

Evaluación del impacto ambiental generado por la extracción y procesamiento de piedra caliza en la trituradora San José en el municipio de Toluviéjo, departamento de Sucre, Colombia.

Ewis Fernando Romero Domínguez

Katy Miley Sevilla Huertas

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR
Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura
Programa de Ingeniería Industrial
Sincelejo
2017

Evaluación del impacto ambiental generado por la extracción y procesamiento de piedra caliza en la trituradora San José en el municipio de Toluviéjo, departamento de Sucre, Colombia.

Ewis Fernando Romero Domínguez

Katy Miley Sevilla Huertas

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniería Industrial

Directora

Luty Del Carmen Gomezcaeres Pérez

Magister

Codirector

Pedro Ramón Caraballo Gracia

Ph.D

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR
Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura
Programa de Ingeniería Industrial
Sincelejo
2017

Nota De Aceptación

4.2.

Firma del presidente del jurado

Angelina

Firma del jurado 1

Rolando Lopez

Firma del jurado 2

Sincelejo, Sucre, 18 de mayo de 2017

Agradecimientos

Quiero agradecer primordialmente al Creador, Dios, quien me dio la fortaleza y el respaldo para cumplir esta meta y culminar este trabajo.

A mis padres por su incansable amor, apoyo y sacrificios que hicieron posible el culminar este proceso de formación.

A mi amada Saskia por sus consejos y apoyo incondicional y a mis amigos de lucha Libardo y Harold por acompañarme cuando los necesité.

Agradecido estoy enormemente con el Dr. Pedro Caraballo Gracia por su orientación académica y profesional en este proceso y la profesora Luty Gomezcaeres Pérez por ser apoyo fundamental en la consecución muchos objetivos de esta investigación.

Ewis Fernando Romero Domínguez

Agradecimientos

A Dios, todo poderoso, el dueño de mi vida, gracias por brindarme la dicha de culminar esta meta, por guiarme e iluminarme cada día.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mi esposo Javier e hija Julietta por su paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío; gracias por estar siempre a mi lado.

A mis amigos que gracias a su apoyo y conocimientos hicieron de esta experiencia una de las más especiales.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Katy Miley Sevilla Huertas

Tabla de Contenido

Resumen.....	12
Abstract.....	13
Introducción	14
1. Descripción y Planteamiento Del Problema.....	15
2. Objetivos.....	17
2.1. Objetivo General.....	17
2.2. Objetivos Específicos	17
3. Antecedentes.....	18
4. Marco Referencial.....	21
4.1. Marco Teórico	21
4.1.1. Piedra Caliza	21
4.1.2. Efectos de la minería a cielo abierto.	25
4.1.3. Efectos de la caliza en agua	27
4.1.4. Efectos de la caliza en la diversidad	29
4.2. Marco Conceptual.....	30
4.2.1. Impacto Ambiental (IA).....	30
4.2.2. Inventario Ambiental	30
4.2.3. Evaluación de impacto ambiental (EIA).....	30
4.2.4. Metodologías de evaluación de impacto ambiental	31
4.2.5. Métodos de minería.....	35
4.2.6. Acciones del Proceso de Minería A Cielo Abierto.	36
4.2.7. Factores Susceptibles de Impacto Ambiental.	37

4.3.	Marco Legal.....	38
4.3.1.	Constitución Política de Colombia (1991).....	38
4.3.2.	Leyes	40
4.3.3.	Decretos.....	43
4.3.4.	Resoluciones	47
5.	Metodología.....	51
6.	Caracterización Del Área De Influencia De La Trituradora San José En El Municipio De Toluviejo, Sucre.....	54
6.1.	Ubicación de la Trituradora.....	54
6.2.	Características Ambientales.	54
6.2.1.	Componente Geológico.....	54
6.2.2.	Componente Hidrosférico.	55
6.2.3.	Flora.	57
6.2.4.	Fauna.	57
6.3.	Procesos y Recursos De La Actividad Minera.	57
6.3.1.	Tecnología Empleada.....	59
6.3.2.	Recurso Humano.....	59
6.3.3.	Maquinaria Y Equipos.	60
6.3.4.	Almacenamiento.	61
6.3.5.	Combustible.	61
6.3.6.	Productos Químicos.	61
7.	Evaluación De Impacto Ambiental.....	62
7.1.	Área De Influencia De La Actividad Minera	62
7.2.	Verificación de Riqueza Biológica.....	64

7.3.	Análisis de Muestras de Agua.	65
7.4.	Identificación De Impactos Ambientales.	67
7.5.	Valoración De Los Impactos.	69
7.6.	Descripción de los efectos ambientales.	70
8.	Conclusiones.	72
9.	Recomendaciones.	74
9.1.	Medidas de mitigación.	74
9.2.	Identificación de los sitios y actividades críticas.	74
9.3.	Plan de Contingencia.	76
10.	Referencias Bibliográficas	77
11.	Anexos.	87

Lista De Figuras

Figura 1. Matriz de Acciones y Factores Susceptibles	33
Figura 2. Fotografía Jagüey en la trituradora San José.....	55
Figura 3. Fotografía Jagüey aprovechando las condiciones de relieve.....	56
Figura 4. Foto Arroyo La Piche.....	56
Figura 5. Flujo de Procesos y actividades.....	58
Figura 6. Flujo de Operaciones.....	58
Figura 7. Organigrama de la Trituradora San José.....	60
Figura 8. Área de la trituradora San José.....	62
Figura 9. Vista satelital del área de la trituradora San José.....	63
Figura 10. Vista satelital del área de la trituradora San José.....	63
Figura 11. Diagrama de Cajas para la variable Conductividad.....	93
Figura 12. Diagrama de Cajas para la variable pH.....	94
Figura 13. Diagrama de Cajas para la variable Turbidez.....	95
Figura 14. Diagrama de Cajas para la variable Dureza Total.....	97
Figura 15. Ubicacion del Área de explotación minera.....	98
Figura 16. Imagen Satelital de los sitios de muestreo.....	99
Figura 17. Cuerpo de agua Finca La Esperanza.....	100
Figura 18. Cuerpo de agua Finca Las Gaviotas.....	101
Figura 19. Material particulado liberado durante el procesamiento de la piedra Caliza.....	102
Figura 20. Material particulado liberado al aire.....	103
Figura 21. Vegetación cubierta por el polvo de Caliza.....	104
Figura 22. Material particulado de caliza y uso de maquinaria pesada.....	105
Figura 23. Destrucción del relieve y descapotado de la cubierta vegetal.....	106
Figura 24. Trabajo en molino de mandíbula sin protección de seguridad alguna.....	107

Lista De Tablas

Tabla 1. Propiedades Físicas y Químicas de la piedra caliza.	22
Tabla 2. Variación de granulometría de piedra caliza según su uso	24
Tabla 3. Calificación de la Magnitud en metodología matricial.....	32
Tabla 4. Calificación de la Importancia en metodología matricial	32
Tabla 5. Leyes Ambientales.....	40
Tabla 6. Decretos Ambientales	43
Tabla 7. Resoluciones Ambientales	47
Tabla 8. Maquinaria y equipos.....	60
Tabla 9. Cuadro comparativo de especies en 2001 vs 2016	64
Tabla 10. Matriz de identificación de impacto ambiental.....	68
Tabla 11. Matriz de valoración de impactos	69
Tabla 12. Medidas de mitigación de impacto	75
Tabla 13. Especies arbóreas en el área.....	87
Tabla 14. Aves encontradas en el área	88
Tabla 15. Mediciones de realizadas con equipo multiparámetros YSI ProDSS.....	89
Tabla 16. Resultados de Ensayos de Laboratorio para Dureza Total	91
Tabla 17. Comparación de Estadísticos	92
Tabla 18. Resultados Prueba Kruskal – Wallis.....	92
Tabla 19. Comparación de Medias por sitio para Conductividad.....	93
Tabla 20. Comparación de Medias por sitio para pH.	94
Tabla 21. Comparación de Medias por sitio para Turbidez.....	95
Tabla 22. Estadísticos de Dureza total.....	96
Tabla 23. Comparación de Medias por sitio para Dureza Total	96

Lista De Anexos

11.1. Anexo 1. Formato de Inventario de especies	87
11.2. Anexo 2. Mediciones en muestras de Agua	89
11.3. Anexo 3. Análisis Estadístico de las muestras de agua.	92
11.4. Anexo 4. Plancha 44 II C del IGAC	98
11.5. Anexo 5. Sitios de muestreo agua.....	99
11.6. Anexo 6. Evidencias de los efectos de las acciones de minería.....	102

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el impacto ambiental generado por la exploración y el procesamiento de la piedra caliza en la trituradora San José, en el municipio de Toluviéjo, Sucre, Colombia. La metodología de este estudio tiene enfoque cualitativo con temporalidad transversal, la investigación es de tipo cuantitativa descriptiva. La población escogida son las empresas de explotación minera y la muestra seleccionada fue el sitio donde se encuentra la Trituradora San José en el municipio de Toluviéjo. El tipo de muestreo fue aleatorio simple. Se desarrolló en tres fases: inicialmente una caracterización del área de estudio, posteriormente evaluación del impacto en fauna, flora y ecosistemas acuáticos y finalmente una propuesta para la mitigación de impactos generados. La valoración de impactos y los resultados mostraron que el mayor impacto se produjo durante las actividades de descapote (-1,5), voladura (-2), perforación (-1,875) y procesamiento (-1,5) y tuvo impacto directo sobre el suelo, el agua, la fauna y los humanos.

Palabras clave: evaluación de impacto ambiental, piedra caliza, minería.

Abstract

The main purpose for this paper was assess the environmental impact generated by exploration and processing procedures on limestone from San José stone quarry, located in Toluviejo, Sucre, Colombia. The applied methodology has a qualitative focus with cross temporality, merged in a quantitative and descriptive research. The target population were mining industry companies, and the sample selected was from San Jose stone crusher emplacement, in Toluviejo. A simple random sampling was used. It is worth clarifying that sampling procedure only included flora, fauna and aquatic ecosystems factors. The research was developed in three phases: first the study area was characterized; then the assessment of impacts in fauna, flora and aquatic ecosystems; finally, an environmental mitigation program was proposed. The impact valuation and the results showed that most of the environmental affectation occurred in the stripping (-1,5), blasting (-2), perforating (-1,875), and (-1,5) for processing activities and it had and direct effect in soil, water, fauna and humans.

Keywords: assesment, environmental impact, limestone, minning, quarry.

Introducción

Los daños al ambiente son cada día más frecuentes, los ecosistemas se ven afectados comúnmente por dos tipos de alteraciones: bien sea de origen natural tales como erupciones de volcanes, terremotos, fenómenos climáticos, entre otros, y de origen antropogénico, actividades desarrolladas por el hombre, generando impactos negativos en las diferentes matrices ambientales (agua, suelo y aire), respectivamente. (Alderson, 1967; Babich & Stotzky, 1972; Daugherty, 1972; Hinds, 1999; Joun, 1971).

En Colombia, existe una geología muy variada con múltiples ofertas minerales para el desarrollo de la minería, de gran escala tales como el carbón y el níquel, y de menor escala como el oro, el platino, las esmeraldas, la caliza, la sal, la roca fosfórica, las arcillas, las arenas silíceas, los minerales de cobre y manganeso, la magnesita, la barita, el yeso y varios tipos de rocas ornamentales (Ministerio de Minas, 2009). Cabe anotar que, la extracción de los recursos naturales se realiza mediante la minería subterránea, submarina o de dragado, de pozos de perforación y de superficie o a cielo abierto, respectivamente.

Las explotaciones de minas y canteras representaron en 2015 el 6,87% del PIB de Colombia (Ministerio de Minas y Energía, 2015), la producción de piedra caliza tuvo un aumento del 6,1% de 2014 a 2015 (SIMCO, 2016). La actividad minera en el departamento de Sucre representaba en 2011 el 0.76% del valor agregado de la extracción de minerales no metálicos, entre ellos, la piedra caliza (RED ADELCO, 2013), material considerado el pilar principal de la economía del municipio de Tolviejo (Municipio de Tolviejo, 2012).

Esta investigación fue orientada a determinar los impactos de la minería de piedra caliza sobre los ecosistemas acuáticos, fauna y flora en la Trituradora San José del municipio de Tolviejo, Sucre.

1. Descripción y Planteamiento Del Problema

La actividad minera en el departamento de Sucre, basada en la extracción de piedra caliza, arcillas y otros materiales básicos para la construcción, se desarrolla principalmente en el municipio de Tolúviejo, donde actualmente se encuentran alrededor de 32 empresas dedicadas a esta actividad, por lo que se considera la mayor fuente de ingresos en el municipio (Municipio de Tolúviejo, 2012). Aunque en este sector existen algunas empresas grandes, en su mayoría son pequeños mineros y asociaciones informales que extraen la piedra caliza de manera artesanal y con técnicas muy rudimentarias, de alto riesgo, que afectan la salud humana y causan el deterioro ambiental.

La empresa Trituradora San José ubicada en el km 4 vía Tolúviejo – San Onofre, dedicada a la explotación y trituración de la piedra caliza, realiza esta actividad de forma mixta, mediante detonación artesanal (uso de pólvora) o perforación tecnificada (compresor ayudado de martillo); además utilizan molinos de mandíbula para la reducción de la piedra, liberando grandes cantidades de material particulado al ambiente y fuertes movimientos vibratorios, que causan el desprendimiento de la roca madre. En consecuencia, los residuos generados en forma de material particulado en estos procesos terminan asentados en toda la zona, lo que se aprecia en el suelo, cuerpos de agua, flora e incluso viviendas totalmente cubiertos del residuo liberado al ambiente.

En ese sentido, tanto la exploración y explotación de la piedra caliza como que la minería a cielo abierto de otros recursos naturales, “afectan de manera ostensible a multitud de ecosistemas, modificando con ello la evolución natural del planeta.” (Conesa Fernández-Vítora, 1993)

Los habitantes aledaños manifiestan que el material particulado afecta su salud debido a que se han presentado casos de afecciones pulmonares en la población infantil (Miranda & Ortíz, 2013), a ello se suman los accidentes laborales debido al riesgo al que están expuestos los trabajadores de la piedra caliza al manipular maquinaria pesada, la manipulación de la pólvora y escalar riscos sin las medidas de protección adecuadas.

Otra afectación que manifiestan los habitantes es que la fauna nativa ha sido ahuyentada, según ellos, debido a los altos ruidos generados por la maquinaria utilizada en las actividades de explotación y trituración, además de la afectación de la calidad de los cuerpos de agua también se refleja la desaparición de afluentes de agua que se conectaban con el arroyo Pechelín (El Meridiano, 2015).

Actualmente se desconocen los niveles de afectación generados por la extracción de caliza sobre los ecosistemas acuáticos, fauna y flora en el municipio de Tolu Viejo. La evaluación del impacto ambiental generado por las actividades de exploración y explotación, permitió determinar los niveles de afectación presentados sobre los ecosistemas acuáticos, fauna y flora, además, las acciones propuestas, son un aporte a los procesos de planificación municipal, que contribuyen a generar acciones que mitiguen el impacto negativo generado.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Evaluar el impacto ambiental generado por las actividades de transformación de piedra caliza sobre los ecosistemas acuáticos, fauna y flora en la Trituradora San José del municipio de Tolviejo Sucre.

2.2. Objetivos Específicos

1. Caracterizar el área de influencia de la Trituradora San José en el municipio de Tolviejo, Sucre.
2. Identificar los cambios generados por la extracción y procesamiento de la piedra caliza sobre los ecosistemas acuáticos, fauna y flora en la zona de influencia de la Trituradora San José, municipio de Tolviejo, Sucre.
3. Describir las actividades tendientes a mitigar los impactos generados por la extracción y transformación de la piedra caliza.

3. Antecedentes

Según los estudios de geología, el origen de la minería trasciende a la edad de piedra, cuando los homínidos empezaron a percatarse que muchos de los materiales utilizados y necesarios para la caza no estaban siempre cerca de su hábitat, la explotación de sílex era común para fabricar armar para la caza (Armengot, Espí, & Vázquez, 2006).

La minería ha tenido trascendencia en el desarrollo de la civilización, la explotación de materiales férreos, calcáreos entre otros, ha sido utilizados crucial para el desarrollo de las épocas importantes en el desarrollo de la industria (Armengot et al., 2006; Ministerio de Minas, 2009).

Con el desarrollo de la ciencia y la tecnología en la actualidad, se han desarrollado métodos mineros más eficientes respecto al aprovechamiento del recurso, lo que ha tenido efecto no solo en la industria sino también en el desarrollo de la economía mundial. A pesar de que muchas teorías de crecimiento y desarrollo económico muestran una perspectiva negativa de la minería, la evidencia empírica muestra que varios países han podido superar los riesgos que representa la minería para el crecimiento económico. Entre los países más avanzados cabe resaltar a Canadá, debido a las altas tasas de crecimiento económico provenientes de las actividades mineras. Latinoamérica no es ajeno a este fenómeno, siendo objeto principal de inversión por parte de grandes empresas mineras alrededor del mundo, se puede resaltar el caso de Chile, donde la minería abarca un 47% de las exportaciones. Otro caso rescatable es el de Perú, donde la minería representa el 50% de las exportaciones (FEDESARROLLO, 2008).

Cabe resaltar que el éxito de los casos de Canadá, Chile, Brasil, Perú, está fuertemente respaldado por las políticas macroeconómicas de los gobiernos para fluctuar las posibles variaciones de los precios de materiales básicos en el mercado internacional, la intervención y la vigilancia constante de los gobiernos sobre la minería legal, la formación del capital humano, elevando la productividad y la capacidad tecnológica de las actividades de minería. Para el caso de Colombia, no se cuenta con los factores de éxito de los casos anteriores, existe gran fragilidad

por parte de las entidades gubernamentales, causando una percepción internacional sobre importantes niveles de corrupción, sin embargo, la minería ha tenido un impacto económico significativo en los últimos años (FEDESARROLLO, 2008).

La minería a cielo abierto es abundante en el mundo debido a los materiales que se extraen de esa forma tales como el carbón, níquel, oro, caliza, entre otros. Debido a ello se produce aumento gases, material particulado en suspensión, ruidos y vibraciones de la maquinaria y explosiones pueden afectar la fauna, flora y a los habitantes próximos a estas minas, en forma de enfermedades respiratorias o del sistema nervioso. Los efectos causados al ambiente no son del todo reversibles ni si quiera si se reivindican las especies originales de la zona, por lo cual hoy día se busca medirlos y plantear más bien medidas mitigadoras o compensatorias (Fernández Muerza, 2007).

En la literatura, se pueden encontrar trabajos realizados para la medición de los impactos ambientales producidos por la minería a cielo abierto, más específicamente para la explotación de la piedra caliza, algunos son:

Hernández, Ulloa, & Rosario (2011) determinaron el impacto ambiental que produce la explotación del yacimiento de calizas El Cacao en Cuba, Se identificaron los impactos ambientales producidos durante las acciones de desbroce, destape y extracción, perforación y voladura, excavaciones, transportación, procesamiento de la materia prima y su almacenamiento; así como el efecto de acciones sobre los componentes del medio (suelo, aire, agua, flora, fauna, paisaje, infraestructura y economía). Los impactos más considerables ocurren durante el desbroce y destape, y que los componentes ambientales más afectados son el suelo, el aire, el agua y la economía.

Hernández, Ullola, Almaguer, & Rosario, (2014) evaluó el impacto ambiental, mediante metodologías de diversos autores, que produce la explotación del yacimiento de calizas La Inagua, Guantánamo, Cuba y elaboró el plan de medidas correctoras para minimizar los efectos negativos

y compatibilizar la actividad minera con la protección del ambiente. El estudio concluyó que los impactos más significativos ocurrieron durante el desbroce y destape, y que los componentes ambientales más afectados son el suelo, el aire, el agua y la economía.

Por su parte Bonilla & Cubillos (2014) realizaron la evaluación ambiental para la mina de caliza "Minerales Santa Rosa" en el departamento del Tolima, Colombia, la metodología utilizada fue la de Evaluación de Impacto Ambiental planteada por Conesa Fernández-Vítora (1993), se encontró que la mayor afectación se presentó en el medio abiótico. La mayoría de los impactos negativos tiene importancia moderada (51%) en la zona sin actividad; igualmente en el escenario con actividad extractiva incide la importancia moderada con el 43%. En cuanto a los impactos positivos en el primer escenario sólo se identificó en total 9 relacionados con el medio socioeconómico y cultural y en el segundo escenario se identificó 26 impactos positivos, la mayoría se relaciona con el medio abiótico en la etapa de desmantelamiento y abandono.

Adicionalmente, se puede apreciar en el trabajo de Pérez & Sabogal (2016) que mediante la evaluación de impactos, sobre el humedal laguna de la Herrera en el altiplano Cundiboyacense, Colombia, se estableció que dentro de los aspectos significativos el 20% corresponde al componente suelo, el 16% al medio biótico, el 12% corresponde al componente atmosférico, el 8% al componente hídrico y 4% al medio perceptual. Dentro de las medidas correctivas recomendadas está la restauración paisajística y construcción de barreras vivas y respecto a la minería ilegal que mayor control de las autoridades ambientales pertinentes, debido a las actividades de minería ilegal presentes en la zona.

En el trabajo de Jiménez & Estupiñán (2012) se puede apreciar la riqueza de especies arbóreas utilizadas por las comunidades campesinas que habitan la región continental del Caribe colombiano. Se encontraron 363 especies con registro de uso, agrupadas en 251 géneros y 66 familias.

