas de concesión en cercanías a corrientes de agua, esto es, zonas de interés para explotación de arena y grava. La explotación minera determina un polígono de cualquier forma que dentro de sus linderos abarque el cauce del río o la quebrada con un trayecto máximo de dos (2) kilómetros, medido desde las orillas del río o la quebrada. El área para explorar o explotar minerales en el cauce y las riberas de una corriente de agua, será de hasta cinco mil (5.000) hectáreas, en otras zonas no cercanas a fuentes de agua será de 10.000 hectáreas. El tiempo máximo para explotar dicha concesión será de 30 años. También se asignan periodos de exploración y periodos de montaje y construcción, cada uno de 3 años.

Para pequeños mineros se asignan áreas menores a 100 hectáreas, y su explotación no puede superar los 10.000 m<sup>3</sup> de material de construcción por año. La explotación no debe hacerse en zonas de reservas especiales, delimitadas por entidades ambientales o declaradas como patrimonio nacional o internacional o de seguridad nacional. En la [Figura 4.17](#) se resume los aspectos más importantes para acceder a un contrato de concesión de minería de bajo nivel.



**Figura 4-17 Aspectos legales para adquirir una concesión minera para explotación artesanal. (Fuente propia)**

Al inicio de la explotación, se genera un organigrama el cual muestra un plan de inicio y cierre. El organigrama contiene los estudios y actividades a desarrollar y se hace teniendo en cuenta las guías ambientales y los términos de referencia. Las guías ambientales siguen la Ley 99 de 1993 los cuales permiten realizar un estudio de impacto ambiental (EIA), herramienta esencial para el inicio de la explotación de minerales.

Las prácticas empresariales de carácter no rural, en la que intentan ingresar técnicas de minería y la industrialización afectan de forma notoria el medio ambiente, tales como: La modificación de las relaciones sociales y culturales que han construido a lo largo del tiempo con las comunidades indígenas y los campesinos. La privatización de la propiedad, el cual impide al acceso común a la tierra, y las vuelve invulnerables jurídicamente y los entes territoriales pierden derecho, entre ellos el uso del suelo y subsuelo. El acaparamiento de tierras, en el caso de Tolúviejó alcanza hasta el 99%, fenómeno que se le añade la deforestación y caza indiscriminada de animales.

## 5 METODOLOGÍA

### 5.1 Tipo De Investigación:

La investigación a desarrollar es de tipo cuantitativo-cualitativo- evaluativa, dado que el presente estudio busca identificar los pasivos ambientales mineros, a través su evaluación valoración y caracterización, información que en primera instancia se recolectará en campo donde se implementará el uso de variables y/o matrices cruzadas.

Cuantitativa evaluativa por cuanto se establecerán la comparación de variables entre grupos de estudio y de control.

### 5.2 Población:

Departamento de Sucre-Municipio de Morroa,  
Vertiente Morroa: Arroyos Arenal y Cambimba

#### 5.2.1 Ubicación y delimitación geográfica del área de estudio.



Figura 5-1 Distribución política del municipio de Morroa.

### **5.2.1.1 Localización.**

El Municipio de Morroa se encuentra ubicado en la subregión Montes es de María al noreste del Departamento de Sucre, Costa Atlántica, al norte con la República de Colombia.

Limitado por las Coordenadas Geográficas, 90°20'121" Latitud Norte y 75°18'31" Latitud Occidental respecto al Meridiano de Greenwich y coordenadas planas X= 1'524.000, Y= 865.000 según restricciones Cartográficas del IGAC. Tiene una extensión aproximada de 172 kilómetros cuadrados, equivalentes al 1.53% del área total del departamento que lo ubica en el puesto N° 20 entre los municipios existentes, su altura sobre el nivel del mar es 160 msnm aproximadamente.

El área de estudio corresponde a los arroyos Cambimba y Arenal pertenecientes a la vertiente Morroa.

### **5.2.2 Contexto geográfico.**

Los suelos fértiles del Municipio de Morroa son aptos para la Agricultura y la Ganadería, situación que permite el desarrollo Agropecuario de esta región. Además, la cercanía con la ciudad de Corozal distante sólo 1.500 metros a la cual se llega a través de una vía completamente pavimentada, y la ciudad de Sincelejo, capital del Departamento, a una distancia de 15 kilómetros y que tiene como principal vía de acceso la carretera troncal de occidente. Esta posición estratégica en el Departamento de Sucre permite el desplazamiento de bienes y personas que facilita la generación de un mercado a nivel comercial con el resto del Departamento y otras regiones del país.

### **5.2.3 Jurisdicción Municipal.**

El Municipio de Morroa, presenta los siguientes límites geográficos:

- NORTE: Municipio de Toluviejo, Colosó y Los Palmitos.
- SUR: Municipios de Corozal y Sincelejo.
- ESTE: Municipios de Corozal y Los Palmitos.
- OESTE: Municipios de Toluviejo y Sincelejo

#### **5.2.4 Organización y división territorial**

El municipio de Morroa está dividido administrativamente de la siguiente forma: Una cabecera municipal, 10 corregimientos, 16 veredas y 12 comunidades, de acuerdo con la ficha de Caracterización Territorial del DNP.

La cabecera municipal cuenta con 19 barrios: La Parroquia, La Cruz, Rincón Centro, Chambacu, Calle Baja, San Francisco, Candelaria, Rafael Nuñez, Centenario, Los Olivos, San Blas, Palito, San Rafael, Nueve de Abril, Sabanas de Medellín, Los Nogales, Villa Mar, Calle Nueva y Las Marianas.

Los Corregimientos son: Las Florez, El Rincón, Cambimba, Pichilin, Sabaneta, El Yeso, Tumbatoro, Sabanas de Cali, Bremen y Brisas del Mar.

Las veredas son: Arenal, El Tolima, Los Hatos, El Oriente, El Consulado, Puerto Nuevo, El Recreo, Hasmon, Los Linderos, La Victoria, Las Lomas, El Coco – Pertenencia, La Lata, San Pablo y Pichilin.

Comunidades: Pajonal, La Bañadera, Bajo lata, La Mesa, Pequín, La Floresta, Maracay, Escobar, Corinto, El Cocuyo, Bellavista y El Totumo.

El Municipio de Morroa se encuentra ubicado en la subregión Montes es de María al noreste del Departamento de Sucre, Costa Atlántica, al norte con la República de Colombia. Limitado por las Coordenadas Geográficas, 90°20'121" Latitud Norte y 75°18'31" Latitud Occidental respecto al Meridiano de Greenwich y coordenadas planas X= 1'524.000, Y= 865.000 según restricciones Cartográficas del IGAC. Tiene una extensión aproximada de 172 kilómetros cuadrados, equivalentes al 1.53% del área total del departamento que lo ubica en el puesto N° 20 entre los municipios existentes, su altura sobre el nivel del mar es 160 msnm aproximadamente.

Los suelos fértiles del Municipio de Morroa son aptos para la Agricultura y la Ganadería, situación que permite el desarrollo Agropecuario de esta región. Además, la cercanía con la ciudad de Corozal distante sólo 1.500 metros a la cual se llega a través de una vía completamente

pavimentada, y la ciudad de Sincelejo, capital del Departamento, a una distancia de 15 kilómetros y que tiene como principal vía de acceso la carretera troncal de occidente. Esta posición estratégica en el Departamento de Sucre permite el desplazamiento de bienes y personas que facilita la generación de un mercado a nivel comercial con el resto del Departamento y otras regiones del país.

### **5.2.5 Hidrografía del municipio de Morroa**

De acuerdo a la información presentada en esquema de ordenamiento territorial del municipio de Morroa (Alcaldía de Morroa, 2002), la hidrografía del municipio está representada por un gran número de arroyo con un flujo de agua intermitente, el tránsito de aguas se denota en periodos de lluvias, entre los principales arroyos encontramos: El Cocuelo, La Montaña, el Pedregal, Cansaviejo, El Yeso, Pajonal, Cascajal, Cambimba, Escobar, Asmón, Arenal, Alfiler, Pérez, Bálsamo, Palomar, La Muerte y Morroa.

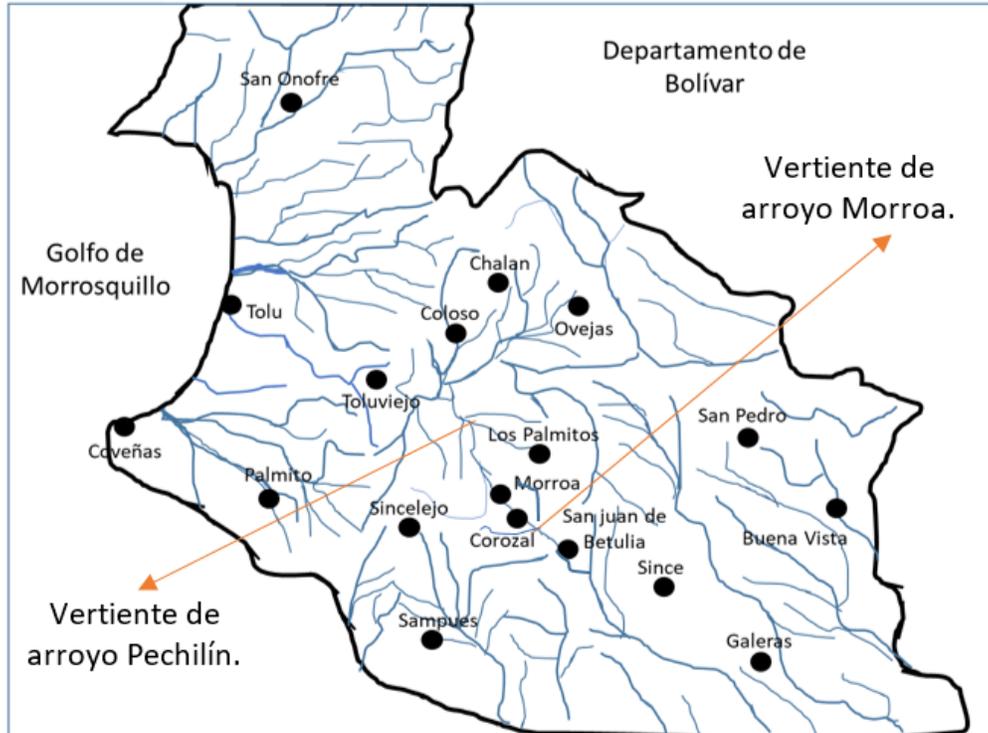
La hidrografía del municipio de Morroa se divide en dos vertientes principales:

#### **5.2.5.1 *Vertiente del Arroyo Pechilín***

El Arroyo Pechilín Tiene en el municipio de Morroa una longitud de 20 kilómetros. Recorre el área rural en límites con el municipio de Coloso en sentido norte - sur. A su paso ocasiona inundaciones que destruyen cultivos debido a los torrenciales de sus crecientes. Esta Microcuenca que nace en el Municipio de Chalán y desemboca en el puerto de Tolú es rica en fauna, flora y agua. Aunque existe tala de árboles en las riberas de este arroyo conserva aún una riqueza forestal importante, propicia para adelantar turismo, el cual no puede ser explotado por la situación de orden público.

A la vertiente del arroyo Pechilín desembocan los arroyos de Cambimba con todos sus afluentes ya descritos, el Yeso con una longitud de 6,5 kms, Hasmón 9,7 kms, Pedregal, Arenal 7 kms, Cascajal 2,7kms de longitud entre otros arroyuelos menos importantes.

La vertiente del arroyo Pechilín ocupa un área de 12.168,5 has y está ubicada al noreste del área urbana del municipio de Morroa. Como se muestra en la [Figura 5.2](#).



**Figura 5-2** Mapa Hidrográfico de la zona central del departamento de Sucre. Se muestra los municipios de Sancelejo, Corozal, Morroa, Los Palmitos, entre otros.

#### **5.2.5.2 Vertiente Morroa**

Ocupa un área de 87.5 has y comprende las microcuencas de los arroyos Morroa, La Muerte, Bálsamo, Pérez y Alfiler. La principal característica de esta vertiente es que se encuentra sobre el área de recarga del acuífero de la Formación Morroa, principal fuente de agua potable para el Departamento de Sucre.

Otro hecho importante es que las aguas de los arroyos mencionados drenan o desembocan en la cuenca del Arroyo Grande Corozal que recorre el Departamento desde Sancelejo hasta la Ciénaga de Santiago Apóstol al sur del Departamento de Sucre.

#### **5.2.6 Zona de estudio: Arroyos Cambimba y Arenal:**

El arroyo Cambimba tiene su nacimiento en la vereda Los Hatos y atraviesa al corregimiento de Sabanas de Cali Municipio de Morroa; atraviesa al municipio de Este a Oeste, hasta desembocar en el Arrollo Pichilín, en límites con el Municipio de Toluviejo. Tiene una extensión de 21 Km. Es rico en fauna y flora, en su recorrido aún se conservan manantiales con aguas cristalinas aprovechadas por los residentes locales para uso doméstico y turístico. Su amplio cauce permite el ingreso de volquetas que cargan arenas ilegalmente para usarlas como material de construcción.

La micro cuenca del arroyo Cambimba recibe en su recorrido numerosos aportes de arroyuelos y arroyos formados en el área Rural del Municipio de Morroa; entre los principales afluentes tenemos los arroyos de Escobar, la Montaña, el Cocuelo con sus afluentes Pajonal y Aguacatal. El principal problema que afecta a esta micro cuenca es la tala indiscriminada como resultado de ampliación de la frontera agropecuaria.

