

Trabajo de Diploma

En opción al Título de

INGENIERO DE MINAS

**Evaluación Minero-Ambiental del yacimiento
Polimetálico Castellano en la provincia de
Pinar del Río**

Autor: Yasmany Fis Moreno.

**Tutor (es): Ms. C. Ana Caridad Che Viera
Dr. C. Mayda Ulloa Carcassés
Dr. C. Estrella Milián Milián**

**Moa, 2016
“Año 58 de la Revolución”**



Trabajo de Diploma

En opción al Título de
INGENIERO DE MINAS

Evaluación Minero-Ambiental del yacimiento
Polimetálico Castellano en la provincia de
Pinar del Río

Autor: Yasmany Fis Moreno.

Tutor (es): Ms. C. Ana Caridad Che Viera
Dr. C. Mayda Ulloa Carcassés
Dr. C. Estrella Milián Milián

Moa, 2016

“Año 58 de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo Yasmany Fis Moreno autor del Trabajo de Diploma Evaluación Minero Ambiental del yacimiento Polimetálico Castellano en la provincia de Pinar del Río con fines docentes en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, con mis tutores Ms. C. Ana Caridad Che Viera y Dr. C Mayda Ulloa Carcassés, declaramos la autoridad intelectual del mismo al servicio del Departamento de Minería del ISMMM, para que dispongan de su uso como y cuando estimen conveniente.

Y para que así conste firmamos a continuación:

Ms. C. Ana Caridad Che Viera

Dr. C Mayda Ulloa Carcassés

Autor: Yasmany Fis Moreno.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de diploma a mi querida madre Reina Moreno a mi hermana Rosa Elaine Moreno, mi hermano Roberto Moreno, también a mi querido cuñado Enelis Silva que sin su apoyo no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

No podrían faltar y no menos importante mi novia Kenia Ramírez Aguirre y a su querida madre Inés que me escogió como un hijo más de su familia durante todos los años de la carrera, y en general a toda su familia.

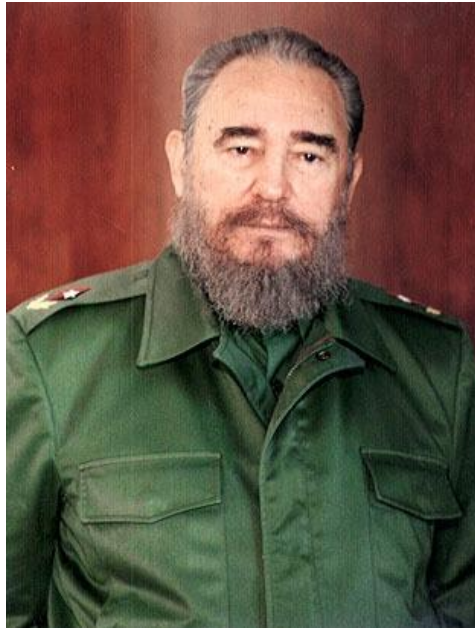
AGRADECIMIENTOS

A todos los que de una forma u otra me brindaron su ayuda y colaboración, a la Facultad de Geología-Minería e incluyo a todos los profesores que me formaron como un buen profesional en especial a MsC. Ana Caridad Che Viera, a mis compañeros de aula, (Alberto, Isnel, Roberto, Miguel, Laura, Tallana, Pileta y no podían faltar mis amigos incondicionales, Ariel, Oliver, Carlitos, mi otro querido cuñado Pichi, también a mi suegro Gamboa, Orlando, Fran, Noralis, Nayivi, Yaxel, Osber, a mis tutoras: MCs. Ana Caridad Che Viera, Dra.C. Mayda Ulloa Carcassés y la Dra.C. Estrella Milian Milian.

Por último y no menos importante al altísimo de los cielos (Jehová, Jesucristo, DIOS) que es el que me da fuerza para seguir adelante en los buenos y malos momentos de mi vida.

A todos GRACIAS por ayudarme a conseguir mi gran sueño, sin ustedes no sería posible este triunfo.

PENSAMIENTO



“Un revolucionario lo que tiene es que luchar por desarrollar el país, por acabar con la pobreza, por disponer de los medios y recursos para satisfacer sus necesidades espirituales y materiales”.

V Congreso del P.C.C.

Fidel Castro Ruz.

RESUMEN

En la provincia de Pinar del Río actualmente se está llevando a cabo el proyecto Polimetálico Castellano que genera un plan de extracción de reservas de plomo y zinc para una vida útil de 11 años de explotación. Por la importancia del proyecto para el desarrollo socioeconómico de la provincia y del país, y los impactos negativos que producirá sobre el medio ambiente, se realizó esta investigación, con el objetivo general de determinar su influencia sobre el medio ambiente y elaborar medidas que contribuyan a minimizar los efectos negativos de la explotación a cielo abierto del yacimiento. Para el desarrollo del mismo se aplicaron métodos empíricos y teóricos de la investigación científica y la metodología de Gómez Orea para la valoración de los impactos. El cumplimiento del objetivo general se logró a través de la descripción de la línea base ambiental del área de estudio, el análisis de las características del proyecto de explotación, la identificación y valoración de los impactos ambientales y la elaboración de medidas generales de mitigación de los impactos negativos. Como resultado del trabajo se identificaron y evaluaron 65 impactos ambientales producto del desarrollo del proyecto de explotación de plomo y zinc del yacimiento Castellano, de ellos 32 positivos y 33 negativos, clasificados de Muy Altos 8 y 20 Altos.