4. Marco Referencial

4.1. Marco Teórico

4.1.1. Piedra Caliza.

La piedra caliza es una roca sedimentaria compuesta principalmente de carbonato de calcio (CaCO_3) y constituye aproximadamente el 10% de todas las rocas sedimentarias (Lutgens, 2006). Esta contiene al menos 50% carbonato de calcio y un pequeño porcentaje de otros materiales, tales como pequeñas partículas de cuarzo, feldespato, minerales de arcilla, pirita, siderita, nódulos de chert y otros minerales. El contenido de carbonato de calcio de la caliza le da una propiedad que se utiliza a menudo en la identificación de la roca, ésta manifiesta efervescencia en contacto con una solución fría de ácido clorhídrico al 5% (King, 2005).

La piedra caliza puede formarse inorgánicamente o por procesos bioquímicos, existen muchos tipos debido a la variedad de las condiciones bajo las cuales se produce (Lutgens, 2006). King (2005) en su portal Geology.com clasifica los diferentes tipos de piedra caliza según cómo está formada la roca o su composición, su aspecto y otros factores. Aquí están algunos de los más comúnmente utilizados:

Tiza: Una piedra caliza suave con una textura muy fina que suele ser gris claro o blanco en color. Está formado principalmente de los restos calcáreos de conchas de organismos marinos microscópicos tales como foraminíferos o los restos calcáreos de numerosos tipos de algas marinas.

Coquina: Una caliza poco cementada que se compone principalmente de residuos de cáscara rota. Se forma a menudo en las playas donde el oleaje segrega fragmentos de cáscara de tamaño similar.

Caliza fosilífera: Una caliza que contiene evidentes y abundantes fósiles. Estos son normalmente conchas y fósiles esqueléticos de los organismos que producen la piedra caliza.

Caliza litográfica: Una caliza densa con una muy fina y tamaño de grano muy uniforme que se presenta en finas camas que se separan fácilmente para formar una superficie muy lisa. En el siglo XVIII tardío se desarrolló un proceso de impresión (litografía) para reproducir imágenes de dibujo sobre la piedra con tinta base de aceite y luego usando esa piedra para múltiples copias de la imagen.

Caliza oolítica: Una piedra caliza compuesta principalmente de carbonato de calcio "oolitos", pequeñas esferas formadas por la precipitación concéntrica de carbonato de calcio en una arena de grano o cáscara del fragmento.

Travertino: Una piedra caliza que se forma por precipitación por evaporación, a menudo en una cueva, para producir formaciones como estalactitas, estalagmitas y calcárea.

Toba: Una caliza producida por la precipitación de aguas cargadas de calcio en un resorte caliente, en orillas del lago o en otro lugar.

Físicamente, las piedras calizas son impermeables, duras, compactas, y tienen fineza de grano en rocas calcáreas de naturaleza sedimentaria. Químicamente, son rocas calcáreas compuestas principalmente de minerales cálcicos y cantidades menores de alúmina, óxidos férricos y alcalinos. La Tabla 1 muestra en detalle las propiedades físicas y químicas de la piedra caliza.

Tabla 1

Propiedades Físicas y Químicas de la piedra caliza

Propiedades Físicas		Propiedades Químicas	
Dureza	3 a 4 en la escala de Mohs	Cal (CaO)	38-42%
Densidad	2.5 a 2.7 Kg/cm ³	Sílice (SiO ₂)	15-18%
Resistencia a la compresión	60-170 N/mm ²	Alúmina (Al ₂ O ₃)	3-5%
Absorción de agua	Menos del 1%	MgO	0,5 al 3%
Porosidad	Muy baja	FeO + Fe ₂ O ₃	1-1.5%
Impacto del clima	Resistente	Álcalis	1-1.5%
		Pérdida por calcinación (LOI)	30-32%

Fuente: <http://www.mineralszone.com/stones/limestone.html>

La piedra caliza es una roca con una enorme diversidad de usos. Podría ser la roca que se utiliza en más formas (King, 2005). Es utilizada en diferentes áreas, entre las que se encuentran: la construcción, donde se utiliza como agregado pétreo en asfaltos y en la fabricación de concretos y estucos; en metalurgia es utilizada en forma de roca o como cal, como fundente y purificador de vidrio y acero, también como regulador de pH en procesos hidrometalúrgicos de oro, plata, uranio y cobre; en procesos químicos es utilizado en fabricación como de ceniza de soda, carburo de calcio y agente blanqueador; en manufactura es usada en la elaboración de papel, plásticos y pinturas, al igual que la industria azucarera la usa para la refinación del azúcar. En agricultura la cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) se usa para elevar el pH de los suelos ácidos y reducir la concentración de aluminio (Al) en la solución del suelo, el agregado de cal también es una fuente valiosa de Ca (y posiblemente Mg) para la nutrición de las plantas (Guerra & Acevedo, 2005; Hernández, 2001; International Plant Nutrition Institute, 2008).

La extracción de la piedra caliza se realiza mediante la práctica de minería a cielo abierto (Gómora, 1994), la cual se caracteriza por los grandes volúmenes de materiales que se deben mover. La disposición del yacimiento y el recubrimiento e intercalaciones de material estéril determinan la relación estéril/mineral con que se debe extraer este último. Este parámetro, comúnmente denominado "ratio", puede ser muy variable de unos depósitos a otros, pero en todos condiciona la viabilidad económica de las explotaciones y, consecuentemente, la profundidad que es posible alcanzar por minería de superficie (Herrera & Pla, 2006). Puede ser de forma artesanal (Delgado, 2011; Mena, 2012) y mediante el uso controlado de explosivos (Tetreault, 2012). La granulometría de la piedra caliza varía según su uso en la industria (Pérez, 1989), tal y como se aprecia en la Tabla 1:

Tabla 2

Variación de granulometría de piedra caliza según su uso

Uso	Granulometría	Parámetros de evaluación
Cemento	< 1.58 cm	Pureza química
Industria química y del vidrio	0.2 - 5 cm	Pureza química Materia orgánica Resistencia a la abrasión
Agricultura	< 4 mm	Pureza química Materia orgánica
Metalurgia del cobre y siderurgia	< 3 mm	Pureza química
Relleno en industria del plástico, goma, pintura, papel y otros	< 0.2 mm	Pureza química Blancura Absorción de aceites Acidez Resistencia a la compresión
Relleno para asfaltos	< 0.2 mm	Calizas pulverizadas
Esmaltados, fungicidas e Insecticidas	< 0.2 mm	Pureza química Blancura Materia orgánica
Desulfurización de gases	< 0.1 mm	Pureza química Área de superficie Micro porosidad
Estructura de piedra	> 30 cm	Resistencia a la compresión y al impacto Porosidad
Agregado de carreteras, caminos, terrazas y estucos	1 – 20 cm	Resistencia a la compresión y al impacto Porosidad Forma
Lecho filtrante	3 – 8 cm	Resistencia a la compresión Pureza química Resistencia a la abrasión

Fuente: Diagnóstico de la minería no metálica en Chile (Pérez, 1989).

4.1.2. Efectos de la minería a cielo abierto.

Los procesos de minería cambian drásticamente la naturaleza física y biológica de la zona minada, causan inconvenientes en la comunidad, problemas de salud y seguridad (Corbett, et al., 1996; Hilson & Murck, 2000; Lin et al., 2005; Milgrom, 2008; Sánchez, 1998; Sullivan et al., 2005; Vartzburger, 2004; Willis & Garrod, 1999). La explotación minera causa impactos tanto positivos como negativos de tipo ambientales, sociales y económicos en la naturaleza (Worrall et al, 2010).

Durante los últimos años, el material particulado atmosférico (mpa) ha suscitado un gran interés debido a su impacto en la salud humana (Dockery et al., 1993), ecosistemas y cambio climático (Houghton et al., 2001; Ivaskova et al, 2015). Según la Sociedad Meteorológica Americana, se define partícula atmosférica como cualquier componente de la atmósfera constituido de materia sólida o líquida (Glickman & Zenk, 2000). También se emplean otros términos tales como polvo atmosférico y aerosol.

Las explotaciones mineras a cielo abierto se caracterizan por una importante contribución en el aire de partículas de diferente tamaño y composición derivadas de las actividades extractivas, transporte y tratamiento del mineral (Ahmady-Birgani et al, 2015). La explotación minera a cielo abierto es una de las mayores fuentes de liberación de mpa, éste se considera de origen antropogénico, debido a que el hombre interviene en su generación. Las industrias de extracción y polvo, a diferencia de muchas otras fuentes de contaminación antropogénicas, son una fuente de partículas gruesas y partículas finas (Hinds, 1999). Se trata de partículas primarias, ya que son emitidas como sólidos a la atmósfera. Sin embargo, también hay que destacar que dentro de los complejos mineros se localizan plantas de concentración del elemento de interés o fundiciones, los cuales además generan emisiones canalizadas de gases y partículas de tamaño de grano fino. Durante el tratamiento del mineral a alta temperatura, y en especial los sulfuros, se produce SO_2 y partículas secundarias con altas concentraciones en metales (De La Rosa, 2008).

Durante las operaciones de voladura, extracción, movimiento y tratamiento de mineral se produce una importante contribución de material particulado atmosférico en la zona próxima a la mina. El mpa procedente de la suspensión de partículas finas de escombreras puede influenciar también en la calidad de las zonas urbanas y en los suelos localizados en las proximidades de la explotación minera (De La Rosa, 2008).

Jason Phillips, (2012) desarrolló un estudio en Israel y Palestina donde describe los impactos ambientales de las canteras abandonadas, utilizando los parámetros contenidos en la definición del modelo de Medio Ambiente (E), como se desarrolla en (Phillips, 2010; Phillips, 2009, 2010). Estos son: la Atmósfera, de la Biosfera, la hidrosfera y la litosfera.

Debido a que piedra caliza se explota a cielo abierto no es la excepción en cuanto este tipo de generación de material particulado. La cuestión clave respecto a las canteras abandonadas es la liberación de polvo como parte del proceso de la erosión y la meteorización. Esto se debe a que en la explotación de la superficie minera se elimina la vegetación y la capa superior del suelo para obtener el recurso (Goudie, 2013; Milgrom, 2008). Casos como el de Nigeria donde se encontraron concentraciones de Calcio (Ca) en un lago a 80 km de una zona donde abunda la piedra caliza, muestran la volatilidad de este tipo de mpa (Ezeh et al., 2015). Por lo tanto, las canteras de piedra caliza se enfrentan a procesos naturales que pueden dar lugar a producción de partículas. Dependiendo de las condiciones climáticas locales, esto es perjudicial para la salud de la comunidad local inmediata sobre todo para el sistema respiratorio (ARIJ, 2006).

Las extracciones producidas por canteras incluyen el ruido, el polvo, la voladura (vibraciones), la contaminación del agua, impactos visuales, y el patrimonio y los impactos de la fauna. El ruido y el polvo que se generan por la voladura, perforación, trituración y cribado, y la carga de las palas y camiones; mientras que el polvo adicional puede ser generado a partir de los apilamientos y movimiento de camiones por caminos de cantera. El bombeo de agua para permitir la excavación plantea amenazas a la superficie los cursos de agua de la sedimentación de sólidos en suspensión, la contaminación de los sólidos y los hidrocarburos disueltos, así como la

contaminación de las aguas subterráneas, y derogación de los flujos de manantiales y pozos locales. El manejo de minerales puede crear intrusiones visuales donde la excavación contrasta con el paisaje natural que lo rodea, y de las reservas, vertederos y maquinaria de procesamiento. Las canteras también pueden dañar o destruir los sitios de interés científico, arqueológico y cultural (Willis & Garrod, 1999).

4.1.3. Efectos de la caliza en agua.

La extracción altera los sistemas hidrológicos e hidrogeológicos locales e incluso regionales, (Darwish et al., 2010; Worrall et al., 2010). (Urich, 2002) destaca el trabajo de (Gunn & Bailey, 1993; Gunn & Hobbs, 1999; Hess & Slattery, 1999), en el contexto británico, en relación con los cambios fundamentales que se pueden presentar a la hidrología e hidrogeología debido a la explotación de canteras. Específicamente, la eliminación de material por la explotación de canteras es equivalente a una intensificación significativa del proceso de erosión (Urich, 2002), lo que produce una reducción de agua en la zona subterránea que rodea la cantera (Urich, 2002). Sin embargo, toda la zona subterránea se puede eliminar mediante la explotación de canteras (Urich, 2002). En consecuencia, esto crea un impacto significativo sobre los recursos hídricos locales (Urich, 2002). Por tanto, la eliminación de la parte superior del suelo y la superficie de los estratos de roca puede aumentar la vulnerabilidad de las aguas subterráneas de la contaminación (Darwish et al., 2008). Esto es debido a las características de morfología cárstica de piedra caliza dura y una alta tasa de infiltración de arenas perturbadas (Darwish et al., 2008).

El agua natural que contenga en disolución cantidades apreciables de compuestos de calcio y magnesio, se llama “agua dura”. Esta denominación surge porque las sales de calcio y magnesio contenidas en el agua son generadoras de durezas al depositarse en forma de incrustaciones insolubles de carbonatos de calcio y de magnesio cuando el agua que las contiene se calienta o se evapora (Babor & Aznárez, 1977; Pimienta, 1980).

La presencia de calcio en el agua es conocida como dureza de agua, la OMS, (2006) explica que la dureza del agua se debe al contenido de calcio y, en menor medida, de magnesio disueltos.

Suele expresarse como cantidad equivalente de carbonato cálcico. Varios estudios epidemiológicos ecológicos y analíticos han demostrado la existencia de una relación inversa estadísticamente significativa entre la dureza del agua de consumo y las enfermedades cardiovasculares (OMS, 2006).

La medición de la dureza del agua se realiza mediante procesos de laboratorio, uno de los más confiables y utilizados es el proceso de titulación o estandarización consignado en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation, 1999).

- a) Se toma una alícuota de 100 ml de acuerdo a los valores de dureza esperados de la muestra de agua a analizar y se le agrega una tableta indicadora de solución buffer.
- b) Se agrega a la muestra 1 ml de amoníaco (NH_3) que se puede utilizar como indicador NET por cada 100 ml. de solución a titular.
- c) Las muestras con los reactivos se mezclan por agitación, y se titula con la solución de EDTA (Titriplex Solución A), mediante agitación continua para la homogenización de la solución. El término de la titulación es cuando la solución, originalmente de color verde oliva, cambia a un color verde azulado.

La solución de EDTA se valora de la siguiente manera:

$$\text{Dureza como ppm de CaCO}_3 = V \times 100 \text{ ppm}$$

Donde:

V = Volumen De EDTA consumido

Para una mayor precisión en los resultados, se sugieren las siguientes alícuotas de muestra, de acuerdo a la dureza esperada del agua:

Agua Suave (0-100 ppm) 100 ml. de muestra.

Agua Dura (100-300 ppm) 100 ml. de muestra.

Agua de alta dureza (300 ppm en adelante) 100 ml. de muestra.

Otro de los efectos que causa el carbonato de calcio en el agua es que afecta la turbidez, que es la medida de la claridad relativa de un líquido. Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersa, mayor es la turbidez. Las altas concentraciones de partículas afectan la penetración y productividad de la luz, los valores recreativos y la calidad del hábitat, y hacen que los lagos se llenen más rápidamente. En los arroyos, puede producirse acumulación y aumento de sedimentación, lo que puede dañar las áreas de hábitat para los peces y otras especies acuáticas. Las partículas también proporcionan lugares de fijación para otros contaminantes, especialmente metales y bacterias. Por esta razón, las lecturas de turbidez pueden usarse como un indicador de contaminación potencial en un cuerpo de agua. (USGS, 2016).

4.1.4. Efectos de la caliza en la diversidad.

Las canteras pueden cambiar fundamentalmente los ecosistemas pre-existentes a través de la destrucción de los hábitats naturales y de la interrupción del proceso de sucesión natural (Darwish et al., 2010; Khater et al, 2003; Khater, 2004; Nieman & Merkin, 1995). También cambia los recursos genéticos y microbiológicos disponibles necesarios para el desarrollo de los ecosistemas (Corbett et al., 1996; El-Fadel et al, 2000; ESCWA, 2001). Esto es problemático, ya que después de la minería, el ecosistema aísla las poblaciones, altera el flujo genético, exagera la pérdida de biodiversidad, y aumenta la endogamia en las poblaciones supervivientes (Milgrom, 2008).

4.2. Marco Conceptual

4.2.1. Impacto Ambiental (IA).

Según Conesa Fernández-Vítora (1993) “se dice que hay impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, una ley o una disposición con implicaciones ambientales. El término impacto no implica negatividad, ya que los impactos pueden ser tanto positivos como negativos”.

4.2.2. Inventario Ambiental.

Según Canter (1998) el inventario ambiental es una descripción completa del medio tal y como es un área donde se plantea ubicar una determinada actuación. El inventario se estructura a partir de una lista de control de parámetros de los medios: *físico-químicos*, que incluye áreas principales como los suelos, la geología, la topografía, los recursos hídricos superficiales y subterráneos, la calidad del agua, la calidad del aire y la climatología, *biótico*, que comprende la flora y la fauna de un área, incluyendo las especies animal o vegetal existentes, aclarando las amenazadas y en peligro de extinción, *cultural*, que incluye los lugares arqueológicos, históricos y los recursos estéticos tales como la calidad visual o paisajística, y el *socioeconómico* que se refiere a todo lo relacionado con el ser humano y el medio, demografía, economía, abastecimiento de agua, entre otros.

4.2.3. Evaluación de impacto ambiental (EIA).

La evaluación de impacto ambiental puede definirse como la identificación y valoración de los impactos (efectos) potenciales de proyectos, planes, programas o acciones normativas relativos a los componentes físico-químicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno. Su propósito es animar a que se considere el medio natural en la planificación y en la toma de decisiones para acabar definiendo actuaciones que sean más amigables con el ambiente (Canter, 1998).

4.2.4. Metodologías de evaluación de impacto ambiental.

Una de las primeras clasificaciones hecha por Warner y Bromley en 1974 citado en (García Leyton, 2004) relaciona los métodos en cinco grupos: Métodos “ad hoc”, Técnicas gráficas mediante mapas y superposiciones, Listas de chequeo, Matrices, Diagramas.

Entre las varias metodologías generales existentes, se pueden seleccionar en función de que representan un amplio rango de opciones (García Leyton, 2004), las siguientes:

- **Listas de chequeo:** La principal función de esta lista es la de servir en las primeras etapas para identificar los impactos ambientales, su contenido cambia según el tipo de proyecto y el medio de actuación, por lo que no son inmutables. Hay dos tipos de componentes a conocer, unos ambientales en los que se incluyen elementos de naturaleza física, biológica y humana y otros que serían los componentes del proyecto en el que se incluyen las actuaciones realizadas en las etapas de preconstrucción, construcción y explotación. Se puede tomar como referencia la propuesta por (Leopold, Clarke, Hanshaw, & Balsley, 1971)
- **Matriz de Leopold:** Desarrollado por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de Estados Unidos, inicialmente fue diseñado para evaluar los impactos asociados con proyectos mineros y posteriormente ha resultado útil en proyectos de construcción de obras. Se desarrolla una matriz al objeto de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto, a partir de dos listas de chequeo que contienen 100 posibles acciones proyectadas y 88 factores ambientales susceptibles de verse modificados por el proyecto (Leopold et al., 1971).

Parámetros de evaluación: Leopold evalúa los impactos ambientales con base en tres criterios:

Clase: Indica el tipo de impacto de consecuencias del impacto (positivas o benéficas (+) o negativas o perjudiciales (-))

Magnitud (M): Corresponde al grado o nivel de alteración que sufre un factor ambiental a causa de las actividades del proyecto, tal y como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3

Calificación de la Magnitud en metodología matricial

Descripción	Valor asignado
Daño grave al indicador	-3
Daño medio al indicador	-2
Daño menor al indicador	-1
Daño insignificante al indicador	0
Pequeño efecto positivo sobre el indicador	+1
Efecto medianamente positivo sobre el indicador	+2
Efecto grandemente positivo sobre el indicador	+3

Fuente: (Leopold et al., 1971)

Importancia (I): Evalúa el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del ambiente que puede ser afectado por el proyecto, tal y como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Calificación de la Importancia en metodología matricial

Descripción	Valor asignado
Sin importancia para el indicador	0
Poco importante para el indicado	1
Medianamente importante para el indicador	2
Muy importante para el indicador	3

Fuente: (Leopold *et al.*, 1971)

La conformación de la matriz de (Leopold et al., 1971) consiste en ubicar en orden vertical en la parte izquierda de la matriz los factores susceptibles a recibir impacto ambiental, luego en la parte superior de la matriz se ubican las acciones causantes del impacto en orden horizontal, en la intersección de los factores y las acciones se ubicará la fracción cuyo numerador indica la magnitud del impacto y denominador indica la importancia del impacto tal y como se aprecia en la figura 1.