Arrollo Arenal: Es una microcuenca con una riqueza de fauna y flora única en la región. Tiene una longitud de 7 Km, nace en el municipio de los palmitos sigue un recorrido de Este- Oeste hasta desembocar en el arroyo Pichillín en límites con el Municipio de Coloso. Para las comunidades de Arenal, Bajo Lata y Sabaneta este arroyo es muy importante por ser la fuente de recarga de los acuíferos libres en el área, de los cuales se aprovecha el agua potable para las labores domésticas y de consumo humano y animal.

Las poblaciones que habitan dentro de las áreas de influencia directa de estos cuerpos de agua basan su economía en actividades agropecuarias y en algunos casos en actividades de extracción de material de arrastre y madera lo que, propiciado la deforestación en la zona, con deficiencia en algunos servicios de saneamiento básico, como alcantarillado y el acceso al agua potable, este último se tiene acceso, sin embargo, no es un servicio que se presta las 24 horas.

De acuerdo a las indagaciones realizadas se puntualizó que las explotaciones de material de arrastre en el municipio de Morroa se realizan con mayor proporción sobre estos cuerpos de agua dado a la presencia de este material sobre el cauce.

### **5.3 Muestra.**

Explotaciones mineras de material de legales e ilegales, activas y/o abandonadas que se ubican en el municipio de Morroa, departamento de Sucre, ubicadas sobre los arroyos Arenal y Cambimba, pertenecientes a la vertiente de Morroa.

### **5.4 Técnicas de Recolección de la Información**

#### **5.4.1 Información Primaria**

##### ***5.4.1.1 Trabajo de campo***

Visita de inspección ocular: Se realizó inspección ocular a los puntos de explotación mineras existentes y/o abandonadas donde se realiza o se realizó extracción de material de arrastre, así como las zonas donde se consideró la presencia de pasivos ambientales Mineros (áreas abandonadas), inspección que a su vez nos permitió identificar las explotaciones mineras del municipio de Morroa.

Como instrumento de recolección de información, se tomó una guía de campo que permita recoger en campo la información requerida para la presente investigación (inventario de explotaciones mineras e identificación de los pasivos ambientales mineros; esta actividad que se pretende desarrollar con apoyo de la autoridad ambiental con jurisdicción en el Municipio de Morroa-CARSUCRE.

##### ***5.4.1.2 Entrevistas:***

Necesarias para el desarrollo del proyecto, se desarrollaron directamente con CARSUCRE (Autoridad Ambiental de Sucre), entes municipales, habitantes de la zona de influencia directa a las áreas de explotación y propietarios de títulos mineros y/o canteras; esto con fin para tener indicios del inicio de las explotaciones en el municipio y las técnicas utilizadas para la extracción de los materiales, así como la recolección de los elementos necesarios para levantar la línea base de las áreas de explotación minera.

## **5.4.2 Información Secundaria.**

### **5.4.2.2 Revisión Bibliográfica:**

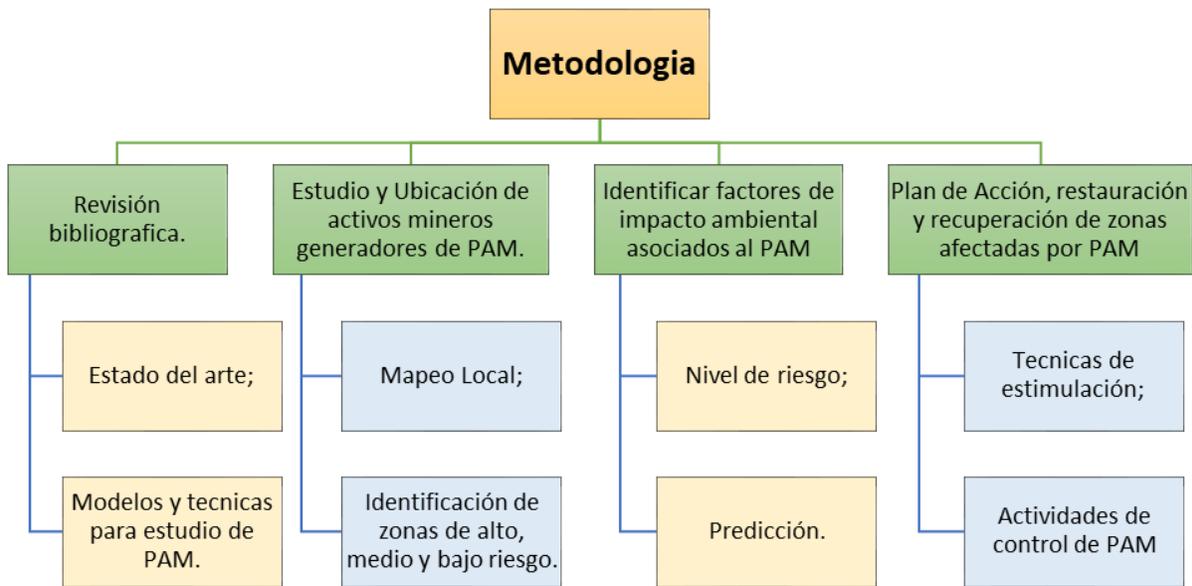
Se realizó revisión de investigaciones sobre pasivos ambientales mineros y los criterios de evaluación utilizados para su identificación y valoración, además de la revisión documental de las licencias ambientales otorgadas por CARSUCRE a las explotaciones mineras e infracciones que se han interpuesto por actividades mineras ilegales

- Recopilación de información, estudio e investigación bibliográfica de operaciones mineras cerradas, minas abandonadas y en operación que se encuentran en la jurisdicción del municipio de Morroa, Para cual se utilizaran como herramienta las bases de dato de la Corporación Autónoma Regional de Sucre- CARSUCRE, quien realiza seguimiento y evaluación a licencias ambientales de las explotaciones mineras, Agencia Nacional de Minería ANM quien otorga título y autorizaciones para las explotaciones mineras.
- Revisión de fotografías aéreas y mapas topográficos del municipio de Morroa donde se encuentren actividades mineras cerradas o abandonadas.

## 5.5 Metodología de diagnóstico y evaluación de los PAM

La evaluación ambiental y la identificación de impactos, se realiza a partir de una metodología basada en un estudio de corte cuantitativo del tipo descriptivo analítico que pretende evaluar y describir los diferentes pasivos ambientales mineros analizando variable por variable el grado de impacto.

Hace más de veinte años se propuso el método de Conesa (Conesa, 1997), para establecer lo que se ha denominado como Importancia Ambiental del Impacto, que a su vez se interrelaciona con la matriz RAM (Risk Assessment Matrix) con el fin de determinar la Significancia Ambiental fundamentada en la probabilidad de ocurrencia que presenta cada impacto, esta se resume en la Figura 5.3.



**Figura 5-3 Metodología para la identificación y estudio de impactos causados por PAM (fuente propia)**

Primero se obtiene la calificación ambiental, donde se tienen en cuenta parámetros propios del impacto en el medio, para posteriormente complementarse con la probabilidad de ocurrencia de los impactos (Los parámetros para la determinación del impacto ambiental se describen en el ítem 4.4 de este capítulo). Esta metodología describe un método confiable que permite identificar y calificar impactos ambientales, en concordancia con la información ambiental disponible y

recolectada durante la elaboración de la caracterización ambiental del área. Además es un método de evaluación que ofrece resultados confiables y establece el grado de afectación del proyecto de una manera más real. La valoración de PAM permite visualizar cuales son las acciones más impactantes y cuáles son los factores ambientales más sensibles o que sufren en mayor o menor escala la acción de explotación de la actividad minera.

La valoración cualitativa se efectúa a partir de la matriz de impacto. Cada casilla de cruce en la matriz muestra la importancia de cada tipo de elemento en el PAM. La calificación de cada impacto se realiza considerando diez criterios o atributos, contenidos en la ecuación de Importancia Ambiental (IA), que se presenta a continuación:

$$IA = \pm(3in + 2EX + MO + PE + RV + SI + EF + PR + RC + AC)$$

Donde:

*in: Es la intensidad,*

*EX: Es la extensión,*

*MO: Es el momento,*

*PE: Es la persistencia,*

*RV: Es la reversibilidad,*

*SI: Es la sinergia,*

*EF: Es el efecto,*

*PR: Es la periodicidad,*

*RC: Es la recuperabilidad*

*AC: Es la Acumulación*

La valoración de la “Importancia Ambiental” (IA) oscila entre 13 y 100 y según esta escala de valoración los impactos se clasifican en irrelevantes, moderados, severos y críticos como se observa en la [Tabla 5.1](#). Esta valoración responde a una serie de atributos que examinados en conjunto indican el grado de incidencia o intensidad de la alteración producida.

**Tabla 5-1 Valoración de impactos ambientales usando la metodología de Importancia Ambiental (IA) (Conesa, 1997)**

<b>Impacto</b>	<b>Valor del IA</b>
Inferior e igual a 25	Irrelevante
Moderado	Entre 26 y 50
Severo	Entre 51 y 75
Critico	Superior a 75

A continuación, se describen los valores cualitativos de los IA.

- **Pasivo ambiental crítico:** Efecto cuya magnitud es superior al umbral aceptable.
- **Pasivo ambiental severo:** Efecto en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas correctoras o protectoras y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa de un periodo de tiempo dilatado.
- **Pasivo ambiental moderado:** Efecto cuya recuperación no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas y en el que el retorno al estado inicial del medio ambiente no requiere largo espacio de tiempo.

Los atributos considerados son Naturaleza, magnitud, extensión, momento, Persistencia, reversibilidad, sinergia, efecto, periodicidad, recuperabilidad y acumulación. El significado de estos atributos se muestra en la [Tabla 5.2](#).

**Tabla 5-2 Definición de parámetros para determinar el grado de importancia ambiental. (Conesa, 1997)**

Atributo	Descripción	Calificación	Valoración
Naturaleza	Hace alusión a la condición positiva (+) o negativa (-) del impacto.	benéfico	+
		Perjudicial	-
Intensidad (in)	Es el grado de incidencia del impacto sobre el factor ambiental. Se refiere a la influencia teórica de manifestación del impacto en relación con el entorno del proyecto. Cuando el impacto ocurre sobre un área crítica, entonces a la valoración respectiva se le agrega 4, que denota su carácter de criticidad en la ocurrencia del impacto en cuestión.	Baja	1
		Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		severo	12
Extensión (EX)	Se refiere a la influencia teórica de manifestación del impacto en relación con el entorno del proyecto. Cuando el impacto ocurre sobre un área crítica, entonces a la valoración respectiva se le agrega 4, que denota su carácter de criticidad en la ocurrencia del impacto en cuestión.	Puntual	1
		Parcial	2
		Extenso	4
		Total	8
		Critico	- 4
Momento (M0)	Se refiere al tiempo transcurrido entre la ocurrencia, la acción y el impacto sobre el factor ambiental considerado. Inmediato si el impacto aparece de inmediato o en un tiempo inferior a un mes.	Largo plazo	1
		Medio Plazo	2
		Inmediato	4

Atributo	Descripción	Calificación	Valoración
	De uno a cinco años, corresponderá a medio plazo. Si es más de cinco años se denominará a largo plazo. Si además de lo anterior el impacto ocurriese en un momento crítico, se le daría una valoración de más 4 sobre la ya asignada.	Crítico	- 4
PERSISTENCIA (PE)	Se refiere al tiempo que permanece el impacto desde su aparición hasta el momento en que el factor ambiental retornaría a las condiciones iniciales.	Fugaz	1
		Temporal	2
		Permanente	4
Reversibilidad (RV)	Se refiere a la posibilidad de retomar por medios naturales a las condiciones iniciales, es decir, a las condiciones antes de ocurrir el impacto y una vez cese el impacto.	Corto Plazo	1
		Medio Plazo	2
		Irreversible	4
Sinergia (SI)	Se refiere a cuando la ocurrencia de un impacto produce o aumenta la intensidad de otro impacto.	Sin Sinergismo	1
		Sinérgico	2
		Muy Sinérgico	4
Efecto (EF)	Se refiere a la forma de manifestación del impacto, si es de forma directa o indirecta.	Indirecto (secundario)	1
		Directo	4
Periodicidad (PR)	Se refiere a la regularidad de manifestación del impacto, es decir, si éste se presenta en forma impredecible (irregular), cíclica (periódica), o si es constante en el tiempo (continuo).	Irregular o Discontinuo	1
		Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (RC)	Se refiere a la posibilidad total o parcial de retornar a las condiciones iniciales, previas a la presentación del impacto, mediante la implementación de medidas correctivas o de manejo ambiental.	Inmediata 1	1
		A medio plazo	2
		Mitigable	4
		Irrecuperable	8
Acumulación	Cuando la actividad persiste continuamente, se tiene un aumento progresivo de la manifestación del efecto.	Simple	1
		Acumulado	4

Como se observa, el método de Conesa maneja un gran número de variables y resulta muy difícil de ponerlo en práctica, puesto que exige mucho tiempo de estudio, equipo y los costos de investigación son elevados.