Palabras claves: estudio geoambiental, línea base ambiental, yacimientos polimetálicos, evaluación de impacto, medidas de mitigación

ABSTRACT

Actually, in Pinar del Rio province, the Polymetallic Castilian project that generates a plan of extraction of reservations of lead and zinc for a life span of 11 years of exploitation is carried out. The importance of this project is to develop a socioeconomics of the province and the country at large, and the negative impact that will produce upon the environment, this research were realized with the general objective in order to determine its environmental influence and to elaborate the measure that contributes in minimizing the environmental negative effects of an open pit mining field.

The empiric, Methodology and the scientific theories methods of Gómez Orea were applied for its impact valuations. The general objectives were accomplished by the description achievement through the environmental of base line study. The characteristics analysis of the exploitation, identification, and the valuation of an environmental impact and the elaboration of general negative environmental measures. The result of this research were identified and evaluated 65 environmental impact product for the development of the research exploitation of Lead and Zinc Castellano mining field, 32 were positive and 33 were negative in which where classified as Highest and high class, 8 were classified as highest and 20 were high respectively.

Key words:

Geoenvironmental study, Base environmental lines, Polymetallic Mining field, evaluation impact, Mitigation measure.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACION TEORICA DE LA INVESTIGACION	5
1.1 Antecedentes y actualidad del tema a nivel internacional.....	5
1.2 Antecedentes y actualidad del tema en Cuba.....	10
1.3 Legislación minero ambiental de Cuba	14
1.4 Metodología de evaluación de impacto ambiental	17
CAPITULO II. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA BASE AMBIENTAL.....	19
2.1 Historia de las transformaciones ambientales del territorio	19
2.2. Características del medio físico del yacimiento	25
2.2.1. Geología	25
2.2.2 Litología y tipos de rocas	27
2.2.3 Geología del campo mineral -Santa Lucía	27
2.3 Caracterización de la biota	28
2.3.1. Vegetación, Biota marina y Recursos Forestales	28
2.3.2 Condiciones actuales de los hábitats. Importancia en el entorno regional...	30
2.3.3 Unidades de vegetación presentes en el territorio.....	34
2.4 Estado actual del medio ambiente.....	37
2.4.1 Unidades funcionales ambientales o geosistemas	39
CAPITULO III. EVALUACIÓN MINERO-AMBIENTAL DEL YACIMIENTO	
POLIMETÁLICO CASTELLANO	41
3.1 Características generales del proyecto Polimetálico Castellano	41
3.2 Localización geográfica del yacimiento Polimetálico Castellano	42
3.3 Sistema de explotación utilizado en el yacimiento Polimetálico Castellano	43
3.3.1 Características, composición y volumen estimado de escombros	49
3.4 Definición del área de impacto	52
3.5 Identificación de los impactos en las diferentes etapas del desarrollo del	
proyecto.	55
3.6 Plan de prevención de los impactos negativos, y medidas preventivas para	
mitigar los impactos.....	70
3.7 Otras medidas recomendadas desde el punto de vista ambiental:	75
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

La minería es la extracción de los minerales y otros materiales de la corteza terrestre de los cuales se puede obtener un beneficio económico. Dependiendo del tipo de material a extraer, la minería se divide en metálica, no metálica y piedras ornamentales o de construcción.

La minería ha tenido un significativo impacto en el desarrollo de muchos países, en este sentido es necesario resaltar el valor que posee la explotación de una mina para un país, ya que trae grandes beneficios en cuanto a la producción y comercialización, así como la exportación e importación de los diferentes minerales extraídos de los yacimientos dígase, cobre, zinc, plomo, plata, oro, etc.

Las minas pueden ser explotadas por varios métodos: a cielo abierto o subterráneo. Por su parte las minas a cielo abierto son aquellas cuyo proceso extractivo se realiza en la superficie del terreno, y con maquinarias mineras de gran tamaño.

La extracción minera conlleva a serias alteraciones medio ambientales y la intensidad de las mismas, depende de varios factores, entre los que se reconocen la situación y morfología del yacimiento, así como las características del entorno. Estas influencias medio ambientales de las operaciones mineras, originan cambios y provocan el empeoramiento cualitativo o cuantitativo del medio natural.

El proceso minero no solo incide directamente sobre las aguas, el aire, la atmósfera, el ecosistema, sino que provoca al mismo tiempo alteraciones del suelo y en el proceso de salud de muchos trabajadores.

El yacimiento Polimetálico Castellano se encuentra ubicado al noreste de la provincia Pinar del Río, en la localidad de Santa Lucía, perteneciente al municipio Minas de Matahambre. Este yacimiento fue explotado en años anteriores con el objetivo de lograr la extracción de oro. Debido al agotamiento de esta reserva, la mina se vio obligada a cerrar sin un plan de cierre adecuado, ocasionando de esta forma daños al medio ambiente.