	Industrial sites and buildings	Highways and bridges	Transmission lines	Blasting and drilling	Surface excavation	Mineral processing	Trucking	Emplacement of tailings	Spills and leaks
Water quality				2/2	1/1		2/2	1/4	
Atmospheric quality					2/3				
Erosion	2/2			1/1			2/2		
Deposition, Sedimentation	2/2			2/2			2/2		
Shrubs				1/1					
Grasses				1/1					
Aquatic Plants				2/2			2/3	1/4	
Fish				2/2			2/2	1/4	
Camping and hiking				2/4					
Scenic views and vistas	2/3	2/1	2/3	3/3			2/1	3/3	
Wilderness qualities	4/4	4/4	2/2	1/1	3/3	2/5	3/5	3/5	
Rare and unique species	2/5		5/10	2/4	5/10	5/10			
Health and safety							3/3		

Figura 1. Matriz de Acciones y Factores Susceptibles

Fuente: (Leopold et al., 1971)

- Método de transparencias (Mc Harg):** Con este método propuesto por Ian L. Mc Harg (1969) en su libro “Design with nature” editado por The American Museum of Natural History Press/ Doubleday, se han evaluado proyectos como el trazado de una autopista, una carretera, un ferrocarril, líneas eléctricas de alta tensión, oleoductos y gasoductos, aeropuertos, canales y algunos otros enfocados a la localización de usos en el territorio, para distintas actividades sociales y económicas. El procedimiento comienza en la elaboración de un inventario, que se representa en mapas con los siguientes factores de forma aislada: clima, geología, fisiografía, hidrología, suelos, flora, fauna y uso actual del suelo. En el inventario se tiene en cuenta la causalidad de los factores citados, que considera como indicadores de los procesos naturales, requiriéndose así la comprensión de la naturaleza como un proceso. El clima y la geología hacen posible interpretar la fisiografía, que a su vez, determina la hidrología y todo ello permite comprender la formación del recurso suelo. La distribución de la vegetación es el resultado de la interacción entre los factores citados, y la fauna está

íntimamente ligada a ella. Por último, los usos del suelo, al menos hasta épocas recientes, han estado estrechamente relacionados con las características del medio. Por otra parte, se interpretan los datos del inventario en relación con las actividades objeto de localización y se traduce en mapas de capacidad intrínseca para cada una de las actividades: agricultura, recreo, selvicultura y uso urbano.

- **Modelos de simulación:** Están basados en modelos de transporte y transformación de contaminantes en la atmósfera o el agua superficial y subterránea. Si existen datos básicos suficientes y correctos de la zona de afectación por las emisiones o vertidos de uno o varios focos, estos métodos efectúan un análisis mediante la modelización de las características básicas de los medios emisor, difusor y receptor, considerando las interrelaciones temporales y espaciales. Los modelos matemáticos permiten obtener datos y resultados concretos de los siguientes aspectos:
 - Evaluación del impacto ambiental de un foco contaminante de la atmósfera, ya sea de nueva implantación o existentes, o de focos múltiples.
 - Estudio de situaciones preoperacionales, o de punto cero, para determinar la contaminación de fondo existente en un lugar.
 - Determinación de la capacidad de carga de un centro urbano o zona industrial. •
Diseño de redes de vigilancia de la calidad del aire.
 - Optimización de la altura de chimenea para grandes y medianas instalaciones. •
Predicción de la contaminación potencial.
 - Planificación urbana e industrial, en el ámbito local, regional y nacional

- **Sistemas basados en un soporte informatizado del territorio (SIG):** surgen como una herramienta para el manejo de los datos espaciales, aportando soluciones a problemas geográficos complejos, lo cual permite mejorar la habilidad del usuario en la toma de decisiones en investigación, planificación y desarrollo. Entre las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica, se destacan los servicios ofrecidos para:

Desarrollar proyectos de investigación interdisciplinarios en:

- Proyectos de ingeniería ambiental
- Manejo de recursos naturales, geológicos hídricos y energéticos
- Proyectos de planeación urbana
- Formación y actualización catastral

Procesamiento y análisis de imágenes de satélite para:

- Estudios de impacto ambiental
- Planes de uso del suelo
- Estudios sobre recursos naturales
- Geomorfología

4.2.5. Métodos de minería.

Una mina es una excavación que tiene como propósito la explotación económica de un yacimiento mineral, que puede ser a cielo abierto o subterránea. Existen múltiples métodos de minería entre los cuales (Ministerio de Minas, 2009) destaca:

Minería subterránea: es la que desarrolla su actividad de explotación en el interior de la tierra y puede profundizar en ella a través de túneles, ya sean verticales u horizontales. Seguido por el túnel entran las personas que trabajarán en la mina y entran la maquinaria, para que, al excavar, se pueda sacar en coches a la superficie. Dichos túneles tienen un sistema de ventilación que lleva el aire fresco a los mineros y evita la acumulación de gases peligrosos.

Minería de superficie: Es el método contrario a lo que es la minería subterránea, ya que esta se va realizando sobre la superficie de la tierra y se desarrolla en forma progresiva por capas o terrazas en terrenos previamente delimitados. Se emplea en lugares donde los minerales están a poca profundidad. Existen varias formas de hacer una explotación en superficie tales como: canteras, minería a cielo abierto, explotaciones al descubierto y minas de placer.

Minería de pozos de perforación: Es el método utilizado para aquellos minerales que no requieren ser extraídos mediante el proceso de excavación de túneles, tales como el gas y el petróleo.

Minería submarina o dragado: La minería submarina o dragado, donde se extraen los materiales mediante una draga en una barca especialmente preparada para remover el lecho del río o del mar.

4.2.6. Acciones del Proceso de Minería A Cielo Abierto.

Varios autores (Bonilla & Cubillos, 2014; Espinoza, 2002; Hernández-Jabit et al., 2014) coinciden en que las principales acciones identificadas como generadoras de impacto ambiental en minería a cielo abierto son las siguientes:

- **Descapote:** proceso en el que se remueve parte de la cubierta vegetal (árboles y arbustos).
- **Voladura:** proceso en el que se utiliza la pólvora como medio de explotación para el debilitamiento y desprendimiento de la piedra caliza.
- **Perforación:** proceso en el que se utilizan taladros, compresores, para perforar y disminuir el volumen de la piedra.
- **Recolección:** proceso en el que se recauda y se acopia la piedra en algún sitio específico o en los medios de transporte.
- **Transporte:** proceso de traslado del material de un lugar a otro, puede de ser dentro de la cantera o al cliente final.
- **Procesamiento y clasificación del material:** en este proceso la piedra es transformada mediante molienda y posteriormente es clasificada mediante cribado según los diferentes tamaños obtenidos.

4.2.7. Factores Susceptibles de Impacto Ambiental.

Según múltiples autores (Bonilla Aya & Cubillos Vera, 2014; Espinoza, 2002; Hernández-Jabit et al., 2014; Leopold et al., 1971) los componentes principales del área que son susceptibles a recibir impactos ambientales generados por las operaciones de minería son:

- **Aire:** Este factor se ve afectado debido a las vibraciones y los ruidos producidos por la maquinaria empleada en la minería, además de la generación del material particulado liberado al ambiente.
- **Agua:** El agua se ve afectada debido a los sólidos suspendidos de material particulado que terminan en el agua, además de los cambios físico-químicos que sufre.
- **Fauna:** Por lo general, la fauna nativa de la zona se ve ahuyentada debido a los ruidos, vibraciones y la destrucción de su hábitad.
- **Flora:** La remoción de la cubierta vegetal ocasiona que muchas especies de flora tradicionales de las zonas sean eliminadas.
- **Paisaje:** La calidad paisajística se ve afectada, mediante la eliminación de la cubierta vegetal, el deterioro del relieve de las zonas, la destrucción de las zonas naturales de recargas de aguas lluvias y el material particulado que termina asentándose sobre la vegetación e incluso sobre poblaciones cercanas a las minas.
- **Suelo:** Las propiedades geológicas del suelo tienden a cambiar debido al peso soportado por la maquinaria pesada empleada en la minería, la construcción de senderos.
- **Economía:** La minería aumenta los ingresos familiares a los que se dedican a esta actividad, en algunos casos brindando la posibilidad de superar su estatus económico.
- **Humanos:** La salud también se ve afectada, por lo general debido al material particulado liberado al aire y que llega a los asentamientos cercanos a la mina produciendo enfermedades de tipo respiratorias, además los riesgos de las actividades de minería son inminentes sino se cuenta con la capacitación y protección adecuada para desarrollarla

4.3. Marco Legal

La normativa ambiental en Colombia es variada y ha cambiado con el paso de los años, como normas se tienen:

4.3.1. Constitución Política de Colombia (1991).

Artículo 58. Se garantizan la propiedad privada y los demás derechos adquiridos con arreglo a las leyes civiles, los cuales no pueden ser desconocidos ni vulnerados por leyes posteriores. Cuando de la aplicación de una ley expedida por motivos de utilidad pública o interés social, resultaren en conflicto los derechos de los particulares con la necesidad por ella reconocida, el interés privado deberá ceder al interés público o social. La propiedad es una función social que implica obligaciones. Como tal, le es inherente una función ecológica.

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

Artículo 95. La calidad de colombiano enaltece a todos los miembros de la comunidad nacional. Todos están en el deber de engrandecerla y dignificarla. El ejercicio de los derechos y libertades reconocidos en esta Constitución implica responsabilidades. Toda persona está obligada a cumplir la Constitución y las leyes. Son deberes de la persona y del ciudadano:

8. Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un

ambiente sano;

9. Contribuir al financiamiento de los gastos e inversiones del Estado dentro de conceptos de justicia y equidad.

Artículo 267. El control fiscal es una función pública que ejercerá la Contraloría General de la República, la cual vigila la gestión fiscal de la administración y de los particulares o entidades que manejen fondos o bienes de la Nación. La vigilancia de la gestión fiscal del Estado incluye el ejercicio de un control financiero, de gestión y de resultados, fundado en la eficiencia, la economía, la equidad y la valoración de los costos ambientales. En los casos excepcionales, previstos por la ley, la Contraloría podrá ejercer control posterior sobre cuentas de cualquier entidad territorial.

Artículo 268. El Contralor General de la República tendrá las siguientes atribuciones:

7. Presentar al Congreso de la República un informe anual sobre el estado de los recursos naturales y del ambiente.

Artículo 313. Corresponde a los concejos:

9. Dictar las normas necesarias para el control, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural del municipio.

Artículo 317. Solo los municipios podrán gravar la propiedad inmueble. Lo anterior no obsta para que otras entidades impongan contribución de valorización. La ley destinará un porcentaje de estos tributos, que no podrá exceder del promedio de las sobretasas existentes, a las entidades encargadas del manejo y conservación del ambiente y de los recursos naturales renovables, de acuerdo con los planes de desarrollo de los municipios del área de su jurisdicción.

Artículo 334. La dirección general de la economía estará a cargo del Estado. Este intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados, para racionalizar la economía con el fin de conseguir el mejoramiento de la calidad de

vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano.

Artículo 339. Habrá un plan nacional de desarrollo conformado por una parte general y un plan de inversiones de las entidades públicas del orden nacional. En la parte general se señalarán los propósitos y objetivos nacionales de largo plazo y las estrategias y orientaciones generales de la política económica, ambiental y social, en especial las estrategias gubernamentales de lucha contra la pobreza. El plan de inversiones públicas contendrá los presupuestos plurianuales de los principales programas, estrategias, y proyectos de inversión pública nacional y la especificación de los recursos financieros requeridos para su ejecución. Las entidades territoriales elaborarán y adoptarán de manera concertada entre ellas y el Gobierno Nacional, Planes de Desarrollo con el objeto de asegurar el uso eficiente de sus recursos, desarrollar estrategias de lucha contra la pobreza, y el desempeño adecuado de las funciones que les hayan sido asignadas por la Constitución y la ley. Los planes de las entidades territoriales estarán conformados por una parte estratégica y un plan de inversiones de corto y largo plazo.

4.3.2. Leyes.

Tabla 5

Leyes Ambientales

Tipo Jurídico	Titular	Fecha
Ley 2	Por la que se dictan normas sobre economía forestal de la Nación y la conservación de recursos naturales renovables	2-dic-59
Ley 23	Plantea la necesidad de proteger los recursos naturales renovables, fija límites mínimos de contaminación y establece sanciones por violación de las normas. Se faculta al Presidente de la República para expedir el Código de los Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente.	19-dic-73
Ley 23	Por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones.	19-dic-73
Ley 10	Por medio de la cual se dictan normas sobre mar territorial, zona económica exclusiva, plataforma continental, y se dictan otras disposiciones.	4-ago-78
Ley 10	Por medio de la cual se dictan normas sobre mar territorial, zona económica exclusiva, plataforma continental, y se dictan otras disposiciones.	4-ago-78

Ley 17	Por la cual se aprueba la "Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre", suscrita en Washington, D.c el 3 de marzo de 1973.	22-ene-81
Ley 17	Por la cual se aprueba la "Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres"	22-ene-81
Ley 61	Por la cual se adopta la palma de cera (ceroxylom quindiuense) como árbol nacional	16-sep-85
Ley 84	Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Protección de los Animales y se crean unas contravenciones y se regula lo referente a su procedimiento y competencia.	27-dic-89
Ley 13	Por la cual se dicta el Estatuto General de Pesca	15-ene-90
Ley 30	Se aprueba el Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono	5-mar-90
Ley 29	Por medio de la cual se aprueba el Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono, suscrito en Montreal el 16 de septiembre de 1987 con sus enmiendas adoptadas en Londres el 29 de junio de 1990 y en Nairobi el 21 de junio de 1991.	28-dic-92
Ley 99	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental - SINA- y se dictan otras disposiciones.	22-dic-93
Ley 99	Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental - SINA- y se dictan otras disposiciones	22-dic-93
Ley 99	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se reorganiza el Sistema Nacional Ambiental - SINA y se dictan otras disposiciones	22-dic-93
Ley 139	Por la cual se crea el certificado de incentivo forestal y se dictan otras disposiciones.	21-jun-94
Ley 388	Ley de Desarrollo Territorial, que estableció el Plan de Desarrollo Territorial, POT, como instrumento básico para el ordenamiento territorial a nivel local.	18-jul-94
Ley 165	Por medio del cual se aprueba el "Convenio sobre la diversidad biológica " hecho en Río de Janeiro en junio de 1992	9-nov-94
Ley 253	Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, hecho en Basilea el 22 de marzo de 1989	9-ene-96
Ley 306	Aprueba la Enmienda de Copenhague al Protocolo de Montreal relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono, suscrita en Copenhague el 25 de noviembre de 1992.	5-ago-96
Ley 357	Por medio de la cual se aprueba la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas", suscrita en Ramsar el dos (2) de febrero de mil novecientos setenta y uno (1971).	21-ene-97
Ley 356	Por medio de la cual se aprueban el "Protocolo relativo a las áreas y flora y fauna silvestres especialmente protegidas del Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe"	21-ene-97

Ley 356	Por medio de la cual se aprueban el "Protocolo relativo a las áreas y flora y fauna silvestres especialmente protegidas del Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe"	21-ene-97
Ley 373	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.	6-jun-97
Ley 388	Ley de Desarrollo Territorial	18-jul-97
Ley 299	Por la cual se protege la flora Colombiana, se reglamentan los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones.	26-jul-97
Ley 430	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.	16-ene-98
Ley 464	Por medio de la cual se aprueba el "Convenio Internacional de las Maderas Tropicales"	4-ago-98
Ley 461	Por medio de la cual se aprueba la "Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular África"	4-ago-98
Ley 488	Por la cual se expiden normas en materia tributaria y se dictan otras disposiciones fiscales de las entidades territoriales. Art. 32, 33, 34 y 35.	24-dic-98
Ley 488	Por la cual se expiden normas en materia tributaria y se dictan otras disposiciones fiscales de las entidades territoriales. Art. 32, 33, 34 y 35.	24-dic-98
Ley 557	Por medio de la cual se aprueba el "Acuerdo sobre el programa internacional para la conservación de los delfines", hecho en Washington, D.C., el veintiuno (21) de mayo de mil novecientos noventa y ocho (1998)	2-feb-00
Ley 579	Por medio de la cual se aprueba la "Convención entre los Estados Unidos de América y la República de Costa Rica para el establecimiento de una Comisión Interamericana del Atún Tropical", hecha en Washington (31) de mayo 1949.	8-may-00
Ley 611	Por la cual se dictan normas para el manejo sostenible de especies de Fauna Silvestre y Acuática. Zoológicos y condiciones para su instalación, licencias funcionamiento y cría de especímenes.	17-ago-00
Ley 618	Aprueba la Enmienda de Montreal al Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono, aprobada por la Novena Reunión de las partes y suscrita el 17 de septiembre de 1997 en Montreal, Canadá	6-oct-00
Ley 629	Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997.	27-dic-00
Ley 629	Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997	27-dic-00
Ley 685	Por el cual se expide el código de minas y se dictan otras disposiciones.	15-ago-01
Ley 740	Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Montreal, el veintinueve (29) de enero de dos mil (2000).	31-jul-02
Ley 807	Por medio de la cual se aprueban las Enmiendas de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.	27-may-03
Ley 960	Por medio de la cual se aprueba la "Enmienda del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono", adoptada en Beijing, China, el 3 de diciembre de 1999. Congreso de la República.	28-jun-05

Ley 981	Por la cual se establece la sobretasa ambiental sobre los peajes de las vías próximas o situadas en áreas de conservación y protección municipal, sitios Ramsar o humedales	26-jul-05
Ley 1011	Por medio de la cual se autoriza y reglamenta la actividad de la helicultura y se dictan otras disposiciones	23-ene-06
Ley 1083	Por medio de la cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones	31-jul-06
Ley 1083	Por la cual se establece la obligación de reglamentar protocolos para la declaratoria de los niveles de prevención, alerta o emergencia	31-jul-06
Ley 1151	Plan Nacional de Desarrollo. Modifica los artículos 42, 44, 46, 111 de la Ley 99 de 1993.	24-jul-07
Ley 1151	Plan Nacional de Desarrollo. Modifica los artículos 42, 44, 46, 111 de la Ley 99 de 1993.	24-jul-07
Ley 1252	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.	27-nov-08
Ley 1259	"Por Medio De La Cual Se Insta En El territorio Nacional La Aplicación Del Comparendo Ambiental A los Infractores De Las Normas De Aseo, Limpieza Y recolección De Escombros; Y se dictan Otras Disposiciones".	19-dic-08
Ley 1333	Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones	21-jul-09
Ley 1159	Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Rotterdam para la aplicación del procedimiento de consentimiento fundamentado previo a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos, objeto de Comercio Internacional	20-sep-09
Ley 1382	Por la cual se modifica la Ley 685 de 2001 Código de Minas	9-feb-10

Fuente: Autores.