En esta propuesta, la metodología de diagnóstico se hará en función de menos variables y la manera de predecir el riesgo estará en función de la probabilidad de ocurrencia y el nivel de gravedad de la variable de estudio. Esta forma de evaluar permite reducir o ampliar el número de variables ambientales a estudiar:

## 5.6 Diagnóstico de Pasivos Ambientales por explotación de Material de arrastre

La cuantificación del riesgo por los PAM se estima como el producto ponderado de la probabilidad de ocurrencia de los PAM. Este escenario considera los riesgos al entorno humano, natural y socioeconómico. El esquema más sencillo para estimarlo es usando la siguiente ecuación:

$$Riesgo (R) = \frac{\sum(\text{Probabilidad} \times \text{nivel de gravedad PAM})}{N}$$

Donde:

- **Probabilidad:** es el valor asignado a la probabilidad de ocurrencia siendo 0% ninguna probabilidad de ocurrencia y 100% donde el evento de riesgo (PAM) ocurrirá de manera irremediable.
- **Nivel de gravedad PAM:** es el valor asignado al nivel de gravedad del PAM en el medio ambiente y la sociedad. Su escala es de 1 a 5, siendo 1 ningún nivel de gravedad y 5 el nivel de gravedad severo.
- **N:** es la sumatoria de las variables de estudio

Esta ecuación muestra las probabilidades negativas de los pasivos ambientales en una escala de 0 a 5. Siendo el 5 el máximo nivel de riesgo donde las probabilidades de ocurrencia y los niveles son máximos.

El estudio de probabilidades se muestra en la [Tabla 5.3](#):

**Tabla 5-3 Valoración del riesgo de pasivos ambientales según la ecuación de riesgo (R).**

<b>% Riesgo</b>	<b>Evento</b>
<b>0</b>	No existe riesgo asociado de los PAM
<b>10</b>	El nivel de riesgo es muy poco probable que afecte al medio ambiente o la sociedad.
<b>15</b>	El nivel de riesgo es bajo, se espera que algunas variables de PAM ocasionen poco daño al medio ambiente o la sociedad.
<b>25</b>	Nivel de riesgo bajo alto, se espera que algunas variables de PAM ocasionen algunos daños al medio ambiente o la sociedad.
<b>50</b>	Nivel de riesgo medio, se espera que al menos la mitad de las variables de PAM ocasionen daños visibles al medio ambiente o la sociedad.
<b>75</b>	Nivel de riesgo alto, se espera que más mitad de las variables de PAM ocasionen daños serios al medio ambiente o la sociedad.
<b>100</b>	Nivel de riesgo severo, se espera que todas las variables de PAM ocasionen daños serios al medio ambiente o la sociedad.

En el estudio de probabilidad de estudio se realizan estudios sobre ocho variables PAM, a saber:

- 1) **Deforestación:** Identificado el nivel de deforestación, se califica la gravedad del evento y se atribuye la probabilidad de ocurrencia. El grado de gravedad puede estimarse por observación y la probabilidad de ocurrencia con evaluación de la zona como facilidades de acceso, producción de madera y entrevistas a personas aledañas al lugar. Se valora la probabilidad de afectación del suelo y el agua.
  
- 2) **Afectación del aire:** La afectación del aire incluye el ruido y el material particulado que emiten los vehículos. El nivel de gravedad se registra por observación y se valora la afectación de la fauna y la flora del sector. Si el paso de vehículos es recurrente se valora la probabilidad de que afecte a la salud humana. La probabilidad de ocurrencia se estima por medio de observación con el paso del tiempo y registro de acceso vehicular.
  
- 3) **Afectación del agua:** La afectación del agua incluye contaminación por basuras, químicos, turbiedad y calidad del agua para las especies que habitan en el sector. La probabilidad de

ocurrencia se registra por observación según la incidencia de las personas. Se contempla efecto en la época de sequía y de lluvia. Si el sistema pertenecía a un sitio turístico se valora el nivel de afectación social.

- 4) **Afectación del suelo:** Se valora el nivel gravedad del evento por estudios del suelo, observación de las terrazas afectadas y propiedades de uso del suelo. Se verifica si es apto para que las especies nativas crezcan normalmente y si los pobladores locales crean monocultivos en las cercanías del lugar. Se verifica el grado de compactación de las zonas de acceso vehicular. Si la zona minera tiene más recursos explotables se verifica nivel de incidencia de las personas.
- 5) **Afectación en la morfología:** El grado de gravedad de afectación a la morfología se registra con los cambios bruscos en el trayecto del arroyo, profundidad de excavación de las terrazas, compactación del suelo y organización del terreno, el cual incluye remoción de rocas de gran tamaño, arenas no comerciales y arcillas en el sector. La probabilidad de ocurrencia mide el grado de incidencia en la explotación de las terrazas.
- 6) **Afectación social:** El grado de gravedad del evento tiene que ver con el uso del arroyo y los alrededores para la cultura, la recreación y el turismo. Generalmente si la fauna y flora se ve afectada, la población también se verá afectada si esta misma obtenía recursos importantes de la zona. Si existe un cambio en la cultura, esta se verá reflejada en el grado de gravedad. Por ejemplo, si la población que es esencialmente minera no puede trabajar en las minas puede incurrir en una afectación social de alto impacto. La probabilidad de ocurrencia se valoriza según la población afectada. El nivel de probabilidad se registra según el cambio en las personas que trabajan en la zona de explotación del mineral y en la población local que habita en la zona urbana, rural y en las rutas de transporte, y se indaga el uso de la zona para la cultura, recreación y turismo.
- 7) **Afectación en la salud de las personas:** involucra a las personas que trabajan en las áreas de extracción minera, en las rutas de transporte y las zonas cercanas. Se registra una valoración solo cuando se cierran las minas. Si esta variable tiene alto nivel de gravedad se debe realizar un estudio independiente para valorar la probabilidad de ocurrencia. Si el

grado de ocurrencia es alto quiere decir que afecta a la mayoría de las personas y está en riesgo la vida de las personas.

- 8) Afectación socioeconómica de las personas:** El evento asociado al grado de gravedad se describen en la [Tabla 5.7](#). Esta variable depende mucho de la calidad de vida de las personas y su manera de obtener su sustento diario. El nivel de gravedad depende del grado de dependencia de la explotación del mineral, un grado de dependencia alto indica que la mayoría de las personas no tienen otra forma de sustento

### **5.6.1 Análisis de probabilidad del nivel de riesgo de los PAM.**

Este estudio se refiere a la variación de las probabilidades para evaluar casos probables dentro de las variables de estudio de los PAM. Con ese objetivo en mente se pretende ver la valoración del riesgo si el cambia el nivel de deforestación, el nivel de contaminación junto a los cambios geomorfológicos de las terrazas de arena y los cambios socioeconómicos.

#### **5.6.1.1 Estudio de Riesgo (R) evaluando cambios en los PAM**

El análisis múltiple de variables realiza asociaciones directas e indirectas con cada uno de los PAM. Esto permite la posibilidad de incrementar o reducir la probabilidad de ocurrencia. Una afectación negativa de las variables incrementa el nivel de riesgo (R), esto explica por qué unos pasivos ambientales tienen mayor impacto que otros del mismo grado de magnitud.

El modelo establece relaciones de orden entre las diferentes variables de PAM, por ejemplo, se asocian un grupo de variables PAM que tengan la misma causa o problema. En la [Tabla 5.4](#) se describe la tabla de contingencia en la que se marca 1 si existe un grado de dependencia con la variable o 0 si existe total grado de independencia. Las variables de contingencia son aquellas variables que tienen cierto grado de dependencia con la variable del PAM.

**Tabla 5-4 Tabla de contingencia para las diferentes variables a asociar. Ejemplo para efecto de estudio de la variable deforestación el cual tiene impacto en el agua, el suelo y la morfología.**

Variable de contingencia	Relación con la variable deforestación	Descripción	Valoración
A. Aire	0	La variable no se ve afectada	0
A. Agua	1	La variable se ve afectada	0 -100
A. Suelo	1	La variable se ve afectada	0 -100
A. Morfología	1	La variable se ve afectada	0 -100
A. social	0	La variable no se ve afectada	0
A. Salud humana	0	La variable no se ve afectada	0
A. Socioeconómico	0	La variable no se ve afectada	0

El incremento de la probabilidad de ocurrencia en la variable de contingencia no debe exceder a la probabilidad de ocurrencia del PAM, pues esto incurriría en un error de procedimiento y sería un análisis incorrecto de la variable del PAM. Probabilidades de ocurrencia similares significa que las variables tienen igual grado de afectación y provienen de la misma causa.

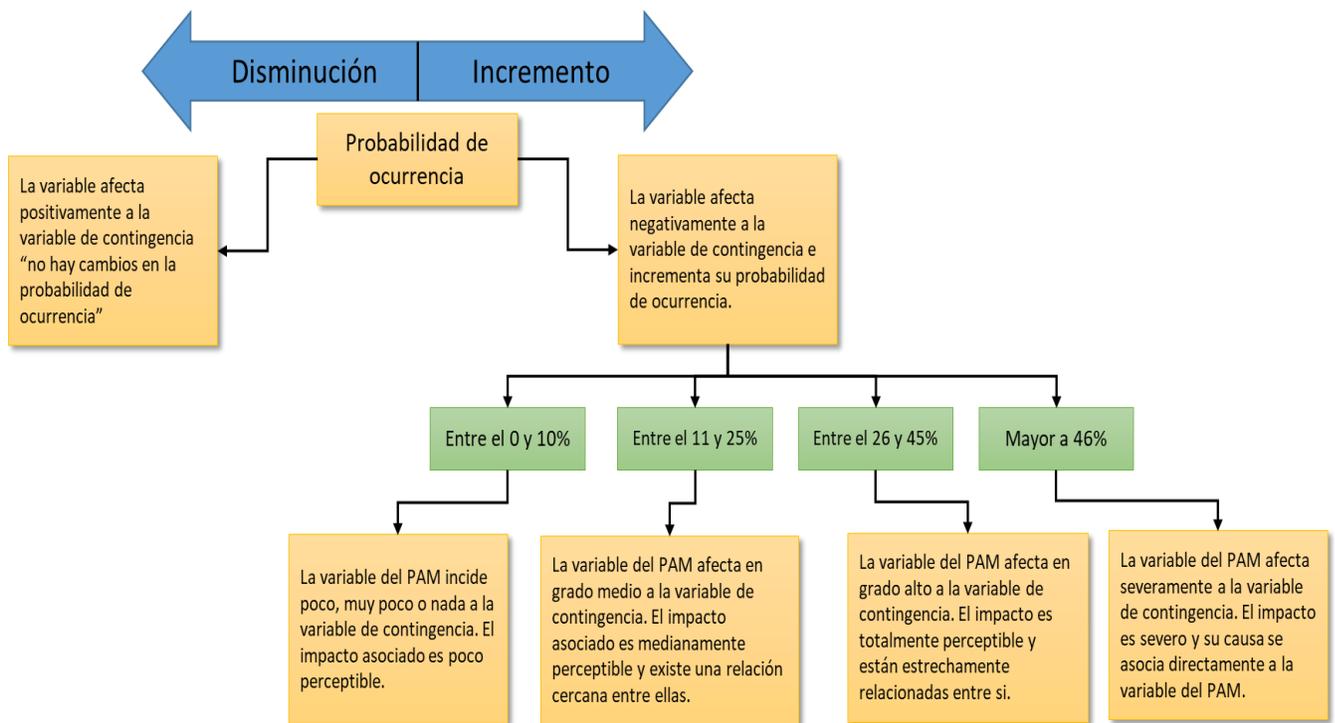
En la Tabla 5.4 la descripción se realiza bajo las observaciones hechas en campo. Las descripciones valoran el grado de afectación con la variable de contingencia. La valoración es el valor asociado al incremento de la probabilidad de ocurrencia y el grado de gravedad de afectación. Este valor no debe superar la probabilidad de ocurrencia de la variable del PAM.

A continuación, se muestra el análisis de contingencia. El rango de valoración describe el grado de relación que hay entre la variable de estudio del PAM y la variable de contingencia.

- **Grado de valoración entre 0 y 10%:** La variable del PAM incide poco, muy poco o nada a la variable de contingencia. El impacto asociado es poco perceptible.
- **Grado de valoración entre 11 y 25%:** La variable del PAM afecta en grado medio a la variable de contingencia. El impacto asociado es medianamente perceptible y existe una relación cercana entre ellas.

- **Grado de valoración entre 26 y 45%:** La variable del PAM afecta en grado alto a la variable de contingencia. El impacto es totalmente perceptible y están estrechamente relacionadas entre sí.
- **Grado de valoración mayor al 45%:** La variable del PAM afecta severamente a la variable de contingencia. El impacto es severo y su causa se asocia directamente a la variable del PAM.

En caso de que la variable del PAM afecte positivamente a la variable de contingencia no habrá cambios en la probabilidad de ocurrencia. En la Figura 5.4 se muestra un esquema que simplifica el análisis de valoración de las variables de contingencia.



**Figura 5-4 Estudio de la valoración de la probabilidad de ocurrencia las variables de contingencia**

Las probabilidades básicas realizadas en el estudio de PAM de áreas de explotación de material de arrastre se muestran en la [Tabla 5.5](#) (segunda columna), y en las siguientes columnas

se muestra la variación de la probabilidad de ocurrencia con el nivel de riesgo. En la parte baja de la tabla se registra el valor de riesgo.