Actualmente se está llevando a cabo un proyecto que genera un plan de extracción de la reserva de plomo y zinc diseñado para una vida útil de 11 años de explotación.

Entre las ventajas del proyecto se citan el grado de estudio del yacimiento, la existencia de una tecnología tradicional probada para estas menas, el desarrollo de una parte importante de la infraestructura y de las obras necesarias que incluyen la localización en las cercanías del asentamiento La Sabana y la Empresa Geo-minera Pinar del Río, con el personal calificado, posibilidades de obtener servicios, y otros elementos necesarios.

Entre las desventajas se encuentran los impactos negativos ocasionados por operaciones mineras de este tipo como son, las afectaciones al relieve por los movimientos de tierra, a la calidad de las aguas superficiales y subterráneas por la afluencia de la flora y la fauna, a los sedimentos, entre otros.

Por todo lo anterior resalta la importancia del Proyecto, ya que se ubica muy cercano al principal polo minero de metales básicos del país que cuenta con una infraestructura y personal técnico, profesional y obreros con preparación.

Estos elementos garantizan la pertinencia y necesidad de realizar un estudio minero-ambiental del proyecto Polimetálico Castellano de la provincia Pinar del Río para determinar su influencia sobre el medio ambiente y contribuir a minimizar los efectos negativos de la explotación a cielo abierto del yacimiento, lo que constituye el **problema** de la investigación.

El **objeto de estudio** radica en los estudios minero-ambientales y el **campo de acción**, el yacimiento Polimetálico Castellano de la provincia Pinar del Río.

El **objetivo general** consiste en realizar una evaluación minero-ambiental del yacimiento Polimetálico Castellano de la provincia Pinar del Río que permita establecer los efectos que produce sobre el medio ambiente y proponer medidas que contribuyan a minimizar los impactos negativos.

De este objetivo general se derivan los siguientes **objetivos específicos**:

- Describir la línea base ambiental del área de estudio
- Analizar el proyecto de explotación del yacimiento Castellano

- Identificar y valorar los impactos ambientales producto del desarrollo del proyecto de explotación de plomo y zinc del yacimiento Castellano
- Elaborar medidas generales de mitigación de los impactos negativos

Esta investigación se sustenta en la siguiente **hipótesis**: Si se describe la línea base ambiental, se analiza el proyecto de explotación, y se identifican y valoran los impactos ambientales producto de la explotación minera, se puede obtener la evaluación minero-ambiental del yacimiento Polimetálico Castellano y elaborar medidas para minimizar los impactos negativos sobre el medio ambiente.

El principal aporte de la investigación lo constituye la caracterización minero ambiental y la proposición de acciones para contribuir a minimizar los impactos ambientales provocados por la minería de plomo y zinc del yacimiento Polimetálico Castellano.

Ante los escasos estudios en el contexto pinareño que se dirijan a caracterizaciones minero ambientales por las actividades mineras, la realización de esta investigación constituye un referente de importancia teórico-práctica para próximos estudios del tema. Con ella, se contribuye a llenar los vacíos aún existentes en ese campo científico de la minería, especialmente en una provincia donde los acercamiento del tema se están iniciando, a partir de contextualizar los análisis en el yacimiento Polimetálico Castellano y ofrecer un conjunto de recomendaciones útiles al diseño de políticas ambientales precedentes para la minería de Pinar del Río.

En el desarrollo de la investigación se emplearon métodos teóricos y empíricos de la investigación científica.

Entre los métodos teóricos: se encuentran el análisis-síntesis, utilizado para desglosar el problema y sintetizar los documentos existentes; el hipotético-deductivo, para la formulación y verificación de la hipótesis y el histórico-lógico para analizar la trayectoria concreta de la mina.

Entre los métodos empíricos: utilizados se encuentran la revisión documental, la observación, para conocer el estado del medio ambiente en el área de estudio y sus características particulares, criterios de expertos, para fundamentar la elección de las acciones capaces de producir impactos y los factores susceptibles

a recibirlos, así como la valoración de cada impacto y las entrevistas, a los especialistas para fundamentar los resultados de las observaciones realizadas.

El trabajo se desarrolló a través de las siguientes etapas metodológicas:

1. Etapa preliminar: Recopilación de materiales y trabajo de campo.
2. Etapa de gabinete: Procesamiento de la información y elaboración del informe final.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACION TEORICA DE LA INVESTIGACION

Este capítulo tiene como objetivo principal sustentar teóricamente el problema de la afectación al medio ambiente producido por la actividad minera a cielo abierto y de las estrategias para enfrentarlo, referido por la literatura especializada, particularizando en la caracterización minero ambiental. Se considera que este análisis puede servir como referencia, en los esfuerzos para contrarrestar este problema en la provincia de Pinar del Rio, y a nivel mundial, principalmente en la industria extractiva de plomo y zinc.

1.1 Antecedentes y actualidad del tema a nivel internacional

La minería a cielo abierto es una actividad industrial de alto impacto ambiental, social y cultural. Se considera insostenible por definición en la medida en que la explotación del recurso supone su agotamiento. Las innovaciones técnicas que han experimentado a partir de la segunda mitad del siglo XX, modificó radicalmente la actividad; de modo que se han pasado del aprovechamiento de vetas subterráneas de gran calidad a la explotación en minas a cielo abierto de minerales de menor calidad diseminada en grandes yacimientos.