4.3.3. Decretos.

Tabla 6

Decretos Ambientales

Tipo Jurídico	Titular	Fecha
Decreto 1076	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	Martes, Mayo 26, 2015
Decreto 2041	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales	Miércoles, Octubre 15, 2014
Decreto 3016	Por el cual se reglamenta el Permiso de Estudio para recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de Elaboración de Estudios Ambientales	Viernes, Diciembre 27, 2013

Decreto 2667	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones	Viernes, Diciembre 21, 2012
Decreto 623	Por medio del cual se clasifican las áreas-fuente de contaminación ambiental Clase I, II y III de Bogotá, D.C., y se dictan otras disposiciones.	Lunes, Diciembre 26, 2011
Decreto 3573	Por el cual se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA y se dictan otras disposiciones.	Martes, Septiembre 27, 2011
Decreto 2820	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.	Jueves, Agosto 5, 2010
Decreto 2803	Por el cual se reglamenta la Ley 1377 de 2010, sobre registro de cultivos forestales y sistemas agroforestales con fines comerciales, de plantaciones protectoras-productoras, la movilización de productos forestales de transformación primaria y se dictan otras disposiciones.	Miércoles, Agosto 4, 2010
Decreto 2372	Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones.	Jueves, Julio 1, 2010
Decreto 3930	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.	Lunes, Enero 25, 2010
Decreto 1498	Por el cual se reglamenta el párrafo 3º del artículo 5º de la Ley 99 de 1993 y el artículo 2º de la Ley 139 de 1994.(Derogado por el art. 19, Decreto Nacional 2803 de 2010)	Miércoles, Mayo 7, 2008
Decreto 1324	Por el cual se crea el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico y se dictan otras disposiciones.	Viernes, Octubre 5, 2007
Decreto 1575	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.	Miércoles, Mayo 9, 2007
Decreto 1323	Por el cual se crea el sistema de información del recurso hídrico que hace parte del sistema de información ambiental para Colombia.	Jueves, Abril 19, 2007
Decreto 1900	Por el cual se reglamenta el párrafo del artículo 43 de la ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones.	Lunes, June 12, 2006
Decreto 174	Por medio del cual se adoptan medidas para reducir la contaminación y mejorar la calidad del Aire en el Distrito Capital.(Derogado por el Decreto 623 de 2011)	Martes, Mayo 30, 2006
Decreto 979	Por el cual se modifican los artículos 7º, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995.	Lunes, Abril 3, 2006
Decreto 500	Por el cual se modifica el Decreto 1220 del 21 de abril de 2005, reglamentario del Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. (Derogado)	Lunes, Febrero 20, 2006

Decreto 4742	Por el cual se modifica el artículo 12 del Decreto 155 de 2004 mediante el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas.	Viernes, Diciembre 30, 2005
Decreto 4299	Por el cual se reglamenta el artículo 61 de la Ley 812 de 2003 y se establecen otras disposiciones.(Modificado Transitoriamente por el Decreto 733 de 2008 y Decreto 1333 de 2007)	Viernes, Noviembre 25, 2005
Decreto 1220	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. (Derogado)	Jueves, Abril 21, 2005
Decreto 3440	Por el cual se modifica el Decreto 3100 de 2003 y se adoptan otras disposiciones.	Jueves, Octubre 21, 2004
Decreto 155	Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.	Jueves, Enero 22, 2004
Decreto 3100	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.(Modificado y Parcialmente Derogado)	Jueves, Octubre 30, 2003
Decreto 1180	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales. (Deroga el Decreto 1728 del 6 de agosto de 2002)	Sábado, Mayo 10, 2003
Decreto 1728	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993]sobre la Licencia Ambiental. (Derogado)	Martes, Agosto 6, 2002
Decreto 1729	Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones.	Martes, Agosto 6, 2002
Decreto 1604	Por el cual se reglamenta el párrafo 3° del artículo 33 de la Ley 99 de 1993.	Miércoles, Julio 31, 2002
Decreto 2622	Por medio del cual se modifica el artículo 40 del Decreto 948 de 1995, modificado por el artículo 2 del Decreto 1697 de 1997.	Lunes, Diciembre 18, 2000
Decreto 1552	Por el cual se modifica el artículo 38 del Decreto 948 de 1995, modificado por el artículo 3° del Decreto 2107 de 1995.	Martes, Agosto 15, 2000
Decreto 302	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, en materia de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.	Viernes, Febrero 25, 2000
Decreto 1753	Por el cual se reglamentan parcialmente los Títulos VIII y XII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. (Derogado).	Lunes, Agosto 3, 1998
Decreto 475	Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable.	Martes, Marzo 10, 1998
Decreto 3102	Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua.	Martes, Diciembre 30, 1997

Decreto 1697	Por medio del cual se modifica parcialmente el decreto 948 de 1995, que contiene el reglamento de protección y control de la calidad del aire.	Viernes, June 27, 1997
Decreto 901	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas.(Derogado)	Martes, Abril 1, 1997
Decreto 900	Por el cual se reglamenta el Certificado de incentivo forestal para conservación.	Martes, Abril 1, 1997
Decreto 1791	Por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.(Derogado parcialmente por el Decreto Nacional 1498 de 2008)	Viernes, Octubre 4, 1996
Decreto 2107	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire. (Modificado Decreto 1552 de 2000.)	Jueves, Noviembre 30, 1995
Decreto 1594	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.(Parcialmente Derogado)	Martes, June 26, 1984
Decreto 2105	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título II de la Ley 09 de 1979 en cuanto a Potabilización del Agua.(Derogado)	Jueves, Julio 21, 1983
Decreto 2858	Por el cual se reglamenta parcialmente el Artículo 56 del Decreto-Ley 2811 de 1974 y se modifica el Decreto 1541 de 1978.	Martes, Octubre 13, 1981
Decreto 1541	Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974 De las aguas no marítimas y parcialmente la Ley 23 de 1973.(Parcialmente Derogado Modificado por el decreto 2858 de 1981)	Miércoles, Julio 26, 1978
Decreto 1449	Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley número 135 de 1961 y el Decreto-Ley número 2811 de 1974.	Lunes, June 27, 1977
Decreto 877	Por el cual se señalan prioridades referentes a los diversos usos del recurso forestal, a su aprovechamiento y al otorgamiento de permisos y concesiones y se dictan otras disposiciones.	Lunes, Mayo 10, 1976
Decreto 948	Por el cual se reglamentan; parcialmente, la Ley 23 de 1973; los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. (Modificado Decreto 2107 de 1995)	Domingo, June 5, 1955
Decreto 1056	Por el cual se expide el Código de Petróleos.	Lunes, Abril 20, 1953

Fuente: Autores.

4.3.4. Resoluciones.

Tabla 7

Resoluciones Ambientales

Tipo jurídico	Titular	Fecha de publicación
Resolución 0675	Por la cual se adopta el Manual de Contratación de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA	24-jun-14
Resolución 407	Por la cual se modifica la Resolución 1086 del 18 de diciembre de 2012, modificada parcialmente por resolución 0122 del 5 de febrero de 2013, por la cual se fijan las tarifas para el cobro de los servicios de evaluación y seguimiento de licencias, permisos, autorizaciones y demás instrumentos de control y manejo ambiental y se dictan otras disposiciones"	2-may-14
Resolución 755	Por la cual se instruye a las subdirecciones técnicas de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales sobre las actividades consideradas modificaciones menores de las licencias ambientales o planes de manejo ambiental establecidos para los sectores de Hidrocarburos y Eléctrico y se fijan otras directrices	31-jul-13
Resolución 0188	Por la cual se actualiza el Manual de Seguimiento Ambiental a Proyectos adoptado mediante resolución 1552 del 20 de octubre del 2005	27-feb-13
Resolución 2609	Por la cual se modifica la Resolución 1121 del 22 de Junio de 2007 "Por la cual se crea el Comité para la Gestión del Riesgo del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial".	28-dic-09
Resolución 2351	Por la cual se sustrae un área de la Reserva Forestal Protectora del Río Nare, y se toman otras determinaciones	3-dic-09
Resolución 2338	Por la cual se reasume una función "Resolver los recursos de apelación interpuestos contra las decisiones sancionatorias y de los permisos, autorizaciones y concesiones proferidas por la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales".	1-dic-09
Resolución 2101	Por la cual se definen actividades para proyectos del sector eléctrico que cuenten con Licencia Ambiental o Plan de Manejo Ambiental, las cuales no requieren del trámite de modificación	29-oct-09
Resolución 1822	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1684 de 2008, sobre las actividades de cierre, clausura y restauración ambiental de las celdas transitorias	22-sep-09
Resolución 1569	Establecen términos de referencia para el establecimiento de planes de manejo ambiental para el funcionario de zocriaderos con fines comerciales de la especie helix aspersa	14-ago-09

Resolución 941	Crea el Subsistema de Información sobre Uso de Recursos Naturales Renovables - SIUR y se adopta el Registro Único Ambiental- RUA	26-may-09
Resolución 551	Adoptan los requisitos y evidencias de contribución al desarrollo sostenible del país y se establece el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio – MDL	19-mar-09
Resolución 552	Crea y regula el funcionamiento del comité técnico de mitigación de cambio climático	19-mar-09
Resolución 1442	Por la cual se establece el procedimiento para la expedición del dictamen técnico-ambiental al que alude la Norma Andina para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola, Decisión 436, de la Comisión de la Comunidad Andina, y se toman otras determinaciones.	14-ago-08
Resolución 909	Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.	5-jun-08
Resolución 910	Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.	5-jun-08
Resolución 848	Por la cual se declaran unas especies exóticas como invasoras y se señalan las especies introducidas irregularmente al país que pueden ser objeto de cría en ciclo cerrado y se adoptan otras determinaciones	23-may-08
Resolución 542	Por la cual se establece el procedimiento de autorización a organismos de certificación para otorgar el derecho de uso del Sello Ambiental Colombiano y se dictan otras disposiciones	4-abr-08
Resolución 2176	Por la cual se establece el Programa De Reducción de la Contaminación para las áreas - Fuente De Contaminación Clasificadas en la Zona Carbonífera del Cesar.	11-dic-07
Resolución 974	Por la cual se establece el porcentaje de que trata el literal a) del artículo 5 del Decreto 1900 de 2006	1-jun-07
Resolución 2352	Por la cual se modifica la Resolución 0221 del 18 de febrero de 2005, en lo relacionado con el establecimiento de plazos para el marcaje de pie parental de establecimientos de cría en cautividad de la especie Caimán <i>crocodilus fuscus</i> y se adoptan otras disposiciones.	1-dic-06
Resolución 1402	Por la cual se desarrolla parcialmente el Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005, en materia de residuos o desechos peligrosos.	14-jul-06
Resolución 901	Por la cual se toman medidas para controlar las importaciones y el uso de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono listadas en el Grupo II del Anexo A del Protocolo de Montreal.	23-may-06

Resolución 902	Por la cual se toman medidas para controlar las importaciones de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono listadas en los Grupos I, II y III del Anexo B del Protocolo de Montreal.	23-may-06
Resolución 872	Por la cual se establece la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas subterráneas a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones.	18-may-06
Resolución 871	Por medio de la cual se establece el procedimiento y los requisitos para el trámite de las solicitudes de sustracción de los suelos urbano y de expansión urbana municipales de las áreas de reserva forestal de la Ley 2ª de 1959 y se adoptan otras determinaciones	17-may-06
Resolución 627	Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.	7-abr-06
Resolución 601	Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.	4-abr-06
Resolución 2188	Control a la exportaciones de sustancias agotadoras de la capa de ozono.	29-dic-05
Resolución 2145	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV.	23-dic-05
Resolución 2145	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV.	23-dic-05
Resolución 1710	Por la cual se reglamenta parcialmente la Ley 981 de 2005 en lo relacionado con la determinación de las entidades que se constituyen en sujeto activo y de la destinación del recaudo de la sobretasa ambiental a que se refiere dicha ley y se adoptan otras disposiciones.	15-nov-05
Resolución 1433	Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.	13-dic-04
Resolución 767	Por la cual se establecen unas medidas en relación con el manejo de las curtiembres y comercializadoras de productos de la fauna silvestre, y se adoptan otras determinaciones	5-ago-04
Resolución 18-0861	Por medio de la cual se adoptan las guías minero ambientales y se establecen otras disposiciones	20-ago-02
Resolución 1029	Por la cual se fija el valor de los servicios de evaluación y seguimiento por la expedición del Salvoconducto Único Nacional para la movilización de especímenes de la diversidad biológica, y se dictan otras disposiciones.	13-nov-01
Resolución 454	Por la cual se reglamenta la certificación a la que alude el párrafo primero del artículo 7o. de la Resolución número 1367 de 2000 del Ministerio del Medio Ambiente.	1-jun-01

Resolución 1367	Por la cual se establece el procedimiento para las autorizaciones de importación y exportación de especímenes de la diversidad biológica que no se encuentran listadas en los apéndices de la Convención CITES.	29-dic-00
Resolución 1317	Por la cual se establecen unos criterios para el otorgamiento de la licencia de caza con fines de fomento y para el establecimiento de zoo criaderos y se adoptan otras determinaciones.	18-dic-00
Resolución 1115	Por medio de la cual se determina el procedimiento para el registro de colecciones biológicas con fines de investigación científica.	1-nov-00
Resolución 154	Por la cual se establecen cupos de exportación y se fijan criterios para la definición de cupos de comercialización para especímenes de fauna silvestre proveniente de zoo cría	8-mar-99
Resolución 573	Por la cual se establece el procedimiento de los permisos a que se refiere la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres -CITES-, y se dictan otras disposiciones	26-jun-97
Resolución 1351	Por medio de la cual se adopta la declaración denominada Informe de Estado de Emisiones (IE-1).	14-nov-95
Resolución 541	Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación	14-dic-94

Fuente: Autores.

5. Metodología

Este estudio tiene enfoque cualitativo con temporalidad transversal, la investigación es de tipo cuantitativa descriptiva. La población escogida son las empresas de explotación minera y la muestra seleccionada fue el sitio donde se encuentra la Trituradora San José en el municipio de Toluviéjo. El tipo de muestreo fue aleatorio simple. Cabe aclarar que para los muestreos realizados en este estudio se tuvo en cuenta solamente los factores de flora, fauna y ecosistemas acuáticos.

Esta investigación se desarrolló en 3 fases metodológicas así:

Fase 1. Caracterización del área de influencia de la Trituradora San José en el municipio de Toluviéjo, Sucre

En esta fase se describieron las características ambientales del terreno donde se encuentra la trituradora San José, se hizo un recorrido alrededor de la trituradora San José, identificando las especies de flora (árboles), fauna (reptiles, mamíferos y aves) mediante un formato de inventario de especies (Anexo 1) siguiendo la guía del Manual De Métodos Para El Desarrollo De Inventarios De Biodiversidad de Villarreal et al. (2004), y cuerpos de agua existentes en la zona, con evidencias fotográficas.

Se describieron los procesos y recursos empleados en la actividad minera que se desarrolla en la trituradora San José del municipio de Toluviéjo.

Fase 2. Evaluación de impacto ambiental en paisaje, flora, fauna y ecosistemas acuáticos

Se determinaron los cambios que ha tenido la vista aérea en dos instantes del tiempo, mediante la utilización de software geográfico Google Earth Pro, además de la observación directa del sitio, toma de evidencias fotográficas.

Se realizó la verificación de la riqueza biológica durante dos días mediante trabajo de campo, avistamientos e información obtenida de la comunidad, comparando las especies de fauna

y flora encontradas con las reportadas por CARSUCRE (2001) en el plan de manejo ambiental elaborado para la trituradora San José.

Se consideró un sitio de control (Finca La Esperanza) y un punto medio (Finca Las Gaviotas) con las mismas condiciones ambientales de la trituradora (San José) para realizar una comparación de los resultados, los sitios se encuentran considerablemente alejados el uno del otro (Anexo 5), se tomaron 3 muestras de agua por cada cuerpo de agua en los tres (3) sitios seleccionados para hacer pruebas de dureza total en el Laboratorio de la Universidad de Sucre y siete (7) muestras por cada sitio para medir los parámetros de Alcalinidad (pH), Turbidez (NTU), Conductividad (SPC-uS/cm) mediante un equipo multiparámetros YSI ProDSS con GPS incorporado (Anexo 2).

La evaluación estadística y diseño experimental aplicado al presente estudio fueron distribuidos bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones por tratamiento para las variables dureza total (mg/L CaCO₃), pH, turbidez (NTU) y Conductividad (SPC-uS/cm), donde el factor de interés fue **Sitio**, con tres niveles que aluden al control, punto medio y cantera.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANAVA) y una prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$). Se probaron los supuestos de Normalidad y Homogeneidad de los errores por medio de la prueba de Shapiro – Wilk y Bartlett, y para algunos casos al no cumplirse el supuesto de normalidad y homogeneidad se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis respectivamente. Los resultados obtenidos fueron a través del software estadístico R project, versión 3.2.4 e IBM SPSS Statistics 23 (Anexo 3).

Los modelos usados para comparar las variables se planearon de la siguiente manera:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

y_{ij} : Es la medición bajo el sitio i en la j –ésima repetición.

μ : Es la media general

α_i : Es el efecto medio adicional de la i –ésimo lugar.

ε_{ij} : Es el error de medición bajo la i –ésimo lugar en la repetición j .

Una vez obtenidos los resultados y su análisis se siguió la estructura metodológica desarrollada en el trabajo de Hernández-Jabit, et al. (2014) se identificaron las acciones que generan impactos al igual que los factores ambientales susceptibles a recibir impactos ambientales, se identificaron los impactos ambientales mediante matriz de identificación de impactos extraída de la metodología de Espinoza (2002), se analizó y procesó la información para determinar el nivel de impacto ambiental con los parámetros establecidos en la metodología y la aplicación de la matriz de Leopold (1971) para la ponderación de factores influyentes en el medio.

Fase 3. Actividades tendientes para corregir los impactos generados por la extracción y transformación de la piedra caliza en la Trituradora San José del municipio de Toluviéjo, Sucre

En esta fase se propusieron actividades que contribuyan a la mitigación de los impactos generados en las actividades de extracción y trituración que realiza la empresa. Para ello se detallaron los procesos productivos para determinar los impactos generados para cada uno y se generaron las medidas necesarias, lo cual quedó consignado en las recomendaciones de este trabajo.

6. Caracterización Del Área De Influencia De La Trituradora San José En El Municipio De Toluviejo, Sucre

En el presente capítulo se describen las principales características geográficas del área de trituradora SAN JOSÉ y las actividades de minería que se realizan en la empresa.

6.1. Ubicación de la Trituradora

La trituradora SAN JOSÉ se encuentra ubicada en la vereda Cienaguita, a 6,8 km del municipio de Toluviejo (Sucre) y a 2,9 km del corregimiento de Macaján, en la vía que conduce a la ciudad de Cartagena. En el anexo 4 se muestra la Plancha 44 II C del IGAC.

6.2. Características Ambientales

Las características ambientales de la zona de la trituradora son las siguientes:

6.2.1. Componente Geológico.

El área donde se encuentra la trituradora está conformada por serranías, mayormente compuestas de materiales calcáreos y arcillas, que llegan a alturas promedio de 120 a 150 metros sobre el nivel del mar. Los suelos presentes del área son moderadamente profundos dicha profundidad efectiva está limitada por arcillas compactas, gravillas y rocas de caliza con alto contenido de carbonato de calcio, que es superior al 95%. Las rocas del subsuelo se agrietan superficialmente, asentando planos de presión en los horizontes profundos. Estos suelos tienen una reacción alcalina a neutra, alta saturación de bases y alta capacidad catiónica de cambio (CARSUCRE, 2001).

6.2.2. Componente Hidrosférico.

El área de referencia se encuentra ubicada en la subregión golfo de Morrosquillo, caracterizada por la existencia de abundante ciénagas, manglares y pantanos, cuerpos de agua que conforman el componente hidrográfico de la subregión.

En el área de influencia de la trituradora existen dos cuerpos de agua (jagüeyes) uno de origen antropogénico aprovechando las condiciones de relieve del terreno como zonas de recarga y las corrientes que se forman son de tipo estacional que recorren cortos trayectos en forma de arroyo (Arroyo La Piche). Tal y como se aprecia en las figuras 2, 3 y 4.



Figura 2. Fotografía Jagüey en la trituradora San José. Fuente: Autores. Junio 2016



Figura 3. Fotografía Jagüey aprovechando las condiciones de relieve. Fuente: Autores. Junio 2016



Figura 4. Foto Arroyo La Piche. Fuente: Autores. Junio 2016

6.2.3. Flora.

Las zona donde se encuentra la trituradora en el municipio de Toluviejo es considerada como zona de Bosque Seco Tropical (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2014). Las especies de árboles encontradas más comunes encontradas fueron: Bambú verde o *Bambusoideae*, Cedro o *Cedrela odorata*, Ceiba o *Ceiba pentandra*, Limón o *Citrus máxima*, Matarratón o *Gliricidia sepium*, Roble o *Tabebuia rosea*, Teca o *Tectona grandis*, Totumo o *Crescentia cujete* y Uva de lata dulce o *Bactris guineensis*. Véase Anexo 1.

6.2.4. Fauna.

Al momento de realizar la verificación en campo se encontraron especies de mamíferos como el *Alouatta seniculus* más conocido como Mono Ahuyador colorado, se encontraron reptiles como *Iguana Iguana* y *Bothrops atrox* nombrada comúnmente como Mapaná Rabo Seco.

Además, en el avistamiento de aves en la zona se evidenció presencia de las especies: *Passerina cyanea* o Azulejo, *Serinus canaria* o Canario, *Turdus grayi* o Casca, *Pitangus Sulphuratus* o Chichafría, *Quiscalus mexicanus* o Cocinera – Maria Mulata, *Myiopsitta monachus* o Cotorra, *Accipiter nisus* o Gavilán, *Coragyps atratus* o Golero, *Cathartes aura* o Laura, *Patagioenas plúmbea* o Paloma Caminadora, *Leptotila verreauxi* o Paloma rabo blanco, *Milvago chimachima* o Pigua. Véase Anexo 1.

6.3. Procesos y Recursos De La Actividad Minera

La actividad minera realizada en la tritura San José se compone de tres fases principales: extracción, cargue y transporte y transformación (trituración).

En el diagrama de la figura 4 se muestra el flujo de procesos y actividades.

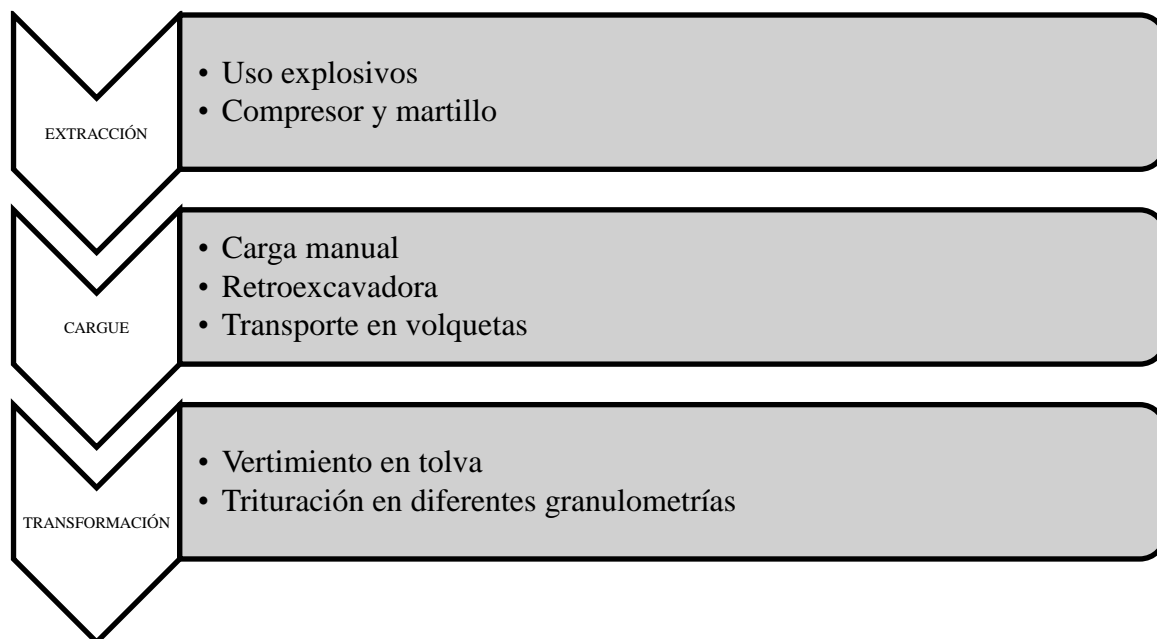


Figura 5. Flujo de Procesos y actividades. Fuente: Autores.