**Tabla 5-5 Valoración del Riesgo (R) para diferentes escenarios variando el nivel de riesgo y la probabilidad de ocurrencia en la deforestación.**

Pasivo ambiental	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3		Escenario 4	
	% probabilidad	Nivel de riesgo						
<b>Deforestación</b>	15	3	35	3	55	4	90	5
A. Aire	10	1	10	1	10	1	10	1
A. Agua	10	1	10	1	10	1	10	1
A. Suelo	15	3	35	3	55	4	90	5
A. Morfología	10	1	10	1	10	1	10	1
A. social	10	1	10	1	10	1	10	1
A. Salud humana	10	1	10	1	10	1	10	1
A. Socioeconómico	10	1	10	1	10	1	10	1
<b>Riesgo (R)</b>	<b>3.75%</b>		<b>6.75%</b>		<b>12.5%</b>		<b>24%</b>	

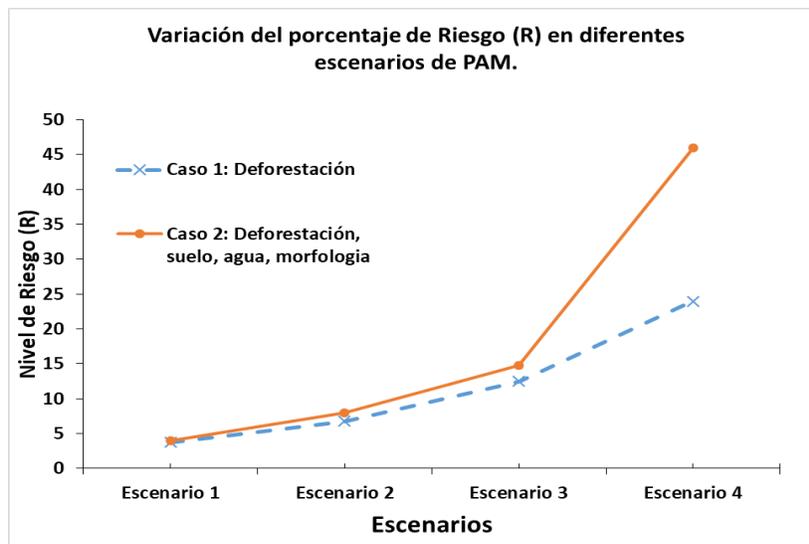
Como se muestra en la [Tabla 5.5](#), cuando el nivel de deforestación alcanza niveles críticos los niveles de riesgo son “medio bajo”, esto se explica debido a que los pasivos ambientales no afectan las condiciones de vida de las personas que habitan en la zona urbana. Como se puede ver solo los cambios en el suelo y la deforestación se tienen en cuenta. Pero es muy probable que la forma de vida de la fauna y flora sufra los mismos impactos que sufre la deforestación, siendo así la [Tabla 5.4](#) se transforma en la [Tabla 5.5](#). En este caso no se evalúa al 100% de probabilidad de ocurrencia.

**Tabla 5-6 Valoración del Riesgo (R) para diferentes escenarios variando el nivel de riesgo y la probabilidad de ocurrencia en la deforestación con cambios iguales en el agua, suelo y morfología.**

Pasivo ambiental	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3		Escenario 4	
	% probabilidad	Nivel de riesgo						
<b>Deforestación</b>	15	2	35	2	55	3	90	5
A. Aire	10	1	10	1	10	1	10	1
A. Agua	15	2	35	2	55	1	90	5

<b>A. Suelo</b>	15	2	35	2	55	3	90	5
<b>A. Morfología</b>	15	2	35	2	55	3	90	5
<b>A. social</b>	10	1	10	1	10	1	10	1
<b>A. Salud humana</b>	10	1	10	1	10	1	10	1
<b>A. Socioeconómico</b>	10	1	10	1	10	1	10	1
<b>Nivel de Riesgo (R)</b>	4%		8%		14.75%		46%	

Los estudios realizados en la [Tabla 5.6](#) se consideran pesimistas. Un valor cercano al 50% de Riesgo (R) significa que las probabilidades de recuperar la zona explotada están en peligro de no poder ser renovada, y que necesitaría de un proceso intenso de restauración para volver la versión original del ecosistema. Este mismo tratamiento de datos se espera con las demás variables. En la [Figura 5.5](#) se muestra el comportamiento de dichos niveles de riesgo.



**Figura 5-5** Valoración de nivel de Riesgo (R) para diferentes escenarios de deforestación

Como conclusión se considera pesimista y en alto riesgo el sistema biofísico si el nivel de riesgo es cercano al 50%. Como es evidenciable en la literatura, si el nivel de riesgo de una variable del pasivo ambiental es muy alto las probabilidades de recuperación del medio ambiente son muy bajas. Por otra parte, los niveles inferiores al 20% significan que el medio ambiente puede recuperarse con pocas acciones, o que puede recuperarse por sí mismo con el paso del tiempo.

Porcentajes de riesgo superiores al 30% significan que el medio ambiente requiere intervención para poder recuperarse.

### 5.6.1.2 Estudio de Riesgo evaluando cambios en los PAM humanos y socioeconómicos.

En municipios con una actividad laboral pobre, la minería es una de las actividades básicas en la que los campesinos trabajan arduamente para ganar su sustento. Cerrar las minas de arena puede afectar seriamente la economía de este grupo de personas y afectar su modo de vida. Por eso es esencial estudiar el comportamiento humano de estas variables en los pasivos ambientales. En la [Tabla 5.7](#) se muestra las probabilidades de ocurrencia y los criterios que se usan para determinar el nivel de riesgo.

**Tabla 5-7 Criterio de probabilidad de ocurrencia para el criterio socioeconómico de los PAM.**

<b>P. ocurrencia</b>	<b>Evento</b>
<b>0</b>	No existe riesgo asociado, las personas no se ven afectadas por el cierre de la mina.
<b>10</b>	El nivel de riesgo es muy poco probable, pocas personas se ven afectadas por la actividad minera
<b>15</b>	El nivel de riesgo es bajo, se espera que pocas personas tengan que cambiar su actividad económica para ganar su sustento
<b>25</b>	Nivel de riesgo bajo alto, se espera que algunas personas tengan que cambiar su actividad económica para ganar su sustento.
<b>50</b>	Nivel de riesgo medio, se espera que al menos el 50% de las personas tengan que cambiar su actividad económica para ganar su sustento y otras recurran a explotar la mina de forma ilegal.
<b>75</b>	Nivel de riesgo alto, se espera que más mitad de las personas sufra las consecuencias del cierre de la mina. Se quedan sin trabajo por un largo periodo de tiempo, recurren a actividades ilegales para seguir explotando,
<b>100</b>	Nivel de riesgo severo, todas las personas que trabajan en la mina, sus familiares, y personas del sector que dependen del comercio se ven afectados por su cierre.

A continuación, se muestra el comportamiento del Riesgo (R) cuando se varía la variable socioeconómica. Esta variable tiene influencia en la variable Salud y Social del PAM, se asume que tienen el mismo comportamiento.

**Tabla 5-8 Cambio del nivel de Riesgo (R) cuando se afectan las variables socioeconómicas, la salud y el ambiente social. Se considera que las tres tienen el mismo comportamiento.**

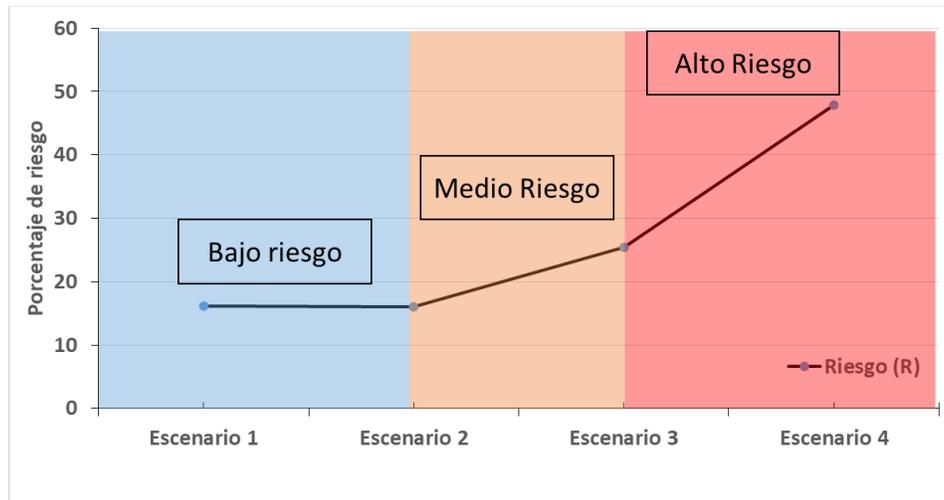
Pasivo ambiental	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3		Escenario 4	
	% probabilidad	Nivel de riesgo						
<b>Deforestación</b>	15	3	15	3	15	3	15	3
<b>Aire</b>	10	1	10	1	0	1	0	1
<b>Agua</b>	25	5	25	5	25	5	25	5
<b>Suelo</b>	45	1	45	1	45	1	45	1
<b>Morfología</b>	50	4	50	4	50	4	50	4
<b>social</b>	10	1	10	3	50	4	100	5
<b>Salud humanos</b>	10	1	25	3	50	4	100	5
<b>Socioeconómico</b>	10	1	25	3	50	4	100	5
Nivel de Riesgo (R)	16.12%		16%		25.37%		47.87%	

Como se esperaba de la [Tabla 5.8](#), el comportamiento del riesgo (R) puede ser cercano al 50% y el grado de impacto no es ambiental sino humano. Los niveles de Riesgo (R) cercanos al 50% pueden considerarse graves para la sociedad y puede generar daños a la forma de vida de las personas. Se espera que, al cerrar cualquier espacio minero, el pasivo ambiental humano sea muy bajo y que las posibilidades de recuperación sean altas. En caso contrario las personas pueden ser afectadas económicamente, por lo que no tendrían posibilidades de buena salud y recreación. El nivel de riesgo alrededor del 25% se considera representativo, esto significa que las entidades encargadas del cierre deben velar por el bienestar de las personas que trabajan en la mina.

En la [Figura 5.6](#) se resume el nivel de riesgo de la [Tabla 5.8](#). Esta figura puede valorar el nivel de riesgo socioeconómico general de la siguiente forma:

- **Nivel de riesgo humano bajo:** Las personas no sienten el cierre de la mina, pueden recuperar su sustento por otros medios.
- **Nivel de riesgo humano medio:** Las personas se sienten inseguras de ganar su sustento, se necesita una intervención rápida para que no recurran a la ilegalidad.

- **Nivel de riesgo humano alto:** Las personas no tienen forma de ganar su sustento, se requieren acciones inmediatas de los entes gubernamentales y de seguridad social para que atiendan el personal afectado.



**Figura 5-6 Cambio del nivel de Riesgo (R) cuando se afectan las variables socioeconómicas, la salud y el ambiente social.**

## 5.7 Consideraciones del modelo

El modelo describe el riesgo asociado de forma rápida y su valor nos indica el grado de afectación que sufre la fauna, la flora, el suelo, el aire y las personas. Algunas consideraciones se muestran a continuación:

- El modelo es pesimista, esto quiere decir que solo valora las acciones negativas que se ven afectadas por los PAM a largo y corto plazo. Una valoración del 50% de riesgo implica eventos que ponen en peligro al medio ambiente.
- Algunas variables se ven afectadas por otras, las probabilidades de ocurrencia y niveles de riesgo se alteran en función de los cambios que ocurran en las otras variables. Estos cambios deben estar sustentados y estimados bajo el criterio del analista de los eventos. En algunos casos la probabilidad de ocurrencia y grado de gravedad son los mismos para esas variables.
- No se debe descartar ninguna variable si el grado de gravedad es alto.
- En casos de probabilidades de ocurrencia y nivel de gravedad bajo, el modelo predice probabilidades de riesgo bajo, los cuales son diagnósticos favorables de los PAM y tienen altas probabilidades de restaurar los impactos ambientales asociados.

## 6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con la finalidad de valorar o estimar los potenciales PAM que existen en la explotación de material de arrastre en el municipio de Morroa, primero se hará una contextualización de los problemas generales de la minería ilegal y artesanal y posteriormente se evaluará el grado de magnitud. La evaluación de los impactos se ha realizado durante un periodo de tiempo (alrededor de seis meses), el cual permitirá aplicar la metodología de diagnóstico estudiada en el Capítulo 5. La información recolectada en este proyecto pretende mostrar un estimativo o la percepción del riesgo que existe en el medio ambiente, las fuentes de agua y la comunidad. A continuación, se detalla la metodología:

### 6.1 Caracterización del PAM Mina de Arena Arroyo Cambimba.

#### 6.1.1 Levantamiento de información y análisis de PAM en el arroyo Cambimba.

Como se mostró en el Capítulo 4, las arenas formadas por depósitos sedimentarios son variadas en el departamento de Sucre. Por la cercanía a las costas las arenas son ricas en carbonatos en el Norte del departamento. En el Sur, las arenas son de origen continental, como se muestra en la [Figura 6.1](#). Las arenas son ricas en silicatos y feldespatos, no contienen micas y su tamaño es en promedio menor a 1.5 mm. Los granos de arena presentan una apariencia regular y en algunos sectores presenta componentes orgánicos como raíces y hojas.