Actualmente son numerosos los artículos e investigaciones realizadas acerca de la caracterización minero-ambiental y la afectación que causa la minería a cielo abierto al medio ambiente, como consecuencia del desarrollo de cada una de las etapas del proceso productivo; a saber, prospección y explotación de los yacimientos minerales, desarrollo y preparación de las minas, explotación de minas y tratamiento de minerales obtenidos en instalaciones respectivas con el objetivo de obtener productos comerciales.

A nivel internacional, en especial en Latinoamérica, se han desarrollado importantes estudios sobre los impactos negativos en el medio ambiente por las actividades mineras, en especial, la minería a cielo abierto.

Autores como (Salinas, 2007), abordan los principales impactos ambientales como consecuencia de la minería a cielo abierto (MCA), en su fase de explotación. Este autor identifica las siguientes actividades individuales como posibles causas de impactos ambientales durante la fase de explotación:

- Preparación de los caminos de acceso.
- Mapeos topográficos y geológicos.
- Montaje de campamentos e instalaciones auxiliares.
- Trabajos geofísicos.
- Inveſtimentos hidrogeológicos.
- Apertura de zanjas y pozos de reconocimiento.
- Tomas de muestras.

Durante la fase de explotación, los impactos que se producen están en función del método seleccionado para utilizar, según las características del yacimiento. Los principales impactos ambientales como consecuencia de la minería a cielo abierto (MCA), en su fase de explotación son los siguientes:

- Afectación de la superficie, la minería a cielo abierto devasta la superficie, modifica severamente la morfología del terreno, apila y deja al descubierto grandes cantidades de material estéril, produce la destrucción de áreas cultivadas y de otros patrimonios superficiales, puede alterar cursos de aguas y formar grandes lagunas para el material de desecho.
- Afectación del entorno en general: la minería a cielo abierto, transforma radicalmente el entorno, este pierde su posible atracción y esencia y se ve afectado por el ruido producido en las distintas operaciones, como por ejemplo, en la trituración y en la molienda, en la generación de energía, en el transporte y en la carga y descarga de minerales y de materiales estériles sobrante de la mina y de las plantas beneficiosas.
- Contaminación de aire: el aire puede contaminarse con impurezas sólidas, como polvo y combustibles tóxicos o inertes, capaces de penetrar hasta los pulmones, provenientes de diversas fases de proceso. También se puede contaminar el aire con vapores o gases de cianuros, mercurio, dióxido de azufre, contenidos en gases residuales, procesos de combustión incompleta o emanaciones de charcos o lugares no circulantes con materia orgánica en descomposición.
- Afectación de las aguas superficiales: los residuos sólidos finos provenientes de área de explotación pueden dar lugar a una elevación de la capa de sedimentos en los ríos de la zona. Diques y lugares de oxidación mal contruidos o mal mantenidos, o inadecuados manejos, almacenamiento o transporte de insumos

como (combustibles, lubricantes, reactivos químicos y residuos líquidos), pueden conducir a la contaminación de las aguas superficiales.

- Afectación de las aguas subterráneas o freáticas: aguas contaminadas con aceite usado con reactivos, con sales minerales provenientes de las pilas o botaderos de productos sólidos residuales de los procesos de tratamiento, así como aguas de lluvias contaminadas con contenidos de dichos botaderos, aguas provenientes de pilas o diques de colas o aguas de procesos contaminados, pueden llegar a las aguas subterráneas cuando son fuente de abastecimiento de aguas frescas para operaciones de tratamiento de minerales.
- Afectación de los suelos: la minería a cielo abierto implica la eliminación del suelo en el área de explotación y produce la sequía del suelo en la zona circundante, así como una disminución del rendimiento agrícola y agropecuario. También suele provocar hundimientos y la formación de pantanos en caso de que el nivel de las aguas subterráneas vuelva a subir. Además, provoca la inhabilitación de los suelos por almacenamiento de estéril.
- Impacto sobre la flora: la minería a cielo abierto, implica la eliminación de la vegetación en las áreas de las operaciones mineras, así como una destrucción parcial o una modificación de la flora en el área circunvecina, debido a la alteración del nivel freático. También puede provocar presión sobre los bosques existentes en el área, que pueden verse destruidos por los procesos de explotación.
- Impacto sobre la fauna: la fauna se ve perturbada y/o ahuyentada por el ruido y la contaminación del aire y del agua, la elevación del nivel de sedimentos en los ríos. Además, la erosión de los amontonamientos de residuos estériles puede afectar particularmente la vida acuática. Puede darse también envenenamiento por reactivos residuales contenidos en aguas provenientes de la zona de explotación.
- Impactos sobre las poblaciones: la minería a cielo abierto puede provocar conflictos por derechos de utilización de la tierra, dar lugar al surgimiento descontrolado de asentamientos humanos, ocasionando una problemática social y destruir áreas de potencial turístico. Puede provocar una disminución en el rendimiento de las labores de pescadores y agricultores debido a envenenamientos y cambios en el curso de los ríos debido a la elevación del nivel

por sedimentación. Por otra parte, la minería a cielo abierto puede provocar un impacto económico negativo por el desplazamiento de otras actividades económicas locales actuales y/o futuras.