Inicialmente la piedra caliza es extraída mediante explosión artesanal con el uso de pólvora, el material es agrupado para ser cargado en las volquetas, luego de ellos se transporta a una zona de descarga próxima a la boca de la máquina trituradora y se realiza la trituración primaria, posteriormente el material triturado es vertido en la criba circular para ser clasificado según las diferentes granulometrías resultantes, finalmente el material es transportado al sitio de acopio para la venta al cliente final, en la figura 5 se muestra el diagrama de operaciones en detalle que se realizan en el proceso de trituración.

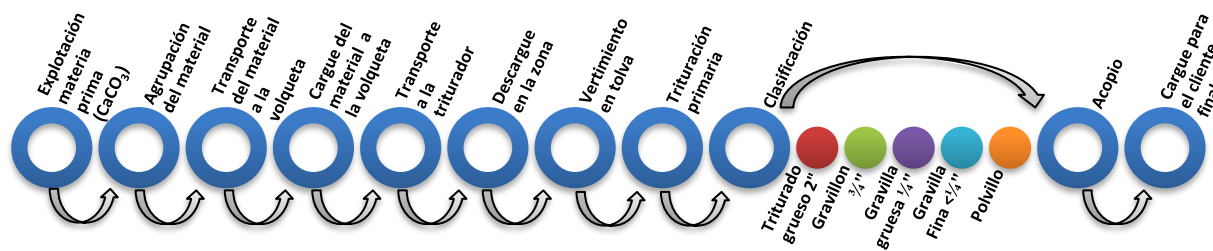


Figura 6. Flujo de Operaciones. Fuente: Autores.

6.3.1. Tecnología Empleada.

La tecnología empleada en la trituradora San José se puede clasificar según los procesos artesanales y tecnificados, supliendo una capacidad nominal de 40 m³/hora.

Procesos Artesanales

Dentro de los procesos desarrollados artesanalmente están:

- La utilización de pólvora accionada por cable y batería para la explosión de la materia prima.
- Carga de materia prima manual en la volqueta.
- Vertimiento manual en la tolva.

Procesos Tecnificados

Dentro de los procesos tecnificados están:

- Utilización de compresor ayudado de martillo para el desprendimiento de roca.
- Recolección del material con retroexcavadora.
- Transporte de material en la volqueta y cargador.
- Trituración en molino de mandíbulas.
- Clasificación del material en el tamiz.

6.3.2. Recurso Humano.

El recurso humano disponible en la trituradora San José se muestra en el organigrama de la figura 7.

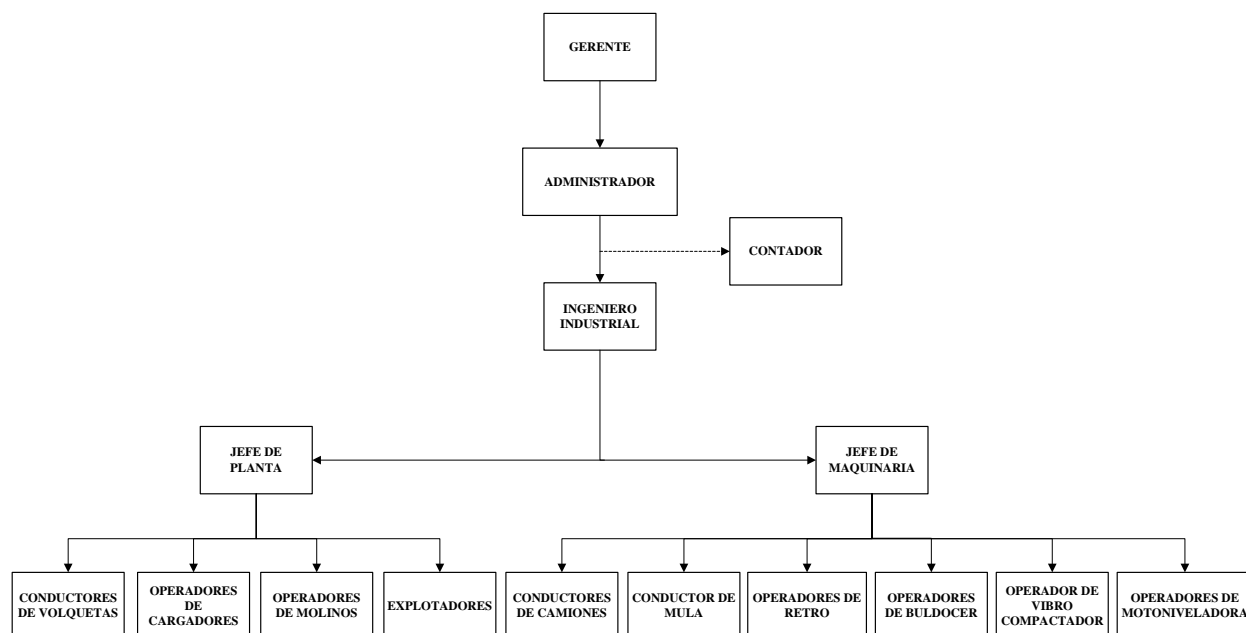


Figura 7. Organigrama de la Trituradora San José. Fuente: Autores.

6.3.3. Maquinaria Y Equipos.

La trituradora San José cuenta con la siguiente maquinaria y equipos para los procesos de trituración:

Tabla 8

Maquinaria y equipos

Proceso	Equipo
Extracción	Compresor ayudado de martillo
Cargue	Retroexcavadora CAT 315
	Volqueta
	Cargador CAT 988B
Transformación y clasificación	Molino de mandíbulas 10" x 24"
	Criba tipo circular 25" x 175"

Fuente: Autores

6.3.4. Almacenamiento.

El almacenamiento de los productos es de tipo temporal debido a que la producción tiene su destino final en el mercado local, la variedad de materiales transformados se almacena en áreas circundantes a la criba y en una tolva de 60m³ de capacidad que distribuye el material por gravedad en los vehículos de transporte.

6.3.5. Combustible.

El combustible utilizado en las operaciones de minería y transporte de material es el *Diésel* (ACPM) en los motores de combustión interna del compresor, la trituradora, el cargador, la retroexcavadora y volquetas. El consumo promedio diario de combustible es de ±30 galones.

6.3.6. Productos Químicos.

El insumo empleado para la extracción artesanal de la piedra caliza es la sustancia explosiva de tipo pólvora negra, deflagrante fabricado a partir de Clorato de Potasio (KClO₃), Nitrato de Potasio (KNO₃) y Azufre (S) en una proporción de 2:2:1. Reacción que genera gases nitrosos, monóxido y dióxido de carbono como principales contaminantes. Una voladura para extraer 120 m³ de piedra caliza requiere de 25 Kg de la mezcla explosiva.

7. Evaluación De Impacto Ambiental

7.1. Área De Influencia De La Actividad Minera

El área de influencia se estableció mediante marcación de puntos por GPS tal como se muestra en la figura. El área calculada para el polígono demarcado por los puntos es de 12,77 ha.



Figura 8. Área de la trituradora San José. Fuente: Google Earth 2012.

En las figuras 9 y 10 se muestra la vista satelital del área de la trituradora en dos instantes de tiempo: 2004 y 2012 respectivamente. Se pueden apreciar los cambios en el paisaje, el descapote por remoción de la cubierta vegetal evidencia la extensión de la actividad minera en aproximadamente un 20% más del territorio.

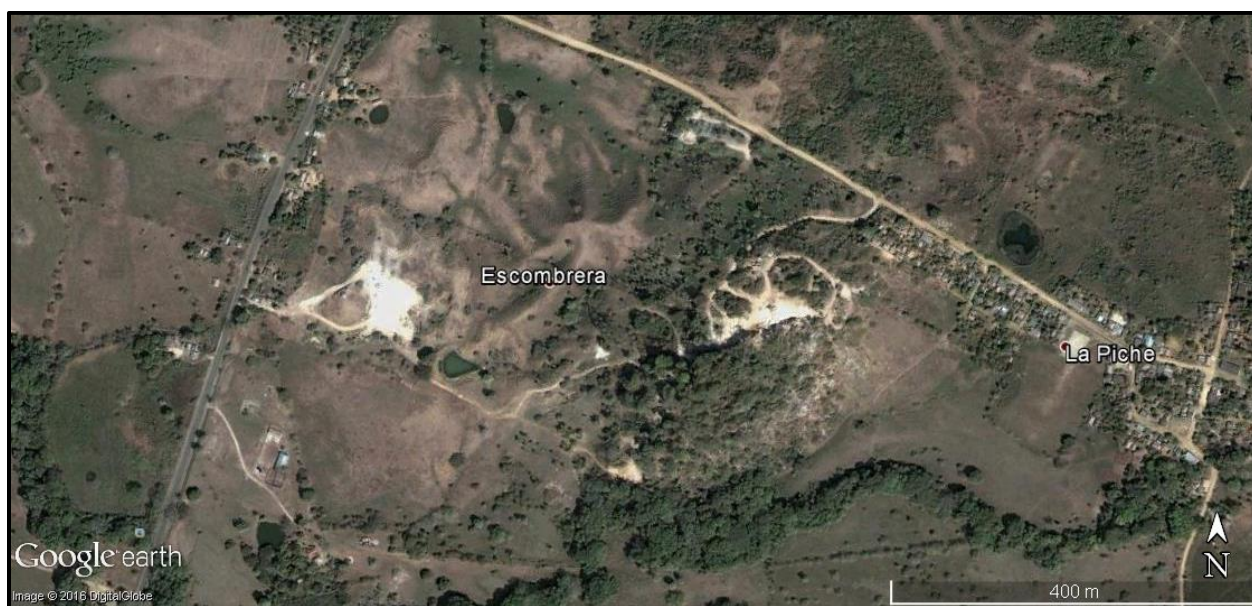


Figura 9. Vista satelital del área de la trituradora San José. Fuente: Google Earth (2004)

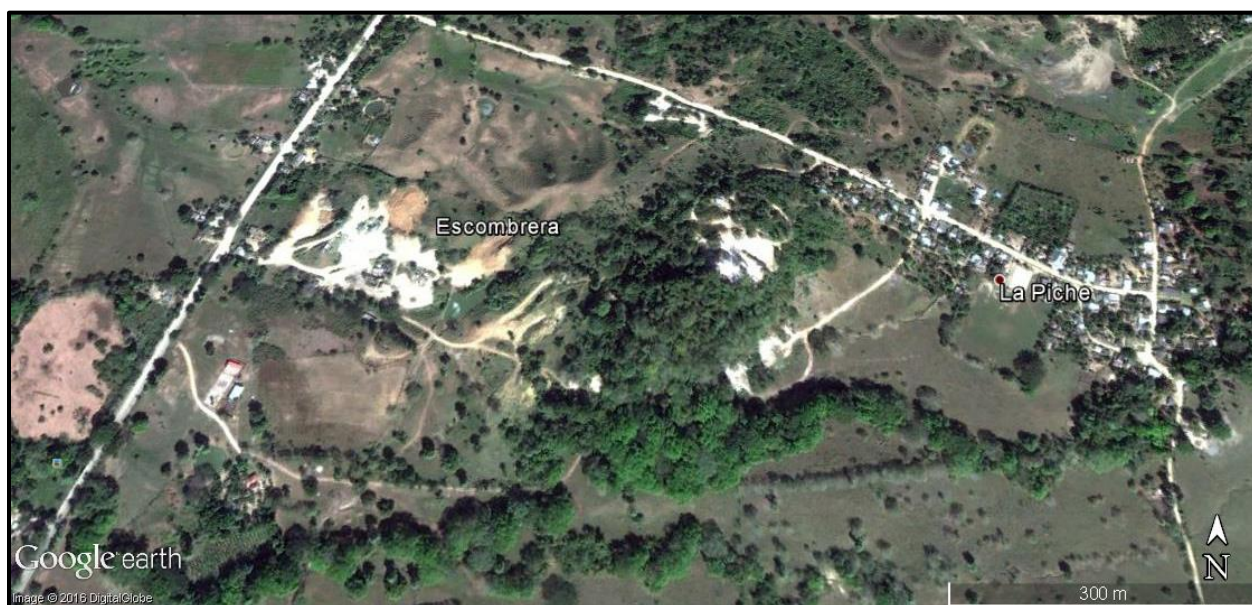


Figura 10. Vista satelital del área de la trituradora San José. Fuente: Google Earth (2012)

7.2. Verificación de Riqueza Biológica

Durante el tiempo de observación en el muestreo de campo, que fue de 6 horas aproximadamente, se evidenció presencia de solamente el 52,38% de las especies reportadas por CARSUCRE (2001), probablemente por las alteraciones en su hábitat, las coincidencias de ambas observaciones se resaltan con borde grueso en la tabla 9.

Tabla 9

Cuadro comparativo de especies en 2001 vs 2016

Especies Reportadas en 2001		Especies encontradas en 2016	
Mamíferos		Mamíferos	
Especie	Nombre Común	Especie	Nombre Común
<i>Sciurus granatensis</i>	Ardilla		
<i>Aloutta seniculusa</i>	Colorado	<i>Aloutta seniculusa</i>	Colorado
<i>Cebus capucinus</i>	Machín		
<i>Saccoteryx sp</i>	Murciélago		
<i>Pteropteryx sp</i>	Murciélago		
<i>Noctitio albiventris</i>	Murciélago		
<i>Mycronycteris sp</i>	Murciélago		
<i>Phyllostomus sp</i>	Murciélago		
<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero		
<i>Bradypus variegatus</i>	Perezoso		
<i>Sagninus oedipus</i>	Tití		
<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorra chucha	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorra chucha
Reptiles		Reptiles	
<i>Drynobius sp</i>	Azotadora	<i>Drynobius sp</i>	Azotadora
<i>Epicrates cencnria</i>	Candelilla	<i>Epicrates cencnria</i>	Candelilla
<i>Leimadophis melanotus</i>	Guarda camino	<i>Leimadophis melanotus</i>	Guarda camino
<i>Iguana iguana</i>	Iguana	<i>Iguana iguana</i>	Iguana
<i>Tretioscincus bifasciantun</i>	Lagartija	<i>Tretioscincus bifasciantun</i>	Lagartija
<i>Cnemidophorus lemniscatus</i>	Lobito	<i>Cnemidophorus lemniscatus</i>	Lobito
<i>Ameiva ameiva</i>	Lobito		
<i>Bolitoglossa sp</i>	Lobito		
<i>Corallus entiydris</i>	Mapana	<i>Corallus entiydris</i>	Mapana
<i>Bothrops langenbergii</i>	Patoco		

<i>Lepidoblefaris sp</i>	Salamanqueja	<i>Lepidoblefaris sp</i>	Salamanqueja
Aves		Aves	
<i>Momotus momota</i>	Barranquera	<i>Passerina cyanea</i>	Azulejo
<i>Polyborus plancus</i>	Caracara	<i>Serinus canaria</i>	Canario
<i>Arantiga pertinax</i>	Cotorra	<i>Arantiga pertinax</i>	Cotorra
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza	<i>Turdus grayi</i>	Casca
<i>Egretta thula</i>	Garza	<i>Pitangus Sulphuratus</i>	Chichafría
<i>Buteoroides sp</i>	Garza	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Cocinera – Maria Mulata
<i>Butteogallus sp</i>	Gavilán	<i>Accipiter nisus</i>	Gavilán
<i>Caragyps atratus</i>	Golero	<i>Coragyps atratus</i>	Golero
<i>Ara ararauna</i>	Guacamaya		
<i>Ortalis garrula</i>	Guacharaca		
<i>Cathartes aura</i>	Laura	<i>Cathartes aura</i>	Laura
<i>Tyto alba</i>	Lechuza		
<i>Amazona ochrocephala</i>	Loro		
<i>Leptotila sp</i>	Paloma	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma rabo blanco
<i>Crypturus soui</i>	Perdiz	<i>Patagioenas plumbea</i>	Paloma Caminadora
<i>Brotogeris juularis</i>	Perico		
<i>Glaucis hirsuta</i>	Picaflor		
<i>Milvago chimachima</i>	Pigua	<i>Milvago chimachima</i>	Pigua
<i>Jacama jacama</i>	Polloneta		
<i>Columba sp</i>	Torcaza		
<i>Columbina minuta</i>	Tórtola		

Fuente: Autores.

7.3. Análisis de Muestras de Agua

Para las muestras de agua recolectadas el día 10 de febrero de 2017, en los cuerpos de agua de los sitios de control, punto medio y en la cantera se hizo mediciones mediante el equipo multiparámetros YSI ProDSS y las variables medidas fueron Alcalinidad (pH), Turbidez (NTU), Conductividad (SPC-uS/cm), (Anexo 3) el análisis estadístico mediante comparación de medias ANAVA indica que existen diferencias significativas entre los tres sitios: Cantera (San José), Punto medio (Finca Las Gaviotas) y Control (Finca La Esperanza).

Como primer punto de análisis se encuentra la variable Conductividad, en el diagrama de cajas, se puede apreciar el valor medio de medición en la Trituradora San José (Cantera) fue 160,47 SPC-uS/cm, el valor medio de conductividad en el Punto de control Finca La Esperanza (Control) fue de 109,93 SPC-uS/cm y finalmente con el valor más alto se encuentra el Punto medio Finca Las Gaviotas (Punto Medio) se obtuvieron mediciones más altas con una media de 305,31 SPC-uS/cm.

La segunda variable objeto de análisis es el pH, los resultados muestran, en el diagrama de cajas, que los mayores valores se presentaron en la Trituradora San José (Cantera) con valores que oscilan entre 8,4 y 9,6. En la Finca Las Gaviotas (Punto Medio) los valores del pH oscilaron entre 8,2 y 8,6 y en la Finca La Esperanza (Control) los valores son más bajos y oscilan entre 7,5 y 7,8.

La tercera variable a analizar en las muestras de agua es la de turbidez mostrando los valores más altos en La Trituradora San José (Cantera) con gran variabilidad en los datos oscilando entre 7,9 y 34,3 NTU. En la Finca Las Gaviotas (Punto Medio) los datos medidos oscilaron entre 12,9 y 18,7 NTU. En la finca La Esperanza (Control) se presentaron los valores más bajos entre 6,9 y 16 NTU.

Finalmente, en el muestreo realizado el día 6 de marzo de 2017 en un cuerpo de agua (jagüey) en la zona de la Trituradora San José (Cantera), en la Finca Las Gaviotas (Punto Medio) y en la Finca La Esperanza (Control), se determinó la dureza total mediante el método de Titulación o estandarización.

Los resultados obtenidos en el laboratorio indicaron que los valores de dureza total más altos se presentaron en la Finca Las Gaviotas (Punto Medio) con valores entre 135 y 155 mg/L CaCO₃. En la Trituradora San José (Cantera) las mediciones oscilaron entre 80 y 95 mg/L CaCO₃ y los valores más bajos se presentaron en la Finca La Esperanza oscilando entre 50 y 60 mg/L CaCO₃.

7.4. Identificación De Impactos Ambientales

Se identificaron los siguientes impactos ambientales generados sobre los factores mencionados anteriormente:

Aire

- 1) Altos niveles de ruido
- 2) Vibraciones por trabajos de voladura y compresor de aire.
- 3) Liberación de material particulado por transformación y transporte del material.
- 4) Gases generados por explosiones, vehículos y maquinaria.

Agua

- 5) Alteración de los flujos de zonas de recarga y descarga de aguas lluvias.
- 6) Cambios en las propiedades físicas y químicas del agua.

Fauna

- 7) Destrucción del hábitat de aves, reptiles y mamíferos.

Flora

- 8) Eliminación de la cubierta vegetal.
- 9) Tala de árboles y arbustos.

Paisaje

- 10) Alteración de la calidad paisajística e incidencia visual por alteración de los componentes (relieve, fauna y flora)

Suelo

- 11) Pérdidas del suelo natural.
- 12) Cambio de la morfología y la topografía.
- 13) Compactación del suelo y aceleración de los procesos de erosión y sedimentación por el flujo de vehículos y construcción de senderos.
- 14) Contaminación por desechos de lubricantes y combustibles.

Economía

15) Generación de empleo en las actividades de minería, culturalmente habituales en esta subregión.

16) Beneficios económicos por la comercialización del material extraído y alquiler de maquinaria y equipos.

Humanos

17) Problemas de salud por bronco aspiraciones, enfermedades auditivas y accidentes laborales.

A partir de la identificación de los elementos anteriores, factores susceptibles y efectos se elaboró la siguiente matriz de impactos ambientales, que muestra el efecto que tienen las acciones sobre los elementos o factores del medio, tal y como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10

Matriz de identificación de impacto ambiental

Factores Ambientales	Acciones					
	Descapote	Voladura	Perforación	Recolección	Transporte	Procesamiento
Aire	-	1,2,3,4	1,2,3,4	1,3,4	3,4	1,3
Agua	5	5,6	5,6	-	5,6	6
Fauna	7	7	7	-	7	-
Flora	8,9	8,9	8	-	-	-
Paisaje	10	10	10	10	10	10
Suelo	11,12	11,12,13	11,12	-	13,14	14
Economía	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16
Humanos		17	17	17	-	17
Número de impactos	9	16	14	7	10	8

Fuente: Espinoza (2002).