**Figura 6-1** Caracterización de la zona de explotación de arena. A la izquierda una terraza de arena explotada y a la derecha una fotografía de la arena lavada en alta resolución. (Fuente Propia)

Las mediciones de grano se realizaron usando el método de tamizaje. Usando las mallas, #4, #8, #16 y # 20 para estudiar el tamaño de los granos se evaluaron los porcentajes en peso retenidos de una muestra de 250 g. La [Tabla 6.1](#) registra los valores promedio del peso retenido, usando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ que pasa} = \frac{\text{Peso de la muestra en tamiz}}{\text{Peso inicial de la muestra}} \times 100$$

**Tabla 6-1 Determinación del tamaño de arena usando el método de tamizaje.**

Tamiz NTC	Porcentaje que pasa	Porcentaje retenido
4.75 mm (#4)	100%	0%
2.36 mm (#8)	100%	0%
1.18 mm (#16)	83%	17%
300 μm (#20)	2%	98%

La [Figura 6.1](#) también muestra información importante del lugar. La fotografía fue tomada en el centro donde se evidencia el paso de la quebrada. El análisis geomorfológico es como se muestra a continuación:

- La ubicación de las zonas arenosas no supera los 7 m de ancho. ([Figura 5.2](#))
- Las terrazas no tienen más de 1.5 m de altura. ([Figura 5.1](#))
- Las terrazas son del tipo aluvión inundable. ([Figura 5.2](#))



**Figura 6-2 Evaluación del ancho, alto y tipo de terraza de arena. (CARSUCRE)**

La [Figura 6.2](#) también muestra un aspecto importante de la geomorfología, y es la riqueza en fauna y flora del lugar. Las especies nativas del lugar son una parte importante de la región ya sea para soporte vital de la fauna, para cultivos, explotación de plantas medicinales, ecoturismo, entre otras actividades.

En la [Tabla 6.2](#) se muestra las plantas y animales observadas durante el trabajo de campo e identificadas con ayuda de personas nativas de la región y bibliografía consultada

**Tabla 6-2 Caracterización de la fauna y la flora de la zona de interés.**

Tipo	Observación en el área de interés
<b>Vegetación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caracolí,</li> <li>- Campanos,</li> <li>- Cedritos,</li> <li>- Robles,</li> <li>- Mangos,</li> <li>- Marañon,</li> <li>- Palmas de vino,</li> <li>- Corozo,</li> <li>- Palma amarga,</li> <li>- Totumos,</li> <li>- Mataratón,</li> <li>- Estromelias,</li> <li>- Eucaliptos,</li> <li>- Zarzas,</li> <li>- Otras especies.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- indio encuero,</li> <li>- Guaimaro,</li> <li>- Carreto,</li> <li>- Ceiba Leche,</li> <li>- Carreto Colorado,</li> <li>- Guayacán,</li> <li>- Vara de León,</li> <li>- Vara Santa,</li> <li>- Camajón,</li> <li>- Mamon,</li> <li>- Campano,</li> <li>- Orejero,</li> <li>- Hobo,</li> <li>- Palo de agua.</li> </ul>
<b>Animales salvajes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Micos colorados</li> <li>- Aves silvestres. <ul style="list-style-type: none"> <li>o Pericos,</li> <li>o Colibrí,</li> <li>o Garzas,</li> <li>o Gavilán,</li> <li>o Azulejo,</li> <li>o Mochuelos,</li> <li>o Carpinteros</li> </ul> </li> <li>- Tigrillos</li> <li>- Entre otras especies.</li> </ul>
<b>Cultivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yuca,</li> <li>- Maíz,</li> <li>- Ñame,</li> <li>- Frijol,</li> </ul>

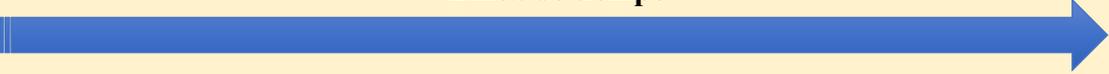
Tipo	Observación en el área de interés
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habichuelas,</li> <li>- Sandia,</li> <li>- Melón,</li> <li>- Ahuyamas</li> </ul>
<b>Animales domésticos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cerdos,</li> <li>- Vacas,</li> <li>- Caballos,</li> <li>- Burros,</li> <li>- Chivos,</li> <li>- Gallinas.</li> </ul>

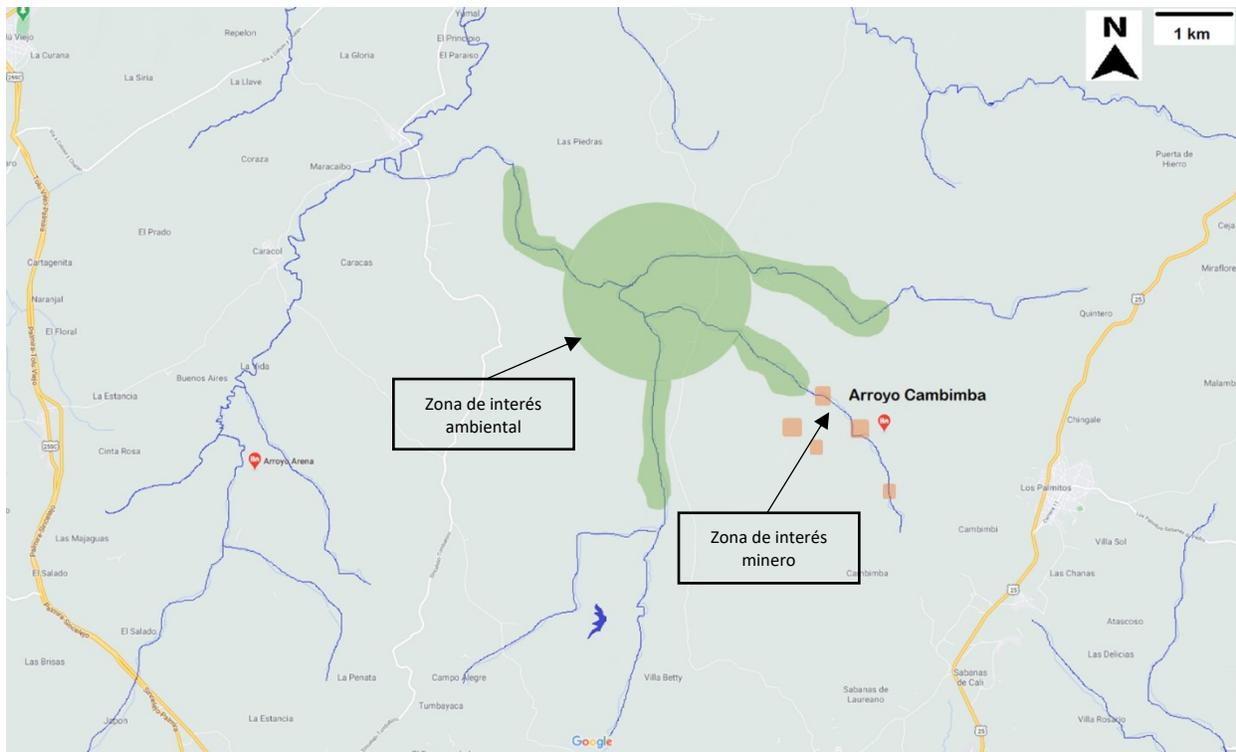
Esta recopilación de información se toma con base a la información suministrada en el Capítulo 5, referencias geográficas e hidrográficas. Aunque el sitio parece abandonado, las fuentes aledañas al lugar aseguran que hace parte de una finca privada, y generalmente no está vigilada y durante el año 2020, periodo de inicio de la pandemia COVID -19, la zona fue desatendida y no se pudo realizar una visita de los entes gubernamentales.

La fauna del lugar es rica debido a las condiciones climáticas, la localización geográfica del lugar y la disponibilidad de agua. En este pequeño brazo verde existen especies habitan más de 20 especies de animales entre armadillos, osos perezosos, osos hormigueros, micos cariblanco, mono cotudo, conejos, murciélagos, zorro cola pelada, ardillas, ponches, ñeques, guartinajas, entre otras especies no tan comunes. En aves existen más de 149 especies reportadas, siendo el orden *Tyranidae* el orden más diverso con 16 especies seguido de la *Trhaupidae* con 11 especies

Debido a las condiciones, fue necesario realizar una investigación histórica del lugar asociada a la actividad minera tanto como en la zona de explotación, el pueblo y la región. En la [Tabla 6.3](#) se resumen las principales características de la explotación hace 20 años, 10 años y la época actual. Esta información en charlas y entrevistas a personas nativas del lugar. Acudiendo a este conocimiento se pudo conocer el estado de las minas de arena antes de empezar a explotarlas y tener una valoración previa de los impactos ambientales que existían antes de empezar este proyecto.

**Tabla 6-3 Evaluación histórica de la actividad minera en el municipio de morro. Fuente: Entrevistas y charlas con las personas del lugar.**

<b>Línea de tiempo</b>		
		
<b>Hace 20 años</b>	<b>Hace 10 años</b>	<b>época actual</b>
Las condiciones de entrada a las quebradas eran difíciles de acceder, la naturaleza era rica y estable.	Las condiciones de entrada a las quebradas aun eran difíciles. El aumento de la población y la zona urbana reduce las zonas amplias de vegetación.	Es mucho más fácil llegar a las terrazas de arena. La competitividad del mercado, los explotadores artesanales, pequeños empresarios y personas naturales explotan las terrazas con regularidad. No hay recuperación inmediata.
Los areneros explotaban las terrazas con picos y palas y eran transportadas con mulas, burros o caballos. No se excedía los 20 m <sup>3</sup> al año	Los areneros explotaban las terrazas con picas y palas, pero el transporte se realiza con tractores y buldóceres.	La entrada de buldócer y maquinaria pesada para extracción de arena acelera la extracción y debilita el ecosistema.
No existía una extracción abundante de arena puesto que las viviendas se construían con cañas, palmas y madera. Las vías eran abiertas.	La extracción se acelera debido a la construcción de viviendas, vías de acceso, escuelas, hospitales, etc.	La crisis económica, el desempleo, y el aumento de la construcción hacen que la explotación sea acelerada. No se evidencia recuperación temprana de las terrazas.



**Figura 6-3 Mapa hidrográfico del arroyo Cambimba. (Modificado Propia, Google Maps)**

En la [Figura 6.3](#) Se muestra un mapa por donde fluye el arroyo Cambimba. En él se puede identificar las zonas verdes correspondientes a zonas con alta riqueza de Fauna y Flora. Y las zonas de explotación de arena marcas con rectángulos.

En febrero de 2017, la Corporación Autónoma Regional de Sucre (CARSUCRE) en conjunto con las autoridades locales (policía y ejército nacional) del departamento de Sucre realizan un operativo de intervención debido a que los impactos ambientales en el arroyo Cambimba superaron los límites permisibles. Los mineros artesanales no contaban con licencias ambientales ni títulos mineros, por lo que no mostraban preocupación por el daño colateral a las fuentes de agua, flora y fauna del área.

Este tipo de procesos judiciales asegura una recuperación de los impactos ambientales. El principal impacto ambiental que se reporta es la afectación del anclaje de las especies arbóreas, como se muestra en la [Figura 6.4](#), en el que los árboles se encuentran volcados destruyendo hábitats de especies silvestres y realizando daños al suelo. El segundo impacto ambiental evidenciable es el cambio de la morfología de los arroyos causado por las excavaciones y el tráfico vehicular pesado, convirtiendo el arroyo en una vía. Además de esto, se encuentra el aumento de la contaminación al aire debido al uso de volquetas con motores a diésel, aumento de la cantidad de polvo en los alrededores y el incremento del ruido alejando a los animales de su zona de confort.



**Figura 6-4 Operación de extracción ilegal de arena en el arroyo Cambimba. Fuente: CARSUCRE**

Usando el procedimiento de evaluación de impactos ambientales descritos en el numeral 5.1 de esta tesis se evalúan los pasivos ambientales. La forma más efectiva de valorar los pasivos ambientales es identificar de los impactos ambientales y valorar con una escala cualitativa o cuantitativa. En esta ocasión se usan los criterios de la [Tabla 5.4](#). Una vez revisada la información podemos valorar los impactos ambientales asociados a la minería de arena en el arroyo Cambimba. La [Tabla 6.4](#) resume esta valoración y califica en severo, alto, medio, bajo o ninguno los pasivos ambientales.

En este ejercicio, se valoran ocho parámetros:

**Tabla 6-4 Valoración de pasivos ambientales en el arroyo Cambimba luego del cierre temporal de las zonas de explotación.**

1.	Impacto Ambiental por deforestación	Impacto Ambiental por contaminación del aire	Impacto Ambiental por cambios en la morfología de la zona
			
	Figura 6-5 Observación 1	Figura 6-6 Observación 2	Figura 6-7 Observación 3
2.	Posibilidades de recuperación	Posibilidades de recuperación	Posibilidades de recuperación
	Moderada	Alta	baja
3.	Criterios de valoración	Criterios de valoración	Criterios de valoración
	Si existe un programa de reforestación es posible una recuperación temprana, sin embargo como resulta de un pasivo ambiental huérfano la misma naturaleza debe recuperarse por lo que su recuperación es lenta.	Si se impide el acceso a la maquinaria y vehículos es posible reducir el material particulado del aire la emisión de gases contaminantes y ruido.	El daño asociado es severo. La compactación por el tránsito de los vehículos, las socavaciones y la poca lluvia no permiten una recuperación temprana. Se convierte en un pasivo ambiental huérfano, es decir que no hay quien se haga responsable de recuperarlo.
4.	Valoración de pasivo ambiental	Valoración de pasivo ambiental	Valoración de pasivo ambiental
	Medio	Bajo	Alto

A seguir, se deben estudiar las variables de los pasivos ambientales de la salud y socioeconómicas.