- Cambios en el microclima: la minería a cielo abierto puede causar cambios en el microclima y puede provocar una multiplicación de agentes patógenos en charcos y áreas cubiertas por aguas estancadas.
- Impactos escénicos posteriores a la explotación: la minería a cielo abierto deja profundos cráteres en el paisaje .Su eliminación puede conllevar costos tan elevados que puedan impedir la explotación misma.

Existe consenso en la literatura sobre el tema, en el sentido de que ninguna actividad industrial es tan agresiva ambiental, social y culturalmente como la minería a cielo abierto.

En el caso de la extracción de oro, la MCA utiliza de manera intensiva, grandes cantidades de cianuro, una sustancia muy tóxica, que permite recuperar el oro del resto del material removido. Para desarrollar todo este proceso, se requiere que el yacimiento abarque grandes extensiones y que se encuentra cerca de la superficie. Como parte del proceso, se cavan cráteres gigantescos, que puedan llegar a tener más de 150 hectáreas de extensión y más de 500 metros de profundidad.

La MCA remueve la capa superficial para hacer accesibles los extensos yacimientos del mineral de baja calidad. Los modernos equipos de excavación, las cintas transportadora, la gran maquinaria, el uso de nuevos insumos y las tuberías de distribución permiten hoy remover montañas de estériles o parte de ellas, haciendo rentable la extracción de menos de un gramo de oro por tonelada de material removido.

En línea general, el impacto ambiental provocado por cualquier actividad minera está relacionada con cuatro factores principales:

1. Tamaño de la explotación, que se refiere al volumen de producción de la explotación, el cual tiene como consecuencia una determinada dimensión de actividades y producción de desechos y aguas residuales.
2. Localización, que representa el sitio en que se lleva a cabo la explotación, las poblaciones aledañas y la naturaleza de la topografía local.

3. Métodos de explotación que dependen del tipo de yacimiento a explotar y que está directamente relacionado con la naturaleza y extensión del impacto. Se utilizan tres métodos, principales: Minería a cielo abierto (o minería superficial); Minería subterránea; Minería por lavado y dragado.
4. Característica de los minerales en su beneficio, que se refiere al hecho de que la naturaleza del mineral determina el tratamiento a emplear.

En Colombia, las investigaciones de lagos, Blanco (2004), han identificado el estado real y los tipos de afectaciones que ocasionan al medio ambiente las actividades mineras. Por ello se han propuesto acciones comprometidas a preservar y restaurar el patrimonio cultural, mejorar las condiciones ambientales de vida de los ciudadanos y generar opciones de desarrollo, aprovechando la diversidad bajo el concepto de trabajo con tecnologías limpias.

Atendiendo lo expuesto anteriormente se considera que el nivel de impacto ambiental es alto, debido al porcentaje de las minas que son explotadas a cielo abierto y los tipos de equipamiento que son utilizados. En este sentido, se considera necesario un plan de gestión ambiental para mejor control de los efectos negativos que la MCA produce en el país.

En Ecuador, los efectos de la minería se valoran en determinados casos como negativos. Pero a su vez, es una actividad necesaria que constituye una nueva fuente de desarrollo para el país. Los efectos negativos que produce la minería, se manifiestan de forma general sobre el medio ambiente, la salud y la sociedad.

En la minería artesanal y pequeña minería existen situaciones muy diversas, pero en todos los países estudiados se considera que la política del estado es insuficiente aun para resolver los problemas de este sector, tanto en los planos económico, social, ambiental y en la seguridad laboral.

En África, es representativo respecto al manejo ambiental. La mayor mina de diamantes se explota por método subterráneo, minimizando de esta forma los impactos ambientales. No obstante, en algunas áreas del país es notable la minería artesanal, realizada por personas individuales. En este sentido, se considera que ello constituye un factor para la afectación de los factores ambientales, debido a que no existe una cultura minero- ambiental adecuada. Al mismo tiempo, no se emplea equipamiento apropiado, se pone en peligro la vida humana, se afectan las cuencas hidrográficas y el suelo, entre otros.

En Costa de Marfil la mina de diamantes Tortiya ha producido la tala de grandes superficies de bosques, se remueven extensas áreas de suelo y se cavan varias centenas de metros de profundidad.

Como consecuencia, una vez que las minas son abandonadas, el ambiente queda totalmente destruido, haciendo prácticamente imposible la rehabilitación del terreno, al no haber tenido en cuenta la rehabilitación progresiva durante el ciclo de explotación de las minas.

En la explotación de esos minerales, se considera que se produce un manejo ambiental inadecuado, ya que los procesos de erosión y desertificación, desestabilización y deslizamientos, acompañados de la escasez de agua, intensa radiación solar y pérdida progresiva de fertilidad de suelos, motivan que en estas zonas se actúe principalmente buscando el equilibrio geomorfológico que evite procesos erosivos y de desestabilización irreversibles, sobre el cual sea factible una regeneración biótica en la medida en que las condiciones climáticas lo permitan.