7.5. Valoración De Los Impactos

Habiendo identificado las acciones que afectan los factores estudiados, las ponderaciones otorgadas a cada factor se expresan en la tabla 11.

Tabla 11

Matriz de valoración de impactos

Factores Ambientales		Aire		Agua		Fauna		Flora		Paisaje		Suelo		Economía		Humanos		No. de factores		Promedio	
		M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	+	-	+	-
Acciones	Descapote	0	0	-2	2	-3	3	-2	2	-2	2	-2	2	2	3	0	0	1	5	-1,5	
	Voladura	-2	3	-3	3	-3	3	-2	2	-2	2	-3	3	2	3	-3	3	1	7	-2	
	Perforación	-2	3	-3	3	-3	2	-1	1	-2	2	-3	3	2	3	-3	3	1	7	-1,875	
	Recolección	-1	1	0	0	0	0	0	0	-2	2	0	0	3	3	-3	3	1	3	-0,75	
	Transporte	-1	1	-2	1	-2	1	0	0	-2	2	-2	2	3	3	0	0	1	5	-0,75	
	Procesamiento	-2	2	-2	1	0	0	0	0	-2	2	-2	1	2	3	-3	3	1	4	-1,5	
No. de acciones	+											6									
	-	5		5		4		3		6		5				4					
Promedio	+																				
	-	-1,6		-2,4		-2,75		-1,666667		-2		-2,4		2,3333333		-3					

Fuente: Autores, a partir de Leopold (1971)

7.6. Descripción de los efectos ambientales

Analizando los datos de la tabla 8 de la valoración de impactos se pueden determinar los impactos más relevantes que se producen en el aire, agua, fauna, flora, paisaje, suelo, humanos y economía. Las evidencias fotográficas se pueden ver en el (Anexo 6).

En el factor **Aire** las acciones de perforación, voladura y procesamiento recibieron una calificación de daño medio (-2). El nivel de importancia que fue considerado como muy importante (3) en las fases de voladura y perforación y medianamente importante (2) en las fases de procesamiento. La ponderación negativa fue de (-1,6) debido a los altos niveles de ruido, vibraciones por trabajo de voladura y compresor de aire, liberación de material particulado por transformación y transporte del material y los gases generados por explosiones, vehículos y maquinaria.

Para el factor **Agua**, la voladura y perforación fueron las acciones más significativas, recibieron una calificación de daño grave al indicador (-3). El nivel de importancia considerado para ambas acciones fue de (3) considerándose muy importante para el indicador. La ponderación negativa de (-2,4) corresponde a los efectos negativos que recibe el agua, resultando en alteraciones en los flujos de zonas de recarga y descarga de aguas superficiales y cambios en las propiedades físicas y químicas del agua.

Para el factor **Fauna**, el descapote, voladura y perforación fueron las acciones que produjeron impactos más significativos en este factor, calificados como daño grave (-3). El nivel de importancia en los casos fue de medianamente importante (2) para la perforación y muy importante (3) para los casos de descapote y voladura. La ponderación negativa de (-2,75) obedece a los efectos debido a que en estas acciones se destruye el hábitat de aves, reptiles y mamíferos. A ello se suma la constante emisión de ruidos y vibraciones que ahuyentan la fauna del lugar.

En la **Flora**, el descapote y voladura fueron ponderadas con una calificación de daño medio (-2). El nivel de importancia para ambos casos fue considerado como medianamente importante

(2). La ponderación negativa de (-1,67) corresponde a los efectos generados a partir de la eliminación de la cubierta vegetal y la tala de árboles y arbustos.

Paisaje, este factor fue calificado como daño medio (-2) en todas las acciones de actividad minera. El nivel de importancia fue medianamente importante (2). La ponderación negativa fue de (-2) correspondiente a la alteración de la calidad paisajística e incidencia visual por alteración de los componentes de relieve, fauna y flora.

El factor **Suelo** fue calificado como daño medio (-2) en la fase de descapote y transporte y daño grave (-3) en las fases de voladura y perforación. El nivel de importancia fue medianamente importante (2) para descapote y transporte y muy importante (3) para voladura y perforación. La ponderación negativa fue de (-2,4) que corresponde a la pérdida del suelo natural, cambios en la morfología y topografía y contaminación del suelo y aceleración de los procesos de erosión y sedimentación por el flujo de vehículos y construcción de senderos y contaminación por desechos de lubricantes y combustibles.

El factor **Economía** refleja la afectación positiva considerado como grandemente positivo (+3) en las fases de recolección y transporte y como medianamente positivo (+2) en el resto de factores. El nivel de importancia fue considerado como muy importante en todas las etapas de la actividad minera. La ponderación positiva de (2,33) obedece a que se genera empleo en las actividades mineras, beneficios económicos por las actividades de extracción de piedra caliza y alquiler de maquinaria y equipos.

Humanos en este factor se consideró como daño grave (-3) en las fases de voladura, perforación, recolección y procesamiento. El nivel de importancia fue considerado como muy importante (3). La ponderación negativa fue de (-3) debido a los riesgos a la salud humana, por bronco aspiraciones, enfermedades auditivas y accidentes laborales que se presentan en la manipulación de pólvora y las actividades de trituración.

8. Conclusiones

El suelo, el agua, la fauna y el humano fueron los factores que recibieron mayor valoración negativa, los dos primeros como (-2,4), la fauna con (-2,75) y el factor humano con (-3). Siguiendo la metodología de (Leopold et al., 1971) el factor suelo fue considerado como daño medio (-2) en las fases de descapote y transporte considerado como importante (2) y daño grave (-3), y en las fases de voladura y perforación con nivel de importancia (3).

Para los resultados de las muestras de agua se puede concluir que la variable que mejor describe el impacto causado por las actividades de minería sobre el cuerpo de agua presente en el agua de influencia fue la turbidez, que fue mayor en la cantera oscilando con valores entre 7,9 y 34,3 NTU como se puede apreciar las mediciones en las muestras (Anexo 2, Sitio 2), indicando la presencia de sólidos totales disueltos en el agua, lo que dificulta la filtración de la luz y afecta el ecosistema acuático, también contribuye a que otros materiales como metales se quede con facilidad en la superficie.

La presencia del carbonato de calcio expresado en términos de dureza indicó que la finca Las Gaviotas (punto medio) presentó la mayor concentración frente a los demás puntos, posiblemente debido a que se utiliza el carbonato de calcio para reducir el pH del agua y mantener un ecosistema adecuado respecto a la cría de peces que se presenta en ese jagüey. El sitio de la Trituradora San José no presentó los valores de dureza esperados, probablemente por las precipitaciones presentadas en los días del muestreo lo que hace que las partículas sean desplazadas y debido también a la cubierta vegetal que rodea el jagüey a modo de barrera natural.

Mediante la evaluación de impacto ambiental generada en este estudio se pudo identificar un total de 17 impactos mediante la interacción de las actividades generadoras sobre los factores susceptibles de impacto. Dentro de ello se puede resaltar que el 88,23 % (15) de los impactos fueron negativos y sólo el 11,76% (2) de los impactos se identificaron como positivos.

Las acciones que mayor impacto causaron a los factores susceptibles fueron: el descapote (-1,5), voladura (-2), perforación (-1,875) y procesamiento (-1,5), estos resultados pueden ser comparados con los obtenidos por (Hernández-Jabit et al., 2014; Hernández Jatib et al., 2011).

Parte de los resultados obtenidos en este estudio pueden ser comparados con el trabajo de (Jiménez-Escobar & Estupiñán-González, 2012) debido a que todas las especies de flora encontradas en el área de influencia de la mina coinciden con los resultados de su trabajo.

Los resultados obtenidos coinciden con el trabajo de Pérez & Sabogal (2016) en la significancia de los efectos negativos sobre el suelo, otros medios bióticos.

9. Recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación de impactos ambientales, se identifican los mismos por efecto que produzcan, con el propósito de establecer las medidas de mitigación que será necesario implementar.

9.1. Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación en las alternaciones sobre los diferentes componentes ambientales y en las acciones identificada como generadoras de impacto ambiental tienen como objetivo fundamental el de disminuir los impactos causados por las actividades de la exploración y explotación de la Trituradora San José.

9.2. Identificación de los sitios y actividades críticas

Se mencionó los principales riesgos asociados al desarrollo de la actividad minera y se identificó como sitios críticos, el área de minas y la planta de transformación de materiales.

Las actividades de la exploración y explotación que mayor incidencia tienen sobre los diferentes componentes ambientales son: la tala de árboles para limpieza de terreno (descapote), la perforación y voladuras de rocas (extracción minera), la reducción y clasificación de tamaño (Procesamiento y clasificación del material) y el cargue y transporte de materiales.

Los componentes del área que son susceptibles a recibir impactos ambientales generados por las operaciones.

Por su parte los componentes del área que son susceptibles a recibir impactos ambientales generados por las operaciones son: en el aire, agua, fauna, flora, paisaje, suelo, humanos y economía.

Los efectos ambientales que se generan en el entorno tienen que ver con: cambios de las características edáficas y usos del suelo, destrucción de especies y comunidades vegetales, desplazamiento de especies y poblaciones animales, erosión, inestabilidad geológica,

modificaciones morfológicas y del paisaje, vibraciones y contaminación por material particulado, gases y ruido.

En la tabla 12 se muestra una descripción de las alteraciones ambientales causadas por explotación y sus correspondientes medidas correctoras.

Tabla 12

Medidas de mitigación de impacto

FACTOR	TIPO DE IMPACTO	ACCIONES CORRECTORAS O DE RECUPERACION
IMPACTO SOBRE EL AIRE	<ol style="list-style-type: none"> Contaminación del AIRE por material particulado, polvo y gases, derivadas de las operaciones de arranque del material calcáreo y del tráfico de volquetas y de maquinaria pesadas. Contaminación sónica (perforación, voladuras, cargue y transporte de material) 	<ul style="list-style-type: none"> Riegos periódicos de las vías de acceso, con agua Revegetación de terrenos restituidos (superficies finales de taludes) Control de polvo durante la perforación Reducción de velocidad de circulación y minimización de los vehículos Riegos de pilas de material
IMPACTOS SOBRE EL SUELO	<ol style="list-style-type: none"> Ocupación irreversible del suelo por la extracción del material y por las construcciones de vías. Inducción de efectos edáficos negativos por operaciones derivadas con la extracción del mineral. 	<ul style="list-style-type: none"> Retirada y acopio de material de descapote de las áreas ocupadas por la explotación Restauración de suelo que permita la utilización productiva y ecológica del suelo una vez explotado
IMPACTOS SOBRE LA FLORA Y FAUNA	<ol style="list-style-type: none"> Eliminación o alteración de hábitat vegetales terrestres para la fauna, así como desplazamiento o concentración de especies motivados por la explotación minera y por la construcción de vías. Cambios en las pautas de comportamiento de la fauna por perturbaciones causadas debido al tráfico de maquinaria pesada y a la construcción de vías e infraestructura. Eliminación o reducción de la cubierta vegetal y dificultad en la regeneración de la vegetación por la pérdida de elementos fértiles. 	<ul style="list-style-type: none"> Revegetación de los ecosistemas afectados, con especies nativas Adoptar medidas para la optimización del tráfico y la disminución de ruidos Preparación del suelo, mejora del microclima (riego, abonado) y revegetación con especie nativas de los ecosistemas afectados.
IMPACTOS SOBRE LOS PROCESOS GEOFISICOS	<ol style="list-style-type: none"> Aumento de la carga de sedimentación, en épocas de lluvia Aumento de la erosión derivada de las operaciones de descapote y en la trituración de la materia prima 	<ul style="list-style-type: none"> Adoptar medidas para evitar la producción de material participado Restablecer red de drenaje con canales perimetrales

		<ul style="list-style-type: none"> • Recogida y tratamiento de los vertidos líquidos provenientes del mantenimiento de la maquinaria
IMPACTO SOBRE EL PAISAJE	1. Perturbación global del paisaje de carácter severa en la explotación de la mina y de menor entidad por la mayor facilidad de control y temporalidad, la de construcción de planta accesos e infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción, en lo posible, del tamaño de las excavaciones. • Utilizar los productos de las excavaciones para rellenar en otros lugares. • Plantación de árboles y arbustos que actúen como pantalla visual.
IMPACTO SOBRE HUMANOS	1. Riesgos a la salud humana, por bronco aspiraciones, enfermedades auditivas y accidentes laborales.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de tapabocas, cascos, botas y arnés.
IMPACTOS SOBRE EL MEDIO ECONOMICO	No se perciben impactos negativos sobre el medio social y económico	

Fuente: Autores.

9.3. Plan de Contingencia

- ✓ Prevenir la ocurrencia de deslizamientos y desprendimientos de materiales del subsuelo debido al rompimiento de su equilibrio, dada la introducción de prácticas de descapote, de arranque de rocas y de almacenamiento temporal de materiales pétreos, mediante la reducción del ángulo de inclinación de las pendientes y el monitoreo continuo.
- ✓ Prevenir la inducción de factores iniciadores de materiales explosivos para evitar la acción súbita y no controlada de explosiones, mediante capacitaciones para el manejo adecuado de los explosivos.
- ✓ Disminuir la probabilidad de ocurrencia de accidentes graves con maquinaria y equipos mineros, que produzca daños sobre las personas y el deterioro o pérdida de dichos equipos, mediante el uso de elemento de seguridad y un programa de seguridad y salud en el trabajo.

10. Referencias Bibliográficas

- Ahmady-Birgani, H., Mirnejad, H., Feiznia, S., & McQueen, K. G. (2015). Mineralogy and Geochemistry of Atmospheric Particulates in Western Iran. *Atmospheric Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.08.021>
- Alderson, S. W. (1967). The Development of Anthropomorphic Test Dummies to Match Specific Human Responses to Accelerations and Impacts. SAE International . <https://doi.org/10.4271/670908>
- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.
- ARIJ. (2006). Overview of the Palestinian environment. In *The Status of the Environment in the West Bank* (p. 36). Recuperado de https://www.arij.org/files/admin/1997-3_The_Status_of_the_Environment_in_the_West_Bank.pdf
- Armengot, J., Espí, J. A., & Vázquez, F. (2006). Orígenes y desarrollo de la minería. *Industria Y Minería*, (365), 17–28. Recuperado de http://ingenierosdeminas.org/publica/IM/IM365-origenes_mineria.pdf
- Babich, H., & Stotzky, G. (1972). Ecologic Ramifications of Air Pollution. <https://doi.org/10.4271/720630>
- Babor, J. A., & Aznárez, J. I. (1977). *Química general moderna: una introducción a la química física y a la química descriptiva superior (inorgánica, orgánica y bioquímica)*. Manuel Marín. Recuperado de <https://books.google.com.co/books?id=JWDZmwEACAAJ>
- Bonilla Aya, G. C., & Cubillos Vera, D. M. (2014). *Evaluación Ambiental Para la mina de Caliza “Minerales Santa Rosa” ubicada en la vereda Santa Rosa, Municipio de Valle de San Juan, Departamento del Tolima*. Univesidad del Tolima. Recuperado de <http://repository.ut.edu.co/handle/001/1118>
- Canter, L. W. (1998). *Manual de Evaluacion de Impacto Ambiental Técnicas para la elaboración de estudios de impacto* (1a ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- CARSUCRE. (2001). PLAN MANEJO AMBIENTAL PARA LA EXPLOTACIÓN DE

MATERIALES PÉTREOS TRITURADORA SAN JOSÉ. Toluviéjo. Recuperado de Documento Impreso

Conesa Fernández-Vítora, V. (1993). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid: Mundi-Prensa Madrid.

Corbett, E. A., Anderson, R. C., & Rodgers, C. S. (1996). Prairie revegetation of a strip mine in Illinois: Fifteen years after establishment. *Restoration Ecology*, 4(4), 346–354. Recuperado de <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0030317688&partnerID=tZOtx3y1>

Darwish, T., Khater, C., Jomaa, I., Stehouwer, R., Shaban, A., & Hamzé, M. (2010). Environmental impact of quarries on natural resources in Lebanon. *Land Degradation and Development*, 22(3), 345–358. <https://doi.org/10.1002/ldr.1011>

Darwish, T. M., STEHOUWER, R., MILLER, D., SLOAN, J., JOMAA, I., SHABAN, A., ... HAMZÉ, M. (2008). Assessment of Abandoned Quarries for Revegetation and Water Harvesting in Lebanon, East Mediterraeen. *Ecosystems Science and Management*. Recuperado de [http://www.asmr.us/Publications/Conference Proceedings/2008/0271-Darwish-PA.pdf](http://www.asmr.us/Publications/Conference_Proceedings/2008/0271-Darwish-PA.pdf)

Daugherty, H. E. (1972). The Impact of Man on the Zoogeography of El Salvador. *Biological Conservation*, 4(4). Recuperado de https://books.google.com.co/books/about/The_Impact_of_Man_on_the_Zoogeography_of.html?id=1PVhnQEACAAJ&redir_esc=y

De La Rosa, J. D. (2008). Contaminación Atmosférica de Material Particulado Provocada por la Extracción Minera. *Macla: Revista de La Sociedad Española de Mineralogía*, 10, 85–88. Recuperado de http://www.ehu.es/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_85.pdf

Delgado Alvarez, G. (2011). *Evaluación ambiental de extracción de caliza, minería Artesanal no metálica, en zona de amortiguamiento–Bosque de protección Alto Mayo, Rioja–2010*. Recuperado de <http://tesis.unsm.edu.pe/jspui/handle/11458/294>

Dockery, D. W., Pope, C. A., Xu, X., Spengler, J. D., Ware, J. H., Fay, M. E., ... Speizer, F. E. (1993). An association between air pollution and mortality in six US cities. *New England Journal of Medicine*, 329(24), 1753–1759. Recuperado de

- <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJM199312093292401>
- El-Fadel, M., Zeinati, M., & Jamali, D. (2000). Framework for environmental impact assessment in Lebanon. *Environmental Impact Assessment Review*, 20(5), 579–604. [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(00\)00034-2](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(00)00034-2)
- El Meridiano. (2015, May 17). Daño ambiental en Toluviejo. *El Meridiano de Sucre*. Sincelejo. Recuperado de <http://elmeridiano.co/dano-ambiental-en-toluviejo/6485>
- ESCWA. (2001). *Development of guidelines for harmonized environmental impact assessment suitable for the ESCWA region*. (U. N. E. and S. C. for W. Asia, Ed.). New York: United Nations. Recuperado de <http://catalogue.nla.gov.au/Record/273637>
- Espinoza, G. (2002). *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Recuperado de <http://www.ced.cl/ced/wp-content/uploads/2009/03/gestion-y-fundamentos-de-eia.pdf>
- Ezeh, G. C., Obioh, I. B., Asubiojo, O. I., Chiari, M., Nava, S., Calzolari, G., ... Nuviadenu, C. (2015). The complementarity of PIXE and PIGE techniques: A case study of size segregated airborne particulates collected from a Nigeria city. *Applied Radiation and Isotopes: Including Data, Instrumentation and Methods for Use in Agriculture, Industry and Medicine*, 103, 82–92. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2015.05.015>
- FEDESARROLLO. (2008). *LA MINERIA EN COLOMBIA: IMPACTO SOCIOECONÓMICO Y FISCAL*. Bogotá. Recuperado de <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/La-minería-en-Colombia-Informe-de-Fedesarrollo-2008.pdf>
- Fernández Muerza, A. (2007). Impacto ambiental de la minería a cielo abierto. Retrieved April 4, 2017, from <http://www.ambientum.com/revistanueva/2007-02/suelosyresiduos/minas.asp>
- García Leyton, L. A. (2004, August 3). *Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales*. Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado de <http://www.tdx.cat/handle/10803/6830>
- Glickman, T. S., & Zenk, W. (2000). *Glossary of Meteorology*. Boston: American Meteorological Society. Recuperado de <http://oceanrep.geomar.de/6557/>
- Gómora, M. J. G. (1994). Explotación de piedra caliza en el Peten Campechano. *Mayab*, (9), 8–17. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2774787>
- Goudie, A. S. (2013). *The human impact on the natural environment: past, present, and future*.