5. Puesto que no hay personas viviendo en las cercanías del lugar, la variable de PAM es *el daño de las vías por el constante tráfico de volquetas, incremento del ruido y el humo vehicular* en la zona de tránsito a la mina. Este tipo de daño suele ser visual ya que daña la morfología de las calles y carreteras afectando a las personas directamente. Esto lo convierte en un **pasivo ambiental de grado medio**, y es recuperable si existe intervención del estado o los entes municipales, sin embargo, su solución no es inmediata debido a que debe pasar por un proceso burocrático y se deben realizar estudios preliminares para ejecutar las obras.

6. Es poco probable que surjan problemas de salud en las personas que habitan en las zonas de tránsito puesto que no exceden los límites ambientales conocidos. **La calificación como PAM es ninguna**. Luego de haber cerrado la mina de arena se espera que se detenga el flujo vehicular y con ello se reduzca drásticamente la contaminación en el aire.

7. Los pasivos ambientales socioeconómicos son un poco más difíciles de estudiar debido a que generalmente no se combinan estudios de impactos ambientales con los impactos socioeconómicos. Sin embargo, al forzar el cierre de las áreas de explotación minera del Arroyo Cambimba la cantidad de personas que quedarían sin empleo superan las treinta (30) personas (ver [Figura 6.4](#)). Si no existe una acción rápida para ayudarlos o enseñarles técnicas adecuadas de explotación, estas volverán a infringir en la minería ilegal, causando daños al arroyo, dado que la extracción de material de arrastre es su forma de ganar su sustento. Convirtiéndose en un **posible caso de pasivo ambiental medio**.

8. El impacto ambiental en el agua no se evidencia, puesto que el arroyo no posee un caudal evidente. El arroyo Cambimba aumenta su caudal en temporadas de lluvia y es muy difícil cuantificar un cambio. Sin embargo, su velocidad flujo, la turbulencia y la presencia de contaminantes son variables que dependen del daño morfológico asociado y la deforestación del lugar. Esto implica un PAM del mismo grado que el PAM morfológico, es decir **el pasivo ambiental en el afluente de agua es alto**.

### 6.1.2 Análisis de resultados y reflexión de los PAM en el arroyo Cambimba.

Tabla 6-5 Escala de valoración de los pasivos ambientales en el arroyo Cambimba

Valoración de los pasivos ambientales del arroyo Cambimba					
Pasivo ambiental	Ninguno	Bajo	Medio	Alto	Severo
Deforestación					
Aire					
Agua					
Suelo					
Morfología					
social					
Salud humanos					
socioeconómico					

Los pasivos ambientales mineros en el arroyo Cambimba muestran lo negativo de la explotación ilegal o la explotación de material de arrastre no organizada. Una vez cerrada el área de explotación minera, se evidencian los pasivos ambientales algunos de ellos muy difíciles de recuperar como el daño morfológico (ver [Tabla 6.5](#))

Los resultados muestran una valoración de una zona en particular retirada a tres (3) kilómetros del pueblo más cercano. Sin embargo, a medida que la quebrada se adentra a la zona urbana comienzan a aparecer botaderos de basura que afectan gravemente el arroyo, contaminando las aguas, envenenando el suelo y reduciendo la estética y atractivo turístico del arroyo Cambimba ([Figura 6.8](#)).



Figura 6-8 Fuentes hídricas de Morroa y Corozal contaminadas con basura. (Periódico el espectador)

La información hidroclimática es otra variable a tener en cuenta. Morroa cuenta con un clima húmedo y seco, con alternancia del clima de bosques. La temperatura promedio en la zona es de 28°C y el precipitado anual esta entre 1000 y 1200 mm. Se distinguen dos periodos de lluvia; una temporada seca de diciembre a marzo y otra lluviosa de mayo a octubre, con un pequeño verano en junio y julio (Herrera Parra & Romero Ruiz, 2003)

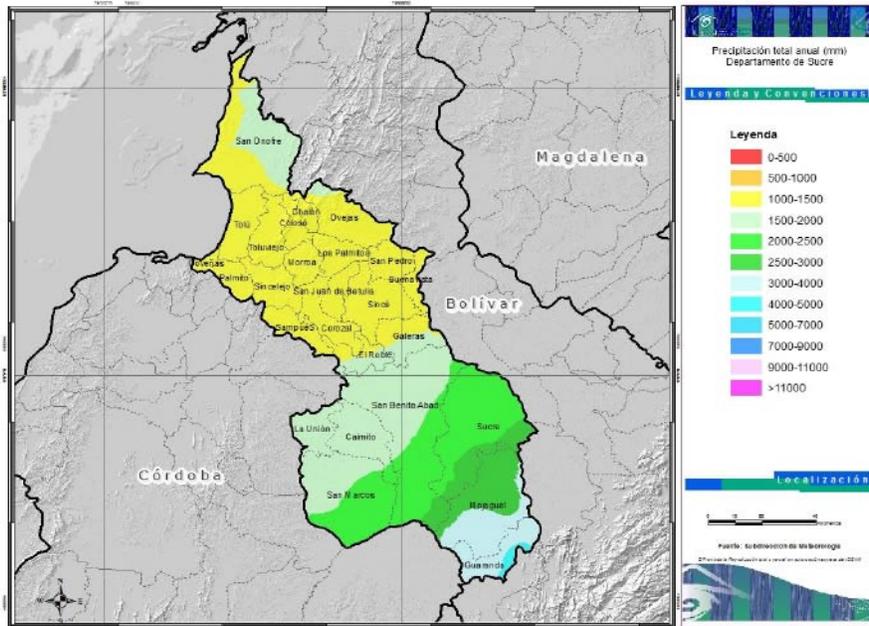


Figura 6-9 Mapa de precipitación anual en el departamento de Sucre. (Fuente: IDEAM)

### 6.1.3 Análisis de Vulnerabilidad del arroyo Cambimba.

El estudio de vulnerabilidad tiene en cuenta la valoración de los PAM en el arroyo Cambimba y realiza un análisis de riesgo exponiendo las amenazas al medio ambiente tales como inundaciones, sequias, impactos sobre la fauna y la flora. Existen tres categorías de valorización:

- **Vulnerable alta:** Las condiciones biofísicas son severas y los espacios geográficos son realmente vulnerables.
- **Vulnerabilidad Media:** Las condiciones biofísicas desfavorables para el medio ambiente.
- **Vulnerabilidad baja:** Es muy poco probable que el pasivo ambiental afecte gravemente el medio ambiente.

Durante el estudio de la minería en el arroyo Cambimba se encontró un nivel de vulnerabilidad alta. Esto debido a que la zona aún sigue bajo explotación artesanal y las zonas ricas

ambientalmente descritas en la [Figura 6.3](#) se reducen poco a poco. A esto se suman los impactos socio ambientales que ha dejado el conflicto armado en la región. Desde hace 15 años los habitantes de Cambimba, Pichilín, Arenal y sus alrededores se ven forzados a dejar la tierra y permitir que los grupos armados controlen las minas de material de arrastre, piedra, gravas y demás minerales de la región.

Las zonas inundables hacen parte de los estudios de PAM en el arroyo Cambimba. Las zonas aledañas al arroyo se encuentran en riesgo medio de inundación, debido a que la morfología del suelo se vio afectada. En periodos altos de lluvia, de diciembre a marzo, los ecosistemas cercanos sufren grandes daños debido a que las aguas no contenidas en el arroyo entran en zonas amplias en forma de inundación, haciendo que la fauna y la flora se vea afectada. Sin embargo las condiciones de inundación no duran mucho tiempo debido a la inclinación de la zona, la presencia de suelo altamente permeable y el clima seco.

De la [Tabla 6.5](#), Se analizaron ocho (8) variables y cada una tiene un valor asignado en el nivel de riesgo: Deforestación = 3, Aire = 1, Agua = 5, Suelo = 1, Morfología = 4, Social = 1, Salud humana = 1, y socio económico = 3.

Las probabilidades de ocurrencia son como siguen:

- Deforestación: 15% de ocurrencia, se espera que vuelva a ocurrir una vez cerrada el área de explotación minera.
- Aire: 0% de ocurrencia, no se espera que vuelva a ocurrir una vez cerrada el área de explotación minera.
- Agua: 25% de ocurrencia, se espera que las personas contaminen las aguas debido a su forma fácil de llegar.
- Suelo: 45% de ocurrencia, se espera que algunos mineros artesanales sigan explotando las terrazas de material de arrastre de forma ilegal.
- Morfología: 50% de ocurrencia, se espera que entren volquetas, maquinas agrarias y carretas con tracción animal que sigan cambiando la morfología del cauce del arroyo.

- Social: 10% de ocurrencia, se espera una baja afectación en las tradiciones y costumbres mineras.
- Salud: 10% de ocurrencia, las afectaciones por polvo, esmog y agua contaminada sean bajas por las pocas interferencias en el arroyo.
- Socioeconómico: 70% de ocurrencia, Se espera que la afectación socioeconómica de los mineros se agudice y vuelvan a explotar la mina de forma ilegal.

Una vez estimado el nivel de ocurrencia, se valora el nivel de riesgo, el cual nos dirá la magnitud de impacto.

$$Riesgo (R) = \frac{\sum(Probabilidad \times nivel \ de \ gravedad \ PAM)}{N}$$

$$Riesgo (R) = \frac{0.15 * 3 + 0 * 1 + 0.25 * 5 + 0.45 * 1 + 0.50 * 4 + 0.10 * 1 + 0.1 * 1 + 0.7 * 3}{8}$$

El nivel de riesgo es de 0.8062 en una escala de 0 a 5. Siendo el 5 el máximo nivel de riesgo donde las probabilidades de ocurrencia y los niveles son máximos.

$$\%R = \frac{(Riesgo (R) * 100)}{5} = \frac{0.8062 * 100}{5} = 16.12 \%$$

Luego el nivel de riesgo asociado por los PAM mineros es del **16.12%**.

Este nivel de riesgo significa que la probabilidad que vuelvan a ocurrir impactos ambientales es del 16.12%. También nos podría decir el grado de impacto que tienen los pasivos ambientales generados por las minas de arena en el arroyo Cambimba.

Las probabilidades básicas realizadas en el estudio de PAM de las minas de arena del arroyo Cambimba se muestran en la [Tabla 6.6](#) (segunda columna), y en las siguientes columnas se muestra la variación de la probabilidad de ocurrencia con el nivel de riesgo. En la parte baja de la tabla se registra el valor de riesgo.

**Tabla 6-6 Valoración del Riesgo (R) para diferentes escenarios variando el nivel de riesgo y la probabilidad de ocurrencia en la deforestación en el arroyo Cambimba.**

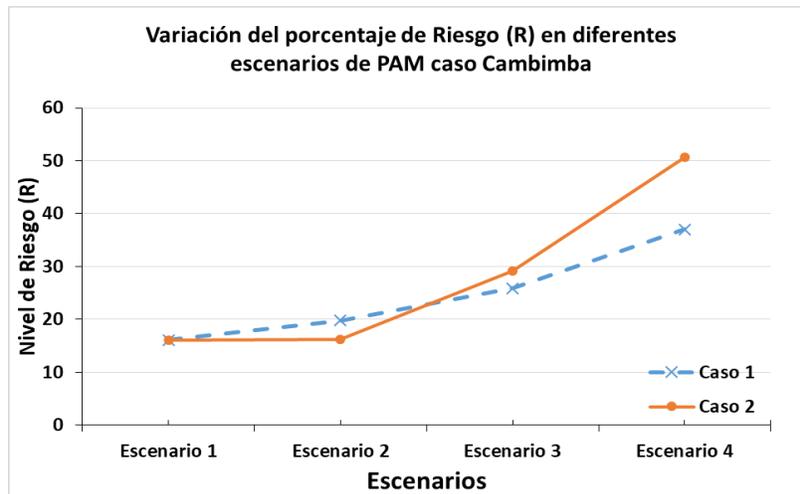
Pasivo ambiental	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3		Escenario 4	
	% probabilidad	Nivel de riesgo						
Deforestación	15	3	35	3	55	4	90	5
Aire	0	1	0	1	0	1	0	1
Agua	25	5	25	5	25	5	25	5
Suelo	45	1	45	3	65	4	95	5
Morfología	50	4	50	4	50	4	50	4
social	10	1	10	1	10	1	10	1
Salud humanos	10	1	10	1	10	1	10	1
Socioeconómico	70	3	70	3	70	3	70	3
Nivel de Riesgo (R)	16.12%		19.8%		25.875%		37%	

Como se muestra en la [Tabla 6.6](#), cuando el nivel de deforestación alcanza niveles críticos los niveles de riesgo son “medio bajo”, esto se explica debido a que los pasivos ambientales no afectan las condiciones de vida de las personas que habitan en la zona urbana. Como se puede ver solo los cambios en el suelo y la deforestación se tienen en cuenta. Pero es muy probable que la forma de vida de la fauna y flora sufra los mismos impactos que sufre la deforestación, siendo así la [Tabla 6.6](#) se transforma en la [Tabla 6.7](#). En este caso no se evalúa al 100% de probabilidad de ocurrencia.