Sobre la base de la experiencia internacional, es criterio del autor, que el desarrollo de la actividad extractiva requiere un modelo de recuperación integral en el que no solo se contemplen actuaciones de rehabilitación ecológica sino que se dé un nuevo uso al territorio dotándolo de un valor complementario al que posee por la existencia del recurso mineral a explotar.

1.2 Antecedentes y actualidad del tema en Cuba

El tratamiento de la temática ambiental ha tenido repercusión en los estudios realizados en las zonas mineras de la provincia de Pinar del Río. Los más significativos son:

- Mina “Julio Antonio Mella”

En las investigaciones realizadas por Pérez y Margarejo (2014) se plantea que antiguamente esta mina se llamó Mono, se descubrió en 1914, siendo explotada primeramente para cobre desde 1920 hasta 1940 y desde 1952 para pirita hasta 1976, para la obtención del ácido sulfúrico. Este yacimiento polimetálico constaba de 4 niveles de explotación subterránea y se encontraba a 2,4 km al noreste del yacimiento Matahambre sobre la base de las minas piríticas.

En 1976 se procedió al cierre total de la mina “Julio Antonio Mella” por la auto combustión generada en los diferentes niveles de explotación; este impacto provocó afectaciones severas a la flora y fauna del área.

Como resultado del proceso de explotación del yacimiento “Julio Antonio Mella”, aún perduran las cenizas de pirita del proceso de tostación que se aplicaba al mineral para obtener ácido sulfúrico en los patios de la Fábrica de Sulfometales, que unida a las cenizas del mineral pirítico proveniente del yacimiento Santa Lucía, son fuentes generadoras de la degradación ambiental en la zona

- Mina de Matahambre

Sobre esta mina, Sánchez (2010), expone que se explotó desde principios del siglo XX (1913 hasta 1997), para la extracción del cobre.

Con el cierre del yacimiento Matahambre se generaron una serie de impactos ambientales, sociales y económicos.

La fuente que mayor impacto genera en el área en la que se localiza el yacimiento Matahambre, está dada por la presencia de la presa de colas, en la cual se evacuaban los residuales del proceso de flotación que se realizaba para obtener el cobre.

Refiere en su investigación Sánchez (2010), que el principal factor que provoca la migración de los metales pesados en el área está dado por los procesos de oxidación de los sulfuros metálicos presentes en la zona de oxidación y la presa de colas, que a su vez genera drenaje ácido de mina (DAM), se muestra la evidencia de este impacto.

Los derrames de concentrados de cobre en el punto de embarque en el puerto de Santa Lucía han provocado altos niveles de contaminación del entorno litoral marino.

- Mina Júcaro

La mina Júcaro se encuentra ubicada en la parte noreste de la provincia de Pinar del Río, en el municipio Bahía Honda, que con la nueva división política administrativa corresponde a la provincia de Artemisa. La concesión minera de este yacimiento pertenece a la Empresa Geo minera de Pinar del Río.

La explotación de este yacimiento se realizó por el método subterráneo y sus menas pirítico-calcopiríticas se procesaron en la planta de beneficio mineral

construida en este yacimiento con el objetivo de obtener los concentrados de cobre a un 18%.

Según los datos recogidos en el documento entregado a la Empresa concesionaria del yacimiento Júcaro por la Oficina Nacional de Recursos Minerales (2013), refiere que el área de explotación ocupada era de 109,16 ha; 21, 68 ha del área industrial y 63,52 ha de la presa de colas. El método de explotación utilizado fue subterráneo con dos sistemas de explotación: cámara abierta y derrumbe por subnivel.

Los resultados del diagnóstico realizado en la mina Júcaro por el Centro de Investigaciones Minero – Metalúrgico de Cuba (Delgado y Lubian. 2009) y personal especializado en la temática ambiental de la Empresa Geominera de Pinar del Río, los impactos identificados fueron evaluados de graves, debido principalmente, al abandono total en que se encuentra la presa de colas donde se evacuaban los residuales del proceso de flotación

La presa de colas del yacimiento Júcaro constituye una fuente de contaminación del aire, el suelo, las aguas superficiales y las subterráneas, y frena el desarrollo biológico de las especies de flora y fauna del entorno en el que se ubica este yacimiento.

- Yacimiento Castellano

Cañete y otros. (2008), identificaron los problemas ambientales presentes en este yacimiento; que son generados en lo fundamental por la falta de ejecución de las acciones de rehabilitación en los depósitos, las escombreras y frentes de explotación.

Otras investigaciones realizadas en los yacimientos polimetálicos de la provincia de Pinar del Río arrojan que las minas polimetálicas del yacimiento Santa Lucía se explotaron en dos etapas: la primera comenzó en 1980-1984 y la segunda etapa desde 1994-1998, por el método de cielo abierto. En el año 2006 se realizó la reapertura del yacimiento con el objetivo de extraer la plata y el oro contenidos en el sombrero de hierro; ésta operación concluyó en el 2008.

En la región de estudio donde se ubica el yacimiento Santa Lucía se han realizado estudios que brindan una panorámica general de la calidad ambiental de la zona dentro de los que se encuentran los realizados por Cañete y otros (2009,

2011), Pinto y otros (2011), Delgado y otros (2011), Milián y otros (2011, 2012), Gallardo y otros (2011).