- John Wiley & Sons. Recuperado de <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-EHEP002717.html>
- Guerra Toledo, R., & Acevedo Rojas, H. (2005). *Factibilidad técnica y económica de la explotación de un yacimiento de caliza en la región Metropolitana*. Universidad de Chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/111195>
- Gunn, J., & Bailey, D. (1993). Limestone quarrying and quarry reclamation in Britain. *Environmental Geology*, 21(3), 167–172. <https://doi.org/10.1007/BF00775301>
- Gunn, J., & Hobbs, S. L. (1999). Limestone quarrying: hydrogeological impacts, consequences, implications: in H. H. D. Drew (Ed.), *Karst hydrology and human activities-Impacts, consequences and implications: AA Balkema* (pp. 192–201). Rotterdam: Balkema. <https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1998.031.P2.10>
- Hernández-Jabit, N., Ullola-Carcasés, M., Almaguer-Carmenate, Y., & Rosario Ferrer, Y. (2014). Evaluación Ambiental Asociada a la Explotación del Yacimiento de Materiales de Construcción la Inagua, Guantánamo, Cuba. *Luna Azul*, (38), 146–158. <https://doi.org/10.17151/luaz.2015.41.19>
- Hernández Guerrero, C. J. (2001). Rocas calizas: Formación, ciclo del carbonato, propiedades, aplicaciones, distribución y perspectivas en la Mixteca Oaxaqueña. *TEMAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, 5, 3–14. Recuperado de <http://www.utm.mx/temas/temas-docs/ensayo1t14R.pdf>
- Hernández Jatib, N., Ulloa Carcasés, M., & Rosario Ferrer, Y. (2011). Impacto ambiental de la explotación del yacimiento de materiales de construcción El Cacao. *Minería Y Geología*, 27(1), 38–53. Recuperado de <http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/view/142>
- Herrera Herbert, J., & Pla Ortiz de Urbina, F. (2006). *Métodos de Minería a Cielo Abierto*. (J. Herrera Herbert, Ed.). Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas. Recuperado de <http://oa.upm.es/10675/>
- Hess, J. W., & Slattery, L. D. (1999). Extractive industries impact. In H. H. (Eds. . D. Drew (Ed.), *Karst Hydrogeology and Human Activities: Impacts, Consequences and Implications* (pp. 187–192). Rotterdam: Balkema. Recuperado de

- [https://books.google.com.co/books?id=whgNDVXFiqYC&pg=PT971&lpg=PT971&dq=Hess,+J.+W.,+%26+Slattery,+L.+D.+\(1999\).&source=bl&ots=WnkH1hYgEg&sig=2BVOafDZHF-g7xhHzq__RNZ1iHg&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Hess%2C%20J.W.%2C%20Slattery%2CL.D.\(1999\).](https://books.google.com.co/books?id=whgNDVXFiqYC&pg=PT971&lpg=PT971&dq=Hess,+J.+W.,+%26+Slattery,+L.+D.+(1999).&source=bl&ots=WnkH1hYgEg&sig=2BVOafDZHF-g7xhHzq__RNZ1iHg&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Hess%2C%20J.W.%2C%20Slattery%2CL.D.(1999).)
- Hilson, G., & Murck, B. (2000). Sustainable development in the mining industry: clarifying the corporate perspective. *Resources Policy*, 26(4), 227–238. [https://doi.org/10.1016/S0301-4207\(00\)00041-6](https://doi.org/10.1016/S0301-4207(00)00041-6)
- Hinds, W. C. (1999). Atmospheric aerosols. In *Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles* (2nd ed., pp. 304–315). Wiley-Interscience. Recuperado de <https://books.google.com.co/books?isbn=1118591976>
- Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., Van Der Linden, P. J., & Xiaosu, D. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of the Working Group 1 to the Third Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- International Plant Nutrition Institute. (2008). Carbonato de calcio. *Fuentes de Nutrientes Específicos*. Recuperado de [https://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/0248CCB8DFC442E985257BBA0059D03A/\\$FILE/NSS-ES-18.pdf](https://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/0248CCB8DFC442E985257BBA0059D03A/$FILE/NSS-ES-18.pdf)
- Ivaskova, M., Kotes, P., & Brodnan, M. (2015). Air Pollution as an Important Factor in Construction Materials Deterioration in Slovak Republic. *Procedia Engineering*, 108, 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.128>
- Jiménez-Escobar, N. D., & Estupiñán-González, A. C. (2012). RIQUEZA DE ESPECIES ARBÓREAS UTILIZADAS POR LAS COMUNIDADES CAMPESINAS DEL CARIBE CLOMBIANO. In J. O. R. Ch. (Ed.), *COLOMBIA DIVERSIDAD BIÓTICA XII La región Caribe de Colombia* (Primera, pp. 653–676). Bogotá, D.C., Colombia. Recuperado de https://www.academia.edu/15298594/RIQUEZA_DE_ESPECIES_ARBÓREAS_UTILIZADAS_POR_LAS_COMUNIDADES_CAMPESINAS_DEL_CARIBE_COLOMBIANO?auto=download
- Joun, Y. P. (1971). Information requirement for socio-ecological models. *The Annals of Regional Science*, 5(1), 25–32. <https://doi.org/10.1007/BF01288110>

- Khater, C. (2004). Dynamiques végétales post-perturbations sur les carrières calcaires au Liban. Stratégies pour l'écologie de la restauration en régions Méditerranéennes. Université Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc. Recuperado de <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00413773>
- Khater, C., Martin, A., & Maillet, J. (2003). Spontaneous vegetation dynamics and restoration prospects for limestone quarries in Lebanon. *Applied Vegetation Science*, 6(2), 199–204. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2003.tb00580.x>
- King, H. M. (2005). Limestone What Is Limestone and How Is It Used? Retrieved August 11, 2015, from <http://geology.com/rocks/limestone.shtml>
- Leopold, L. B. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact* (Vol. 28). US Dept. of the Interior.
- Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. *Geological Survey Circular*, 645(1), 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.10.032>
- Lin, C., Tong, X., Lu, W., Yan, L., Wu, Y., Nie, C., ... Long, J. (2005). Environmental impacts of surface mining on mined lands, affected streams and agricultural lands in the Dabaoshan Mine region, southern China. *Land Degradation & Development*, 16(5), 463–474. <https://doi.org/10.1002/ldr.675>
- Lutgens, F. K. (2006). *ESSENTIALS OF GEOLOGY/FREDERICK LUTGENS, EDWARD J. TARBUCK*.
- Mena Crespo, M. (2012). *Estudio de vibraciones en una cantera de caliza con empleo de detonadores electrónicos*. Minas. Recuperado de http://oa.upm.es/14998/1/PFC_Miguel_Mena_Crespo.pdf
- Milgrom, T. (2008). Environmental aspects of rehabilitating abandoned quarries: Israel as a case study. *Landscape and Urban Planning*, 87(3), 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.06.007>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, & Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. (2014). Límite departamental Drenaje doble Bosque Seco Tropical Origen : Central, 78. Recuperado de

- [http://www.humboldt.org.co/images/pdf/Mapa actual_BST_100K.pdf](http://www.humboldt.org.co/images/pdf/Mapa_actual_BST_100K.pdf)
- Ministerio de Minas. (2009). *ASÍ ES LA MINERÍA*. Bogotá: SIMCO. Recuperado de http://www.simco.gov.co/Portals/0/archivos/Cartilla_Mineria.pdf
- Ministerio de Minas y Energía. (2015). *Análisis Del Comportamiento Del Pib Minero Segundo Trimestre De 2015*. Colombia. Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/boletines?idBoletin=257>
- Miranda Romero, K. A., & Ortíz Flórez, L. A. (2013). *Evaluación de la Concentración de Material Particulado Suspendido PM10 y su Relación con la Morbilidad Asociados a ERA'S en Niños Menores a Catorce Años por Efermedad Respiratoria Aguda en el Municipio de Toluviéjo (Sucre)*. UNIVERSIDAD DE LA SALLE. Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/14074>
- Municipio de Toluviéjo. Plan de desarrollo - Toluviéjo - Sucre (2012-2015) (2012). Recuperado de http://toluviéjo-sucre.gov.co/apc-aa-files/63616163626565386437343032343466/plan_de_desarrollo_toluviéjo_sucre_2012_2015.pdf
- Nieman, T. J., & Merkin, Z. R. (1995). Wildlife management, surface mining, and regional planning. *Growth and Change*, 26(3), 405–424. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2257.1995.tb00178.x>
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable. Organización Mundial de la Salud* (Vol. 1). Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- Pérez, L. G. (1989). *Diagnóstico de la minería no metálica de Chile*. INTEC. Recuperado de <https://books.google.com.co/books?id=bezWSAAACAAJ>
- Pérez Flórez, T. M., & Sabogal Arias, M. A. (2016). *Formulación de estrategias de manejo ambiental para los impactos ambientales generados por procesos de minería a cielo abierto en el humedal laguna de la herrera*. Universidad Libre. Recuperado de <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/8118>
- Phillips, J. (2009). The development and application of a geocybernetic model of sustainability. Exeter University. Recuperado de <http://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.499616>

- Phillips, J. (2010). A mathematical model of sustainable development using ideas of coupled environment-human systems (Invited Article). *The Pelican Web's Journal of Sustainable Development*, 6(5). <https://doi.org/10.1007/s11625-009-0103-3>
- Phillips, J. (2010). The advancement of a mathematical model of sustainable development. *Sustainability Science*, 5(1), 127–142. <https://doi.org/10.1007/s11625-009-0103-3>
- Phillips, J. (2012). The level and nature of sustainability for clusters of abandoned limestone quarries in the southern Palestinian West Bank. *Applied Geography*, 32(2), 376–392. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.06.009>
- Pimienta, J. (1980). *La captación de aguas subterráneas*. Reverte. Recuperado de https://books.google.com.co/books/about/La_captación_de_aguas_subterráneas.html?id=OPj61eak4ycC&redir_esc=y
- RED NACIONAL DE AGENCIAS DE DESARROLLO LOCAL DE COLOMBIA. (2013). *PLAN ESTRATÉGICO DEPARTAMENTAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DE SUCRE*. Sincelejo.
- República de Colombia. Constitución Política Nacional Colombiana. (Corte Constitucional, Ed.) (1991). Colombia: Imprenta Nacional. Recuperado de http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion_politica_de_Colombia_-_2015.pdf
- Sánchez, L. E. (1998). Industry Response to the Challenge of Sustainability: The Case of the Canadian Nonferrous Mining Sector. *Environmental Management*, 22(4), 521–531. <https://doi.org/10.1007/s002679900125>
- SIMCO. (2016). *La serie de tiempo historica de producción de caliza*. Recuperado de http://www.upme.gov.co/GeneradorConsultas/Consulta_Series.aspx?idmodulo=4&tiposerie=110&grupo=346
- Sullivan, J., Aggett, J., Amacher, G., & Burger, J. (2005). Financial viability of reforesting reclaimed surface mined lands, the burden of site conversion costs, and carbon payments as reforestation incentives. *Resources Policy*, 30(4), 247–258. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.08.001>
- Tetreault, D. (2012). La minería mexicana en el contexto internacional. *Revista Observatorio Del*

- Desarrollo*, *I*(3). Recuperado de <http://www.estudiosdeldesarrollo.mx/observatorio/ob3/5.pdf>
- Urich, P. B. (2002). Land use in karst terrain: Review of impacts of primary activities on temperate karst ecosystems. *Science for Conservation*, (198), 5–58. <https://doi.org/PNR61>
- USGS - U.S. Geological Survey. (2016). Turbidity - Water Properties, USGS Water Science School. Retrieved February 22, 2017, from <https://water.usgs.gov/edu/turbidity.html>
- Vartzburger, R. (2004). Background Document: Environmental hazards from quarries. *Knesset (Israel's Parliament)–research and Information Center (Hebrew), Jerusalem*. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204608001011>
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., ... Umaña, A. M. (2004). *Manual De Métodos Para El Desarrollo De Inventarios De Biodiversidad. Programa Inventarios de Biodiversidad; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Bogotá, D.C., Colombia. Recuperado de <http://www.humboldt.org.co/es/component/k2/item/273-manual-de-metodos-para-el-desarrollo-de-inventarios-de-biodiversidad/273-manual-de-metodos-para-el-desarrollo-de-inventarios-de-biodiversidad>
- Willis, K. G., & Garrod, G. D. (1999). Externalities from extraction of aggregates. *Resources Policy*, 25(2), 77–86. [https://doi.org/10.1016/S0301-4207\(99\)00012-4](https://doi.org/10.1016/S0301-4207(99)00012-4)
- Worrall, R., Neil, D., Brereton, D., & Mulligan, D. (2010). Towards a sustainability criteria and indicators framework for legacy mine land. *Journal of Cleaner Production*, 17(16), 1426–1434. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.04.013>

ANEXOS

11. Anexos

11.1. Anexo 1. Formato de Inventario de especies

Tabla 13

Especies arbóreas en el área

Nombre Común	Especie
Bajagua	<i>Senna reticulata</i>
Balso	<i>Ochroma pyramidale</i>
Bambú verde	<i>Bambusoideae</i>
Bocachina	<i>Muntingia calabura</i>
Bonga	<i>Ceiba pentandra</i>
Brasil	<i>Caesalpinia echinata</i>
Camajón	<i>Sterculia apetala</i>
Campano	<i>Samanea saman</i>
Cañaguata	<i>Tabebuia chrysantha</i>
Caracolí	<i>Anacardium excelsum</i>
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>
Ceiba de leche	<i>Hura crepitans</i>
Ciruela	<i>Spondias purpurea</i>
Coco	<i>Spondias mombin</i>
Guacamayo	<i>Albizia niopoides</i>
Guadua (verde)	<i>Guadua glomerata</i> Munro
Guanábana	<i>Annona muricata</i>
Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>
Guásimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Guayaba agria	<i>Psidium guineense</i>
Guayacán	<i>Bulnesia arborea</i>
Guayada dulce	<i>Psidium guajava</i>
Higuerón	<i>Ficus aurea</i>
Jobo	<i>Spondias mombin</i>
Limón	<i>Citrus maxima</i>
Limón mandarina	<i>Citrus reticulata</i>
Mamón	<i>Melicoccus bijugatus</i>
Mango	<i>Mangifera indica</i>
Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>
Nin (Repelente para moscas)	<i>Azadirachta indica</i>
Ñipi ñipi – fiñique	<i>Sapium glandulosum</i>
Orejero	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
Palma amarga	<i>Sabal mauritiformis</i>
Palma estera	<i>Astrocaryum malybo</i>
Perico o árbol loro	<i>Schotia brachypetala</i>
Piñón	<i>Sterculia apetala</i>
Roble	<i>Tabebuia rosea</i>
Tamarindo	<i>Dialium guianense</i>
Teca	<i>Tectona grandis</i>
Totumo	<i>Crescentia cujete</i>
Uva de lata dulce	<i>Bactris guineensis</i>

Fuente: Autores.

Tabla 14

Aves encontradas en el área

Especie	Nombre Común
<i>Passerina cyanea</i>	Azulejo
<i>Serinus canaria</i>	Canario
<i>Turdus grayi</i>	Casca
<i>Pitangus Sulphuratus</i>	Chichafría
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Cocinera – Maria Mulata
<i>Myiopsitta monachus</i>	Cotorra
<i>Accipiter nisus</i>	Gavilán
<i>Coragyps atratus</i>	Golero
<i>Cathartes aura</i>	Laura
<i>Patagioenas plumbea</i>	Paloma Caminadora
<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma rabo blanco
<i>Milvago chimachima</i>	Pigua

Fuente: Autores.

11.2. Anexo 2. Mediciones en muestras de Agua

Tabla 15

Mediciones de realizadas con equipo multiparámetros YSI ProDSS

Muestra	Sitio	Fecha	Hora	Temp °C	Conductividad SPC-uS/cm	pH	Turbidez NTU	Latitud	Longitud
1	1	2/10/2017	8:39:18	29,8	308,5	7,58	16,5	9°28'27,4"	75°25'52,6"
1	1	2/10/2017	8:39:35	29,8	309,6	7,63	16,0	9°28'27,3"	75°25'52,6"
1	1	2/10/2017	8:39:45	29,8	310,2	7,65	15,5	9°28'27,3"	75°25'52,7"
2	1	2/10/2017	8:42:58	29,9	305,1	8,04	17,9	9°28'27,4"	75°25'52,8"
2	1	2/10/2017	8:43:14	29,9	305,4	8,05	16,4	9°28'27,4"	75°25'52,8"
2	1	2/10/2017	8:43:37	29,9	305,1	8,08	16,1	9°28'27,3"	75°25'52,8"
3	1	2/10/2017	8:47:34	30,1	304,7	8,32	17,2	9°28'28,6"	75°25'52,8"
3	1	2/10/2017	8:47:46	30,1	304,8	8,33	17,0	9°28'28,5"	75°25'52,7"
3	1	2/10/2017	8:47:58	30,2	304,4	8,33	16,4	9°28'28,4"	75°25'52,7"
4	1	2/10/2017	8:51:25	30,1	305,0	8,42	15,9	9°28'29,5"	75°25'52,2"
4	1	2/10/2017	8:51:48	30,1	304,9	8,42	14,3	9°28'29,6"	75°25'52,2"
4	1	2/10/2017	8:52:03	30,1	304,9	8,42	13,6	9°28'29,6"	75°25'52,2"
5	1	2/10/2017	8:55:55	30,0	305,7	8,41	14,8	9°28'29,5"	75°25'51,2"
5	1	2/10/2017	8:56:20	30,1	305,5	8,41	16,6	9°28'29,5"	75°25'51,2"
5	1	2/10/2017	8:56:30	30,1	305,5	8,41	15,3	9°28'29,5"	75°25'51,0"
6	1	2/10/2017	9:01:35	30,0	303,4	8,57	18,4	9°28'28,8"	75°25'49,9"
6	1	2/10/2017	9:01:45	30,0	303,8	8,57	18,7	9°28'28,8"	75°25'49,9"
6	1	2/10/2017	9:01:54	30,0	303,9	8,57	17,7	9°28'28,8"	75°25'49,9"
7	1	2/10/2017	9:02:03	30,0	303,9	8,57	16,7	9°28'28,8"	75°25'49,9"
7	1	2/10/2017	9:04:58	29,8	304,2	8,54	13,4	9°28'27,9"	75°25'50,8"
7	1	2/10/2017	9:05:07	29,7	304,3	8,52	12,9	9°28'27,9"	75°25'50,8"
7	1	2/10/2017	9:05:22	29,7	304,1	8,52	13,2	9°28'27,9"	75°25'50,8"
1	2	2/10/2017	9:34:14	30,1	154,8	8,90	8,4	9°30'43,5"	75°25'03,6"
1	2	2/10/2017	9:34:24	30,1	154,7	8,91	8,4	9°30'43,5"	75°25'03,6"
1	2	2/10/2017	9:34:39	30,1	154,6	8,92	8,0	9°30'43,5"	75°25'03,6"
2	2	2/10/2017	9:38:28	30,3	152,2	8,39	7,9	9°30'43,4"	75°25'03,7"
2	2	2/10/2017	9:38:31	30,3	152,2	8,39	7,9	9°30'43,4"	75°25'03,7"
2	2	2/10/2017	9:38:34	30,3	152,1	8,39	7,9	9°30'43,4"	75°25'03,7"
3	2	2/10/2017	9:43:08	30,4	155,0	8,39	13,7	9°30'43,2"	75°25'04,0"
3	2	2/10/2017	9:43:17	30,5	154,9	8,40	13,0	9°30'43,2"	75°25'04,0"
3	2	2/10/2017	9:43:24	30,5	154,8	8,40	12,6	9°30'43,2"	75°25'04,0"
3	2	2/10/2017	9:43:30	30,5	154,9	8,41	12,5	9°30'43,2"	75°25'04,0"

IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LA
TRITURADORA DE CALIZA SAN JOSÉ



4	2	2/10/2017	9:50:42	31,1	164,2	8,70	24,6	9°30'43,4"	75°25'04,2"
4	2	2/10/2017	9:50:53	31,1	164,1	8,71	24,9	9°30'43,3"	75°25'04,2"
4	2	2/10/2017	9:51:05	31,1	164,2	8,71	24,2	9°30'43,3"	75°25'04,2"
4	2	2/10/2017	9:51:22	31,1	164,4	8,72	24,7	9°30'43,4"	75°25'04,2"
5	2	2/10/2017	9:58:51	30,6	168,1	9,48	5,8	9°30'44,8"	75°25'03,4"
5	2	2/10/2017	9:58:56	30,6	168,2	9,48	5,6	9°30'44,8"	75°25'03,4"
5	2	2/10/2017	9:58:59	30,6	168,2	9,47	5,6	9°30'44,8"	75°25'03,4"
6	2	2/10/2017	10:12:48	31,6	170,8	9,68	7,5	9°30'43,7"	75°25'04,5"
6	2	2/10/2017	10:12:59	31,6	170,7	9,69	7,5	9°30'43,7"	75°25'04,6"
6	2	2/10/2017	10:13:10	31,7	170,7	9,69	8,2	9°30'43,7"	75°25'04,6"
7	2	2/10/2017	10:17:45	31,0	159,6	9,66	33,5	9°30'43,4"	75°25'04,2"
7	2	2/10/2017	10:18:14	31,1	159,6	9,65	31,3	9°30'43,4"	75°25'04,2"
7	2	2/10/2017	10:18:27	31,1	159,6	9,65	32,4	9°30'43,4"	75°25'04,2"
7	2	2/10/2017	10:18:49	31,1	159,6	9,64	34,3	9°30'43,4"	75°25'04,2"
7	2	2/10/2017	10:19:25	31,1	159,6	9,63	32,5	9°30'43,4"	75°25'04,2"
1	3	2/10/2017	11:30:02	31,8	114,7	8,14	10,6	9°26'22,2"	75°28'13,2"
1	3	2/10/2017	11:30:23	31,8	114,6	8,11	15,4	9°26'22,2"	75°28'13,2"
1	3	2/10/2017	11:31:24	31,2	110,6	8,03	10,3	9°26'21,9"	75°28'13,9"
1	3	2/10/2017	11:31:29	31,2	110,6	8,02	10,4	9°26'21,8"	75°28'14,0"
1	3	2/10/2017	11:31:56	31,3	110,7	7,97	10,3	9°26'21,8"	75°28'14,0"
2	3	2/10/2017	11:32:45	31,1	110,2	7,93	15,1	9°26'21,7"	75°28'14,3"
2	3	2/10/2017	11:32:54	31,1	110,2	7,91	14,9	9°26'21,7"	75°28'14,6"
2	3	2/10/2017	11:33:42	31,2	110,3	7,84	16,0	9°26'20,9"	75°28'16,1"
3	3	2/10/2017	11:35:21	31,0	109,5	7,75	11,5	9°26'20,0"	75°28'15,1"
3	3	2/10/2017	11:35:27	31,0	109,5	7,74	11,5	9°26'20,0"	75°28'15,0"
3	3	2/10/2017	11:35:42	31,0	109,6	7,71	11,5	9°26'20,0"	75°28'15,0"
3	3	2/10/2017	11:35:53	31,0	109,6	7,70	11,6	9°26'20,0"	75°28'14,9"
4	3	2/10/2017	11:36:49	31,1	109,3	7,67	12,3	9°26'19,3"	75°28'14,8"
4	3	2/10/2017	11:36:56	31,1	109,3	7,66	12,3	9°26'19,1"	75°28'14,6"
4	3	2/10/2017	11:37:19	31,2	109,3	7,63	12,1	9°26'18,9"	75°28'14,0"
4	3	2/10/2017	11:37:50	31,2	109,3	7,60	12,1	9°26'19,0"	75°28'13,1"
5	3	2/10/2017	11:39:29	30,4	108,4	7,60	7,4	9°26'19,1"	75°28'12,9"
5	3	2/10/2017	11:39:34	30,5	108,4	7,59	7,3	9°26'19,2"	75°28'12,9"
5	3	2/10/2017	11:39:49	30,5	108,4	7,57	7,0	9°26'19,2"	75°28'12,9"
5	3	2/10/2017	11:39:52	30,5	108,4	7,56	7,0	9°26'19,2"	75°28'12,9"
6	3	2/10/2017	11:40:34	30,6	108,4	7,52	6,9	9°26'19,7"	75°28'12,0"
6	3	2/10/2017	11:44:46	30,8	109,8	7,44	11,6	9°26'20,5"	75°28'13,1"
6	3	2/10/2017	11:44:57	30,8	109,8	7,43	11,6	9°26'20,4"	75°28'12,9"