**Tabla 6-7 Valoración del Riesgo (R) para diferentes escenarios variando el nivel de riesgo y la probabilidad de ocurrencia en la deforestación con cambios iguales en el agua, suelo y morfología.**

Pasivo ambiental	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3		Escenario 4	
	% probabilidad	Nivel de riesgo						
Deforestación	15	3	35	3	55	4	90	5
Aire	0	1	0	1	0	1	0	1
Agua	25	5	35	3	55	5	90	5
Suelo	45	1	35	3	55	4	90	5
Morfología	50	4	35	3	55	4	90	5
social	10	1	10	1	10	1	10	1
Salud humanos	10	1	10	1	10	1	10	1
Socioeconómico	70	3	70	3	70	3	70	3
Nivel de Riesgo (R)	16.12%		16.25%		29.12%		50.75%	

Los estudios realizados en la [Tabla 6.7](#) se consideran pesimistas. Un valor cercano al 50% de Riesgo (R) significa que las probabilidades de recuperar la zona explotada están en peligro de no poder ser renovada, y que necesitaría de un proceso intenso de restauración para volver la versión original del ecosistema. Este mismo tratamiento de datos se espera con las demás variables. En la [Figura 6.10](#) se muestra el comportamiento de dichos niveles de riesgo.



**Figura 6-10** Valoración de nivel de Riesgo (R) para diferentes escenarios de deforestación en el arroyo Cambimba

Como conclusión se considera pesimista y en alto riesgo el sistema biofísico si el nivel de riesgo es cercano al 50%. Como es evidenciable en la literatura, si el nivel de riesgo de una variable del pasivo ambiental es muy alta las probabilidades de recuperación del medio ambiente son muy bajas. Por otra parte, los niveles inferiores al 20% significan que el medio ambiente puede recuperarse con pocas acciones, o el medio ambiente puede recuperarse por sí mismo con el paso del tiempo. Porcentajes de riesgo superiores al 30% significan que el medio ambiente requiere intervención para poder recuperarse.

### 6.1.3.1 Estudio de Riesgo evaluando cambios en los PAM humanos y socioeconómicos.

El municipio de Morroa muestra una actividad laboral pobre. La minería es una de las actividades básicas de los campesinos y trabajan arduamente para ganar su sustento. Cerrar las minas de arena puede afectar seriamente la economía de este grupo de personas y afectar su modo

de vida. Por eso es esencial estudiar el comportamiento humano de estas variables en los pasivos ambientales. En la [Tabla 6.8](#) se muestra las probabilidades de ocurrencia y los criterios que se usan para determinar el nivel de riesgo.

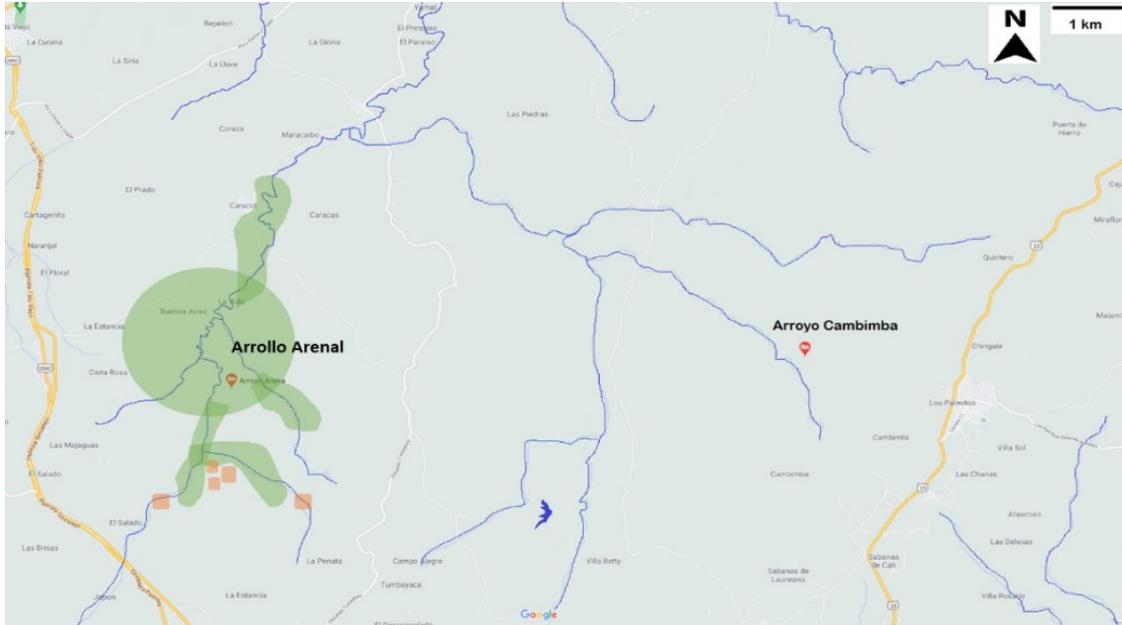
## **6.2 Caracterización del PAM por explotación minera de material de arrastre en Arroyo Arenal.**

Este estudio se realiza sobre las terrazas explotadas en el arroyo Arenal. Se sigue la misma metodología usada en el numeral 6.1.

### **6.2.1 Levantamiento de información y análisis de PAM en el Arroyo Arenal.**

Estos arroyos se componen por un sistema de corrientes superficiales temporales, es decir que solo tienen agua en las épocas lluviosas. Las arenas son de origen sedimentario del tipo continental y la forma de los granos es redondeada y presentan una regularidad similar a las arenas del arroyo Cambimba anteriormente estudiado.

A diferencia del arroyo Cambimba, el arroyo Arenal no ha presentado intervención y su explotación ha sido continuada a lo largo de los años. Sin embargo, dadas las cercanías a los caseríos la explotación intensiva no se presenta debido al control social que ejercen las personas. En la [Figura 6.11](#) se muestra la distribución geográfica del arroyo Arenal y la distribución de las terrazas de arena explotadas. Las terrazas más cercanas se encuentran entre 2.5 y 4 kilómetros de distancia del pueblo más cercano.



**Figura 6-11 Mapa hidrográfico del Arroyo Arenal. (Modificado Propia, Google Maps)**

La [Figura 6.12](#) muestra información concerniente del lugar. La fotografía fue tomada en el centro del arroyo. El análisis geomorfológico es como se muestra a continuación:

- La ubicación de las zonas arenosas no supera los 8 m de ancho. ([Figura 6.12](#))
- Las terrazas no tienen más de 1.5 m de altura.
- Las terrazas son del tipo aluvión inundable.



**Figura 6-12 Evaluación del ancho, alto y tipo de terraza de arena.**

Luego de conformada la información se valoran los impactos ambientales asociados a la mina de arena en el arroyo Arenal, es necesario resaltar que la mina sigue en funcionamiento y no se considera pasivo ambiental. En esta tesis se trabajará en caso que las condiciones de cierre se aceleren. La [Tabla 6.8](#) resume esta valoración y califica en severo, alto, medio, bajo o ninguno los pasivos ambientales. En este ejercicio, se valoran tres parámetros: Deforestación, Contaminación del aire, Morfología de la zona.

**Tabla 6-8 Valoración de pasivos ambientales en el Arroyo Arenal. Asumiendo cierre temporal.**

1.	Impacto Ambiental por deforestación	Impacto Ambiental por contaminación del aire	Impacto Ambiental por cambios en la morfología de la zona
	 <p data-bbox="302 1199 597 1230"><i>Figura 6-13 Observación 4</i></p>	 <p data-bbox="716 1199 995 1230"><i>Figura 6-14 Observación 5</i></p>	 <p data-bbox="1094 1199 1395 1230"><i>Figura 6-15 Observación 6</i></p>
2.	<b>Posibilidades de recuperación</b>	<b>Posibilidades de recuperación</b>	<b>Posibilidades de recuperación</b>
	Baja	Medio	Baja
3.	<b>Criterios de valoración</b>	<b>Criterios de valoración</b>	<b>Criterios de valoración</b>
	Los mineros deforestaron las zonas cercanas al arroyo para que se pueda entrar libremente. Los árboles madereables fueron talados y traficados ilegalmente.	Las camionetas, volquetas, tractores y animales tienen acceso sencillo. Se notan algunas plantas contaminadas por smog y humo de los vehículos.	El daño asociado es severo. La compactación por el tránsito de los vehículos, los huecos y la poca lluvia no permiten una recuperación temprana. Se convierte en un pasivo ambiental huérfano, es decir que no hay quien se haga responsable de recuperarlo.
4.	<b>Valoración de pasivo ambiental</b>	<b>Valoración de pasivo ambiental</b>	<b>Valoración de pasivo ambiental</b>
	Alto	Medio	Alto

5. El impacto ambiental en el agua no se evidencia, puesto que el arroyo no posee un caudal evidente. El arroyo Arenal aumenta su caudal en temporadas de lluvia y es muy difícil cuantificar un cambio. Sin embargo, su velocidad flujo, la turbulencia y la presencia de contaminantes son variables que dependen del daño morfológico asociado y la deforestación del lugar. Esto implica un PAM del mismo grado que el PAM morfológico, es decir **el pasivo ambiental en el afluente de agua es alto.**

6. PAM social. No hay personas viviendo en las cercanías, la variable de PAM es *el daño de las vías por el constante tráfico de volquetas, incremento del ruido y el humo vehicular* en la zona de tránsito a la mina. Este tipo de daño suele ser visual ya que daña la morfología de las calles y carreteras afectando a las personas directamente. Esto lo convierte en un **pasivo ambiental de grado medio.**

7. Es poco probable que surjan problemas de salud puesto que la contaminación no los límites ambientales conocidos. **La calificación como PAM es ninguna.** Luego de haber cerrado el área de explotación minera se espera que se detenga el flujo vehicular y con ello se reduzca drásticamente la contaminación en el aire.

8. Varias personas viven de este sustento y describen la actividad como su forma de vida, este es un caso de **posible pasivo ambiental de grado medio-alto.**

### 6.2.2 Análisis de resultados y reflexión de los PAM en el arroyo Arenal.

Tabla 6-9 Escala de valoración de los pasivos ambientales en el arroyo Arenal

Valoración de los pasivos ambientales del arroyo Arenal					
Pasivo ambiental	Ninguno	Bajo	Medio	Alto	Severo
Deforestación	■				
Aire	■				
Agua	■				
Suelo	■				
Morfología	■				

Valoración de los pasivos ambientales del arroyo Arenal					
Pasivo ambiental	Ninguno	Bajo	Medio	Alto	Severo
social					
Salud humanos					
socioeconómico					

En este caso de estudio tenemos 4 variables de PAM con valoración alta. Este grado también aumenta debido a las características del lugar. Puesto que está en las cercanías de una fuente natural activa, los impactos ambientales son más apreciables. En el caso de la deforestación, la tala se centra en las cercanías del arroyo Arenal pero su impacto es más apreciable por la tala de árboles de gran tamaño para obtener su madera. En la [Figura 6.15](#) se muestra un cargamento de madera extraída en esta región.



Figura 6-16 Cargamento de madera decomisado. La madera es de la especie campano, árbol maderable de la región de Morroa. (Fuente: CARSUCRE)

### 6.2.3 Análisis de Riesgo de los PAM de las áreas de extracción de material de arrastre del arroyo Arenal

El análisis de riesgo de los PAM de las áreas de explotación minera sobre el arroyo Arenal se muestra a continuación:

De la **Tabla 6.7**. Se analizaron ocho (8) variables y cada una tiene un valor asignado en el nivel de riesgo: Deforestación = 4, Aire = 1, Agua = 4, Suelo = 3, Morfología = 4, Social = 2, Salud humana = 1, y socio económico = 4.

Las probabilidades de ocurrencia son como siguen:

- Deforestación: 80% de ocurrencia, se espera que vuelva a ocurrir una vez cerrada el área de explotación minera.
- Aire: 15% de ocurrencia, no se espera que vuelva a ocurrir una vez cerrada el área de explotación minera.
- Agua: 55% de ocurrencia, se espera que las personas contaminen las aguas debido a su forma fácil de llegar.
- Suelo: 45% de ocurrencia, se espera que algunos mineros artesanales sigan explotando las terrazas de arena de forma ilegal.
- Morfología: 70% de ocurrencia, se espera que entren volquetas, maquinas agrarias y carretas con tracción animal que sigan cambiando la morfología del cauce del arroyo.
- Social: 25% de ocurrencia, se espera una baja afectación en las tradiciones y costumbres mineras.
- Salud: 10% de ocurrencia, las afectaciones por polvo, esmog y agua contaminada sean bajas por las pocas interferencias en el arroyo.
- Socioeconómico: 70% de ocurrencia, Se espera que la afectación socioeconómica de los mineros se agudice y vuelvan a explotar la el arroyo para la extracción de material de arrastre de forma ilegal.

Una vez estimado el nivel de ocurrencia, se valora el nivel de riesgo, el cual nos dirá la magnitud de impacto.

$$Riesgo (R) = \frac{\sum(Probabilidad \times nivel \ de \ gravedad \ PAM)}{N}$$

$$Riesgo (R) = \frac{0.8 * 4 + 0.15 * 1 + 0.55 * 4 + 0.45 * 4 + 0.70 * 3 + 0.25 * 2 + 0.1 * 1 + 0.7 * 4}{8}$$

El nivel de Riesgo (R) es de 1.6375 en una escala de 0 a 5. Siendo el 5 el máximo nivel de riesgo donde las probabilidades de ocurrencia y los niveles son máximos.

$$\%R = \frac{(Riesgo (R) * 100)}{5} = \frac{1.6375 * 100}{5} = 32.75 \%$$

Luego el nivel de riesgo asociado por los PAM mineros del arroyo Arenal es del **32.75%**.