En el trabajo de Ponce y otros (1997) predicen y evalúan los impactos ambientales en obras mineras y metalúrgicas ubicadas en el municipio Minas de Matahambre, poblado de Santa Lucía. El mismo aborda la problemática ambiental de forma general y salen a la luz serios problemas ambientales. El yacimiento Santa Lucía en ese tiempo aún estaba en operaciones, es decir, que existían daños ambientales provocados por este pasivo, pero los mismos se acrecentaron con el abandono de la mina.

Por su parte, Milián (2006), aporta una metodología para la identificación y evaluación de impactos ambientales para yacimientos piríticos polimetálicos, en la misma la autora realizó la identificación de los principales impactos ambientales generados por el yacimiento Santa Lucía con el empleo de la Matriz de causa efecto de Leopold All, obteniendo además que las variables ambientales más afectadas por las acciones del proyecto en el caso de estudio yacimiento polimetálico Santa Lucía son las aguas superficiales y subterráneas, la calidad del aire, el relieve, la calidad visual, la fauna, la flora y otras.

Cañete y otros, (2008) realizaron un estudio integral de la degradación ambiental generada por los impactos ambientales en Santa Lucía y Castellano. Se constataron los elevados niveles de contaminación presentes en las aguas superficiales generadas por el drenaje ácido de minas y los principales riesgos presentes en la zona de estudio.

Los resultados del estudio aportan un soporte teórico sobre los daños que provoca al medio el Pasivo Ambiental Minero Santa Lucía y Castellano, pero no profundizan en el aspecto minero.

La gestión de la rehabilitación minera en estos yacimientos polimetálicos no se ha resuelto hasta el momento. Se han realizado acciones preliminares entre las que se pueden mencionar: el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, desarrollado por la Compañía Especializada en Soluciones Integrales Geográficas y Medio Ambientales (CESIGMA) en el año 2007 y el Proyecto Ramal "Identificación de Pasivos Ambientales Mineros" de Delgado y otros (2010), del Centro de Investigaciones para la Industria Minero - Metalúrgica (CIPIMM) y la Empresa Geominera de Pinar del Río en el período 2009-2010. En esta

investigación se realizó un inventario de todos los pasivos ambientales mineros presentes en los yacimientos Santa Lucía y Castellano totalizando 29, pasivos ambientales mineros y que actualmente constituyen fuentes generadoras de contaminación. La investigación realizada constituye una fuente de conocimiento para el desarrollo exitoso de los planes de rehabilitación.

Del análisis de los resultados de las investigaciones realizadas, se puede concluir que la calidad ambiental en la región de Santa Lucía es crítica, provocada, fundamentalmente, por la degradación ambiental del Pasivo Ambiental Minero del mismo nombre, y por la cantidad de elementos pesados que presentan los elementos muestreados procedentes del yacimiento.

Todos estos investigadores coinciden en que los altos niveles de contaminación, generados por el drenaje ácido de minas y metales pesados, han provocado la degradación ambiental de ecosistemas importantes en la región de estudio.

1.3 Legislación minero ambiental de Cuba

En su primer postulado, la Ley 81, Ley del Medio Ambiente, aprobada el 11 de julio de 1997 por el Parlamento Cubano, refleja el reconocido esfuerzo del estado, respecto a la protección del medio ambiente, en el marco de una política de desarrollo consagrada a lo largo de cuatro décadas de transformaciones revolucionarias, tanto políticas como socioeconómicas, en estrecha correspondencia con el artículo 27 de la Constitución de la República, al establecer que: “el estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país, reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras”.

En el artículo 28 inciso e), de la mencionada Ley 81, Ley del Medio Ambiente, queda establecido que la minería se encuentra dentro de las actividades sujetas al proceso de evaluación de impacto ambiental. El proceso de evaluación de impacto ambiental, en las actividades de la minería requerirá, en casi todos los casos, de un estudio de impacto ambiental, para proceder con el otorgamiento de la licencia ambiental correspondiente conforme al artículo 120 inciso a) de la Ley 81. Esta actividad, siempre estará condicionada a que se ejecute causando las menores alteraciones directas o indirectas a las locaciones bajo el Sistema

Nacional de Áreas Protegidas, a las aguas terrestres o marinas, la capa vegetal, la flora, la fauna silvestre y al paisaje, en general a todo el medio ambiente.

El interés ambiental en brindar protección a los recursos mineros, en la actualidad, está enfocado en dos direcciones: la primera, es evitar la extracción irrestricta y poco adecuada que puede conducir al agotamiento prematuro de las reservas y la segunda, a los efectos que causa la exploración y explotación de los yacimientos sobre el medio ambiente. En este sentido el Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo dedica su Capítulo 14 a la protección de los recursos mineros, estableciendo como objetivos a alcanzar entre otros los siguientes:

- Protección y manejo adecuado de los recursos minerales, a fin de lograr su máximo aprovechamiento sobre la base que garanticen el desarrollo sostenible de la actividad.
- Fortalecer el trabajo de rehabilitación y recultivación, en los casos que proceda, en las áreas explotadas por la minería.
- Elaborar o promover la promulgación de la legislación y regulaciones normativas de carácter técnico y organizativo, que permitan el control eficiente sobre estas actividades.