7	3	2/10/2017	11:45:18	30,8	109,8	7,43	12,3	9°26'20,2"	75°28'12,7"
7	3	2/10/2017	11:45:48	30,9	109,8	7,43	11,8	9°26'20,1"	75°28'12,5"
7	3	3/10/2017	11:46:16	31,0	109,8	7,42	11,6	9°26'19,7"	75°28'12,0"
7	3	4/10/2017	11:47:29	31,3	109,9	7,42	11,7	9°26'18,7"	75°28'14,4"

Tabla 16

Resultados de Ensayos de Laboratorio para Dureza Total

HORA	MUESTRA	SITIO	DUREZA TOTAL (mg/L CaCO₃)
8:54	1	Finca La Esperanza	50
8:58	2	Finca La Esperanza	60
9:01	3	Finca La Esperanza	50
10:05	1	Finca Las Gaviotas	155
10:09	2	Finca Las Gaviotas	135
10:15	3	Finca Las Gaviotas	145
10:40	1	Trituradora San José	80
10:45	2	Trituradora San José	65
10:50	3	Trituradora San José	95

11.3. Anexo 3. Análisis Estadístico de las muestras de agua

Los resultados de los Análisis de Varianza para los modelos ajustados son:

Tabla 17

Comparación de Estadísticos

Variable	P Valor	Sigma	R2	CV	Normalidad	Homogeneidad
Conductividad	0.000000	396.01	99.8	2.1	0.000	0
pH	0.000000	38.40	69.2	4.6	0.018	0
Turbidez	0.010895	636.12	12.0	44.5	0.000	0

En virtud de que no se satisfacen los supuestos de homogeneidad y normalidad de los errores en las variables de interés, se presentan pruebas de *Kruskal - Wallis*, para determinar la existencia de diferencias significativas:

Tabla 18

Resultados Prueba Kruskal - Wallis

Variable	Chisq	p.chisq
Conductividad	64.81360	0.00e+00
pH	51.16009	0.00e+00
Turbidez	19.22385	6.69e-05

Se puede concluir en base a la significancia de los p valores, la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) para el *Conductividad*, *pH* y *Turbidez*.

Para Conductividad

Gráficamente la situación es:

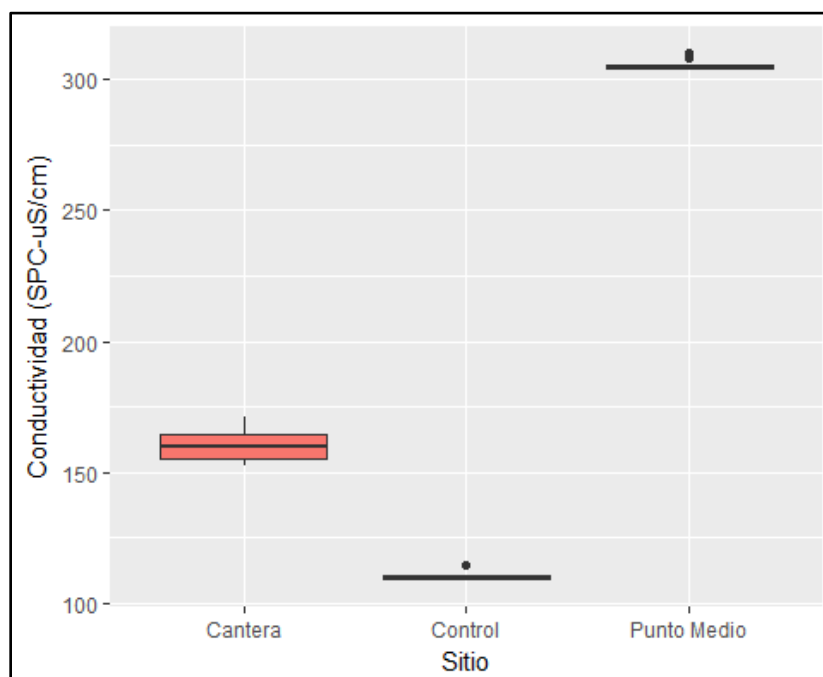


Figura 11. Diagrama de Cajas para la variable Conductividad. Fuente: Autores.

La Prueba de Diferencias Mínimas Significativas fue:

Tabla 19. Comparación de Medias por sitio para Conductividad.

Numero	Lugar	Media	Grupo
1	Finca Las Gaviotas (Punto Medio)	305.3136	A
2	Trituradora San José (Cantera)	160.4720	B
3	Finca La Esperanza (Control)	109.9333	C

Para pH

Gráficamente la situación es:

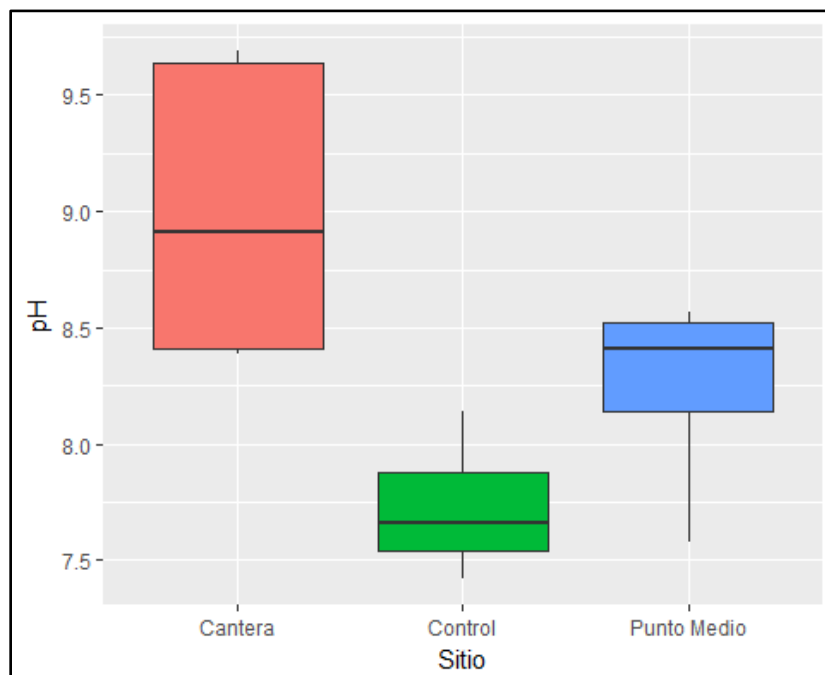


Figura 12. Diagrama de Cajas para la variable pH.

La Prueba de Diferencias Mínimas Significativas fue:

Tabla 20

Comparación de Medias por sitio para pH

Numero	Lugar	Media	Grupo
1	Trituradora San José (Cantera)	9.042400	A
2	Finca Las Gaviotas (Punto Medio)	8.289091	B
3	Finca La Esperanza (Control)	7.697037	C

Fuente: Autores

Para Turbidez

Gráficamente la situación es:

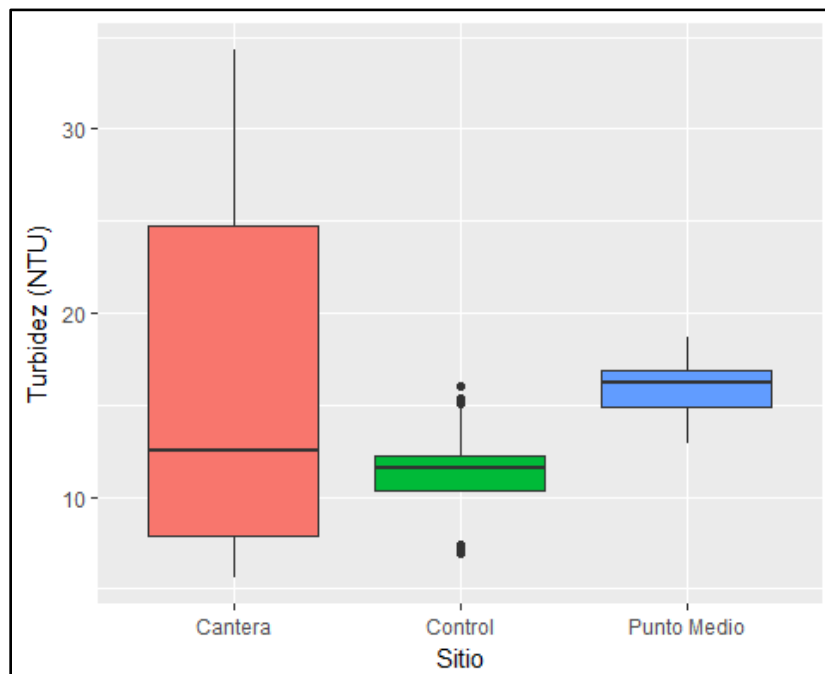


Figura 13. Diagrama de Cajas para la variable Turbidez

Fuente: Autores

La Prueba de Diferencias Mínimas Significativas fue:

Tabla 21

Comparación de Medias por sitio para Turbidez

Numero	Lugar	Media	Grupo
1	Finca Las Gaviotas (Punto Medio)	15.93182	A
2	Trituradora San José (Cantera)	16.11600	B
3	Finca La Esperanza (Control)	11.26296	B

Fuente: Autores

Para Dureza Total

Para las muestras de agua recolectadas el día 6 de marzo de 2017, se realizaron las mediciones de dureza total mediante la metodología establecida por la American Public Health Association., American Water Works Association., & Water Environment Federation (1999).

Tabla 22

Estadísticos de Dureza total

Variable	P Valor	Sigma	R2	CV	Normalidad	Homogeneidad
DUREZA TOTAL	0.000133	1092.91	94.9	11.8	0.939	0.511

Fuente: Autores

El p valor indica la existencia de diferencias significativas entre los sitios de muestreo con relación a la dureza total.

La Prueba de Diferencias Mínimas Significativas fue:

Tabla 23

Comparación de Medias por sitio para Dureza Total

Numero	Lugar	Media	Grupo
1	Finca Las Gaviotas (Punto Medio)	145	A
2	Trituradora San José (Cantera)	80	B
3	Finca La Esperanza (Control)	53.33333	B

Fuente: Autores

La prueba de Tukey indica que solo la finca de las Gaviotas presenta diferencias con respecto a los otros sitios, destacándose con la mayor medición de la dureza.

Gráficamente la situación es:

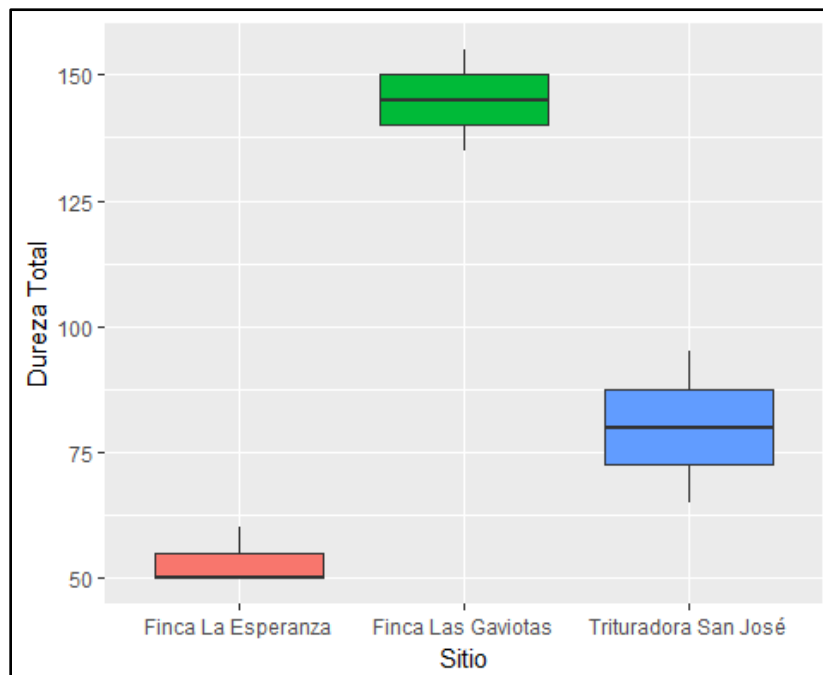


Figura 14. Diagrama de Cajas para la variable Dureza Total

Fuente: Autores

11.4. Anexo 4. Plancha 44 II C del IGAC

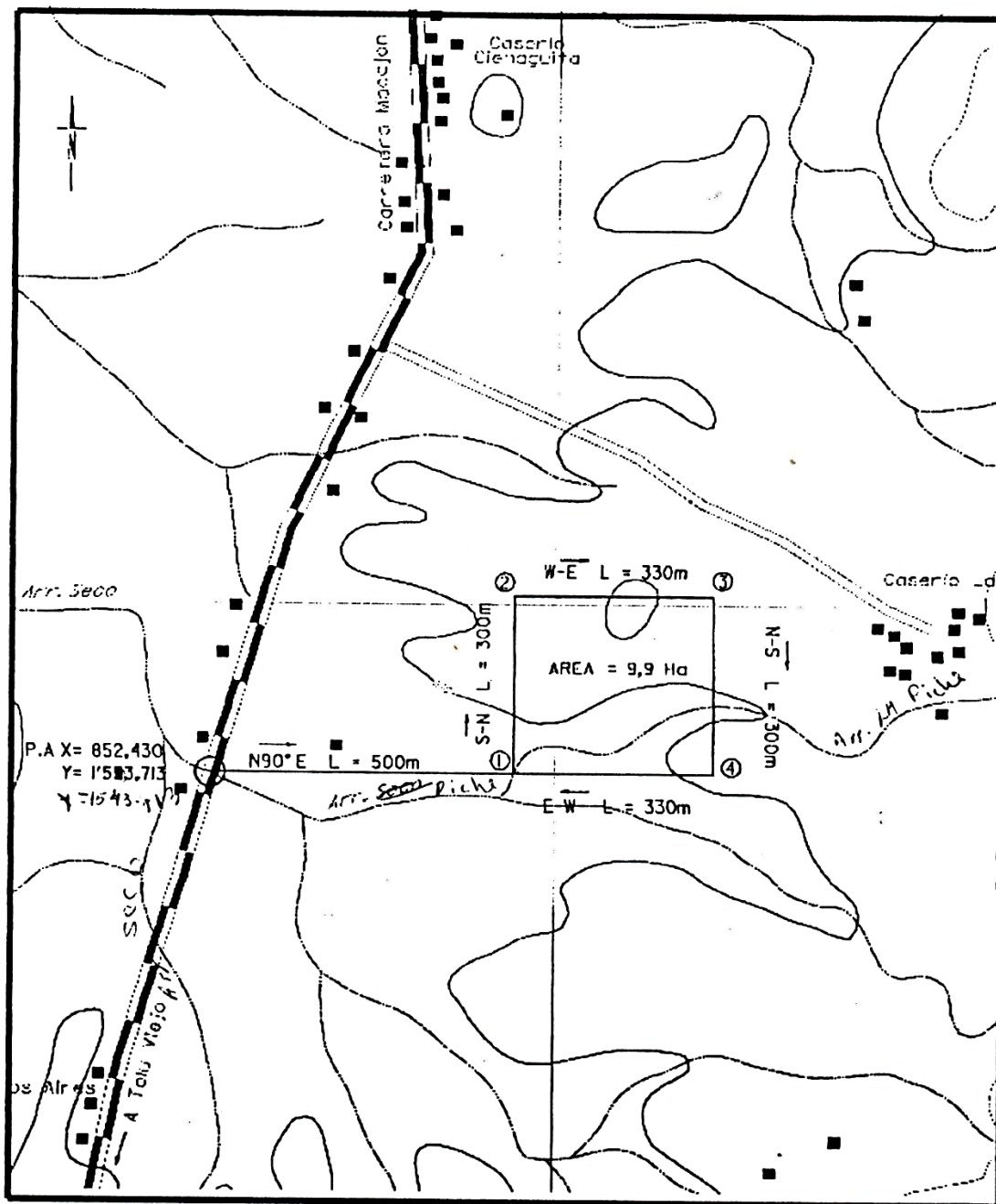


Figura 15. Ubicación del Área de explotación minera.

Fuente: (CARSUCRE, 2001)

11.5. Anexo 5. Sitios de muestreo agua

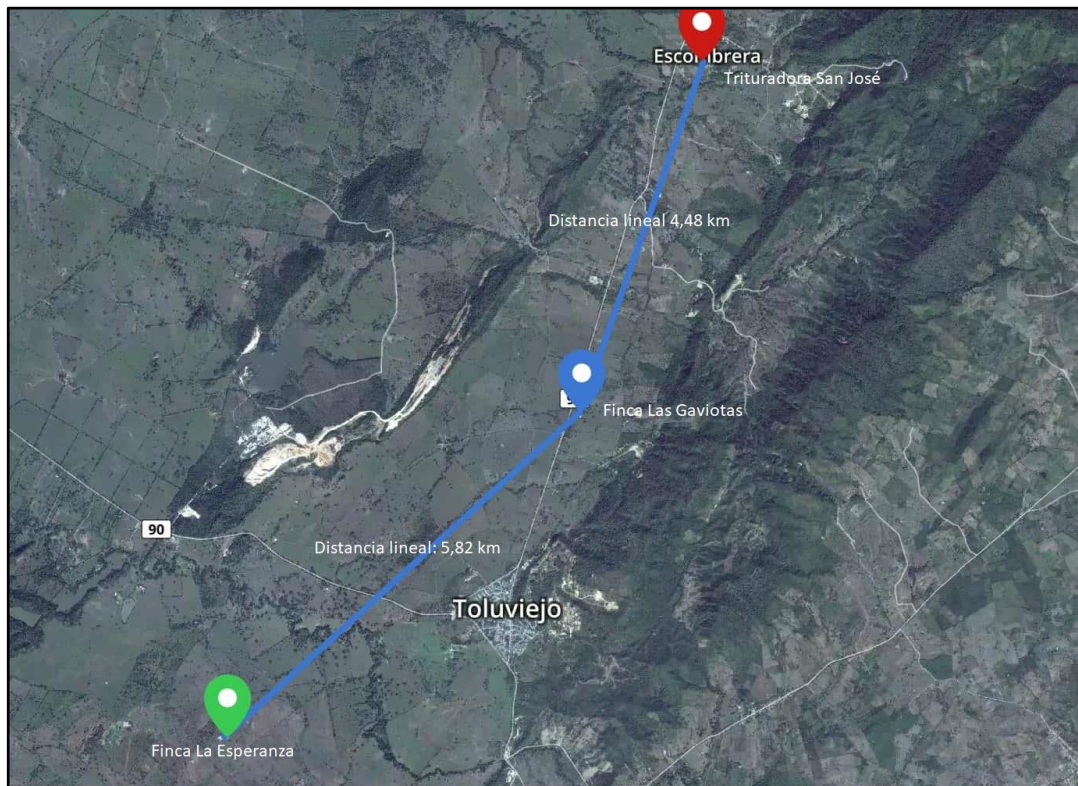


Figura 16. Imagen Satelital de los sitios de muestreo.

Fuente: Google Earth (2017)



Figura 17. Cuerpo de agua Finca La Esperanza.

Fuente: Autores.



Figura 18. Cuerpo de agua Finca Las Gaviotas.

Fuente: Autores.

11.6. Anexo 6. Evidencias de los efectos de las acciones de minería.



Figura 19. Material particulado liberado durante el procesamiento de la piedra Caliza.

Fuente: Autores.



Figura 20. Material particulado liberado al aire.

Fuente: Autores.



Figura 21. Vegetación cubierta por el polvo de Caliza.

Fuente: Autores.



Figura 22. Material particulado de caliza y uso de maquinaria pesada.

Fuente: Autores.



Figura 23. Destrucción del relieve y descapotado de la cubierta vegetal.

Fuente: Autores.



Figura 24. Trabajo en molino de mandíbula sin protección de seguridad alguna.

Fuente: Autores.