En este caso el nivel de Riesgo (R) es de nivel bajo- alto. Esto quiere decir que se deben tomar medidas inmediatas para prevenir y preservar la flora y la fauna del sector. También es importante mencionar que este nivel se eleva debido a que el pasivo ambiental socioeconómico es mucho más elevado que el del arroyo Cambimba.

El municipio de Morroa muestra una actividad laboral pobre. La minería es una de las actividades básicas de los campesinos y trabajan arduamente para ganar su sustento. Cerrar las áreas de explotación de material de arrastre puede afectar seriamente la economía de este grupo de personas y afectar su modo de vida. Por eso es esencial estudiar el comportamiento humano de estas variables en los pasivos ambientales. En la [Tabla 5.6](#) se muestra las probabilidades de ocurrencia y los criterios que se usan para determinar el nivel de riesgo.

Según la [Tabla 6.7](#) el Nivel de riesgo es medio, se espera que al menos la mitad de las variables de PAM ocasionen daños visibles al medio ambiente o la sociedad. Se espera que la población sufra algún tipo de afectación o se enfrente a casos de vulnerabilidad por pérdida de su fuente de sustento.

## 7 CONCLUSIONES Y REMCOMENDACIONES

El municipio de Morroa muestra una actividad laboral pobre. La minería es una de las actividades básicas de los campesinos y trabajan arduamente para ganar su sustento. Cerrar las áreas de explotación minera de material de arrastre puede afectar seriamente la economía de este grupo de personas y afectar su modo de vida. Algunas conclusiones del análisis de PAM del arroyo Cambimba y Arenal se describe a continuación:

- La metodología de diagnóstico y el modelo de Riesgo (R) son versiones pesimistas de la realidad, sin embargo, se busca poder generar una versión que genere impacto y que los pasivos inicialmente huérfanos puedan ser atendidos por entidades gubernamentales.
- A partir del análisis de las situaciones sociales, ambientales y económicos, es posible identificar, espacializar y priorizar los principales problemas y conflictos disponibles en las áreas de explotación de material de arrastre en el municipio de Morroa, en especial la disponibilidad y calidad de los recursos renovables de la zona explotada. Esta investigación destaca la siguiente síntesis ambiental:
  - **Priorización del problema y conflicto:** El análisis de las variables PAM coloca como problema principal la explotación ilegal del material de arrastre, sin la supervisión y atención del problema. Esta problemática se asocia directamente al desempleo, al control de las zonas de explotación por grupos ilegales y la explotación extensiva sin control.
  - **Determinación de la zona crítica:** El área crítica la determina las zonas explotadas del arroyo Arenal. Esto debido a que en el Arroyo Cambimba tuvo una intervención previa y su explotación desbocada freno el grado de riesgo de los PAM. Hoy en día, los areneros del arroyo Arenal siguen un cauce de depredación y en poco tiempo agotaran las terrazas de arena dejando un pasivo ambiental con alto riesgo (R) al medio ambiente.

- **Determinación de índices, grados de riesgo y vulnerabilidad:** Las probabilidades de ocurrencia del modelo de riesgo (R) son cercanas al 16% y 33% para las áreas de plotación material de arrastre en los arroyos Cambimba y Arenal respectivamente. El nivel de riesgo es bajo-alto para el arroyo Arenal, mucho más alto que el arroyo Cambimba, y se espera que al cerrarse la zona de explotación por abandono el impacto ambiental sea alto. Nuestra investigación estima que el impacto socioeconómico toma gran importancia sobre las personas e incrementa la probabilidad de que estas sigan explotando las minas de arena de forma ilegal.
- **Contramedidas inmediatas,** son las que se deben destacar para cumplir con uno de los objetivos de esta tesis. La combinación de medidas ambientales y el control de los entes gubernamentales como CARSUCRE puede poner freno a la acelerada explotación del recurso, que cada vez se acercan más a las zonas de interés ambiental.

Las zonas estudiadas están sujetas a periodos largos de sequías, actualmente en el departamento atraviesa una temporada de sequía la cual favorece el acceso a las zonas de explotación de arena. El arroyo se convierte en una vía de transporte para vehículos, animales de pastoreo y personas. Esta característica de la zona debe ser tenida en cuenta y crearse un plan de atención con los siguientes lineamientos:

1. Guía política para la reducción de la vulnerabilidad ambiental y socioeconómica.
  - a. Generar una gestión adecuada y programada para el desarrollo de acción de prevención de un PAM de alto nivel de riesgo (R).
  - b. Programación interdisciplinar, la cual se intercambie datos, metodologías y procedimientos.
  - c. Desarrollo de un programa local o departamental de información y sensibilización de los diferentes grupos que harán frente al pasivo ambiental huérfano de las minas de arena circundantes.
  - d. Planificar y ejecutar actividades en las zonas de explotación y la población afectada por el cierre o abandono de las zonas de explotación.

2. Uso de la información para preparar proyectos de inversión, gestión departamental y desarrollo sostenible.
  - a. Acciones nacionales,
  - b. Acciones multinacionales/regionales,
  - c. Organizaciones locales,
  - d. Minería organizada.
3. Cooperación, vigilancia y evaluación de experiencias.
  - a. Comités de cooperación,
  - b. Talleres y capacitación de las personas,
  - c. Estimular y premiar el buen manejo de la actividad minera,
  - d. Programas de desarrollo sostenible y vinculación a la legalidad.

## 8 BIBLIOGRAFIA.

- Alcárcel, F.A. & Gómez, J., compiladores. Mapa Geológico de Colombia 2019. Escala 1:2 000 000. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá. 2019.
- Alier, J. M. Mining conflicts, environmental justice, and valuation. Revista Hazardous Materials N°86. 2001
- Arango, M.; Olaya, Y. “Problemática de los pasivos ambientales mineros en Colombia”, Revista Gestión y ambiente. 2012. [https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36286/43158#:~:text=Los%20pasivos%20ambientales%20mineros%20\(PAM,o%20bienes%20p%C3%ABlicos%20o%20privados%22](https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36286/43158#:~:text=Los%20pasivos%20ambientales%20mineros%20(PAM,o%20bienes%20p%C3%ABlicos%20o%20privados%22).
- Ashton P, Love D, Mahachi H, Dirks P. An overview of the impact of mining and mineral processing operations on water resources and water quality in the zambezi, limpopo and olifants catchments in southern Africa, MMSD, Sur Africa. 2001.
- Ayala Mosquera, Helcías José; Cabrera Leal, Mauricio; Cadena Galvis, Ana Judith; Castaño Uribe, Carlos; Contreras Rodríguez, Sandra Milena; Diaz Muegue, Luis Carlos; Espitia – Pérez, Lyda Marcela; Gil Vargas, Gonzalo Alfredo; Gómez - Fernández, Santiago; González Rubio, Héctor; Ipaz Cuastumal, Sandro Nolan; Larrahondo Cruz, Joan Manuel; Macías Gómez, Luis Fernando; Madriñán Valderrama, Luis Francisco; Mantilla Castro, Ludwing; Medina Moncayo, Yaniro Gabriel; Molina-Castaño, Carlos Federico; Montoya Nuñez, Carlos Eduardo; Pantoja Timarán, Freddy Hernán; Peña Ortiz, Javier Ignacio; Perez Sanchez, Ezequiel Lucas; Pinto Martínez, Elías; Quiroz Arcentales, Jorge Leonardo; Restrepo Baena, Oscar Jaime; Roa Fuentes, Camilo Andrés; Rodríguez Villamizar, Laura Andrea; Saldarriaga Isaza, Carlos Adrián; Salgado Bonnet, Jorge; Sarmiento Pinzón, Janeth Patricia; Torres Acuña, Julisa; Torres Rodríguez, Gerardo Andrés; Valencia Núñez, Amílcar José; Valladares Salinas, Riguey Ysabel; Vasquez Ochoa, Olga Yaneth; Velásquez Villegas, Jorge Alberto. Investigación científica y sociológica respecto a los impactos de la actividad minera en los ecosistemas del territorio colombiano. Sentencia T 445 de agosto de 2016. Diagnóstico de la información ambiental y social respecto a la Actividad minera y la extracción ilícita de minerales en el país.

<http://www.humboldt.org.co/images/documentos/2-diagnostico-actividad-minera-y-explotacion-ilicita-expertos.pdf>

- Ballesteros Rojas Kevin Orlando, apoyo a construcción de programas de desarrollo con enfoque territorial PDET en el municipio De Morroa, Sucre en el marco del programa manos a la paz del PNUD.2018. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15408/BallesterosRojasKevinOrlando2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barman, B.; Sharma, A.; Kumar, B. Multiscale characterization of migrating sand wave in mining induced alluvial channel. India. 2017
- Barman, B.; Kumar, B.; Sarma, A.K. Dynamic characterization of the migration of a mining pit in an alluvial channel. 2018.
- Barrett Dixon Bell Ltd. <https://www.pitandquarry.com/luck-stone-covering-new-ground-with-drone-tech/>. 2018.
- Cardoso Andrea. “Socio-environmental liabilities of coal mining in Colombia: a political ecology approach to the global coal chain”. Tesis. 2016
- CARSUCRE. Minería ilegal de arena en arroyo cambimba <https://carsucre.gov.co/mineria-ilegal-de-arena-en-arroyo-cambimba/>
- Congreso de la Republica de Colombia, “Proyecto de Ley 56 de 2017”, Bogotá. 2017,
- Collins BD, Dunne T. Fluvial geomorphology and river gravel mining: a guide for planners”, California. 1990
- Environmental Protection Agency EPA, Abandoned Mine Site Characterization and Cleanup Handbook”. 2000.
- Escuela superior de administracion publica, sistema de documentacion e informacion Municipal, Ubicación del municipio de Morroa, disponible el <http://cdim.esap.edu.co/Combosdependientes.asp?PnDepartamentos=70&Pnmuni=70473>
- Fernández, M.; Martínez, V.; Duque, A.; Cruz, J. Proceso de fundición en espuma perdida para la fabricación de autopartes, Revista Dyna. 2007.
- Figueroa Wong. Estimaciones de pasivos ambientales para acrecentar la contabilidad tridimensional y la sostenibilidad integral en las empresas mineras región Huánuco. 2017

- Filho, M. C.; Sampaio Pimentel. business sustainability index: an analysis of evidence of environmental liability. 2018.
- Frank Cook. Evaluation of the environmental effects of western surface coal mining, Volume I. New Jersey. 1979.
- Garriga i Pujadas. La creació d'un passiu ambiental a Catalunya. Història de la planta química de Flix al riu Ebre (1897-2013). 2015.
- Gómez, T.; Nivia, G.; Jiménez, M.; Montes, R., Sepulveda, O.; Osorio, N. Mapa geológico de Colombia escala 1:2.800.000. Bogotá. 2006.
- Güiza Leonardo La pequeña minería en Colombia: una actividad no tan pequeña. 2013. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n181/v80n181a12.pdf>.
- Herrera Parra, H.; Romero Ruiz, L. “Estudio hidrogeológico del acuífero Morroa”, CARSUCRE. 2003.
- López – Sánchez, L.M. “La prevención y mitigación de los riesgos de los pasivos ambientales mineros (PAM) en Colombia: una propuesta metodológica” 2017
- Maya, M. Zonas potenciales para materiales de construcción en los alrededores de Medellín, Colombia”, Planchas a escala, Ingeominas. 2003
- MINMINAS, Ministerio de Minas y Energías. 2013. Explotación de materiales de construcción. <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/169095/EXPLOTACION+DE+MATERIALES.pdf/fc129902-1523-4764-9a05-755e3bb7896>. 2013.
- Municipio de Morroa, 2002, Esquema de Ordenamiento Territorial
- Ley 685 de2001, Código de Minas.
- Ramírez Nidia. “Los pasivos ambientales en el Ecuador, un estudio al reconocimiento y medición de acuerdo a Normas Internacionales de Contabilidad”. Tesis. 2019.
- Rodríguez, A. “Lineamientos para una política nacional de pasivos ambientales”. Tesis. 2019
- Rinaldi, M.; Wyzga, B.; Surian N. Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspective. 2005 Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO), Consolidado Nacional Minero <https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/mineriaconsolidadonacional.aspx>

- SANDRP, Illegal Sang Mining 2017: Rivers Continue to Lose Mindless Mining Battle.. 2017.
- Thiele, R., Moreno, H., Elgueta, S., Lahsen, A., Rebolledo, S., Petit-Breuilh M. E. Evolución geológico-geomorfolico cuaternaria del tramo superior del valle del rio Laja 1998.
- Unidad de Planeación Minero Energética , 2002, metodología para la Valoración de pasivos ambientales en el sector energético. <http://cdim.esap.edu.co/Combosdependientes.asp?PnDepartamentos=70&Pnmuni=70473>
- Unidad de Planeación Minero-Energética UPME. Áreas mineras en estado de abandono - AMEAs <http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/AMEAs.aspx>
- Worrall A, Neil, D., Brereton D. & Mulligan, D. Towards a sustainability criteria and indicators framework for legacy mine. Revista Cleaner Production. 2009
- WMD2020, <https://www.world-mining-data.info/> .2021