En los últimos años se han obtenido algunos logros en cuanto al cumplimiento de los mencionados objetivos entre los que se destacan:

- El desarrollo de la base legislativa de la rama, la Ley de Minas y su Reglamento, que consideran en su articulado importantes exigencias ambientales.
- La obligatoriedad de estudios de línea base ambiental, para el otorgamiento de las concesiones mineras y la exigencia de Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental, han permitido una reducción significativa de los efectos ambientales adversos de la actividad minera.
- El establecimiento, como norma, de la rehabilitación de las canteras y la reforestación de las áreas mineras una vez concluida la explotación.

La actividad de la Oficina Nacional de Recursos Minerales, que ejerce la inspección estatal sobre el uso racional de los recursos, la adopción de los programas de preservación del medio ambiente y su control.

El fundamento legal de los trabajos de rehabilitación, lo constituyen: la Ley No 76 Ley de Minas, el Decreto 222 Reglamento de la Ley de Minas, la Ley 81 del Medio

Ambiente, la Resolución 77/99 del CITMA y el Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.

La Ley No 76 de Minas promulgada en 1994, constituye el instrumento jurídico más importante en cuanto a la gestión de los recursos minerales. A continuación, se analizará brevemente su articulado relacionado con la rehabilitación.

Especial importancia reviste para la protección de los recursos naturales, la norma del Artículo 34 de la Ley de Minas, sobre el contenido del instrumento mediante el cual el Consejo de Ministros o su Comité Ejecutivo otorgan una concesión minera, donde queda dispuesta la cuantía de los fondos financieros para restaurar el medio ambiente.

En su Capítulo VIII, sección segunda plantea “Sobre las obligaciones generales de los concesionarios” que:

Artículo 41. Todos los concesionarios están obligados a:

c) Preservar adecuadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área objeto de la concesión, elaborando estudios de impacto ambiental y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar dicho impacto derivado de sus actividades, tanto en dicha área, como en las áreas y ecosistemas vinculados a aquellos que puedan ser afectados.

En la Sección Cuarta “De la explotación y el procesamiento”, del mismo capítulo, recoge que:

g) Planificar los trabajos necesarios para la restauración o acondicionamiento de las áreas explotadas, en los términos que se establezcan por el órgano local del Poder Popular y la autoridad minera competente, según el caso, creando los fondos financieros necesarios para estos fines.

En su Capítulo XI “De cierre de minas” considera de manera especial los aspectos ambientales:

Artículo 62. -El cierre temporal de una mina puede tener lugar debido a razones técnicas, económicas, minero - geológicas, hidrogeológicas, incendios, daños al medio ambiente u otras, que no permitan continuar la explotación del yacimiento.

Artículo 65.-Autorizado el cierre total o parcial con carácter temporal, el concesionario garantiza durante todo el período de cierre y hasta la extinción de la concesión:

c) las medidas de restauración y rehabilitación del entorno.

Artículo 66. -Para el cierre de mina total o parcial el concesionario presenta al Ministerio de la Industria Básica, hoy Ministerio de Energía y Minas, a través de la Autoridad Minera, las argumentaciones técnico-económicas y el programa de cierre que contenga:

g) el programa de restauración de la superficie afectada y un informe sobre las afectaciones provocadas al medio ambiente.

Como anteriormente se mencionó, el Artículo 34 de la Ley 76, dispone que se determinen los fondos de las reservas financieras, que cada concesionario debe tener para los gastos derivados de la protección del medio ambiente. Los fondos según el Artículo 87 del Decreto 222, tienen que ser de una cuantía suficiente para cubrir los gastos derivados de las labores de restauración del área de la concesión y de las áreas devueltas, el plan de control de los indicadores ambientales y los trabajos de mitigación de los impactos directos e indirectos ocasionados por la actividad minera.

Según las Guías para la Realización de las Solicitudes de Licencia Ambiental y los Estudios de Impacto Ambiental, del Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA), en el acápite 5.3: Guías Específicas para los Estudios de Impacto Ambiental en la Industria Minera; para realizar estudios de impacto ambiental correspondientes a proyectos de obras o actividades de minería, se utilizarán la Guía General y los indicadores definidos en esta Guía Específica. Dicho estudio debe abarcar los impactos causados por las acciones propias del proyecto y su relación con las infraestructuras ubicadas dentro del área de impacto.

1.4 Metodología de evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impactos ambientales surge en Estados Unidos en 1970 con la promulgación de la ley nacional de Política Ambiental (NEPA). Desde entonces, un creciente número de países han adoptado la EIA, aprobando leyes y creando organismos para garantizar su implementación.

Entre los países que pronto sugirieron esta orientación están Canadá (1973), Nueva Zelanda y Australia (1974), Alemania (1975), Francia (1976), Filipinas (1977), Luxemburgo (1978), Holanda (1981), Japón (1984) y la Comunidad Europea como tal (1985).

En América Latina, el proceso de institucionalización de la EIA respondió inicialmente a satisfacer los requisitos exigidos para conceder créditos por parte

de organismos financieros internacionales como el Banco Internacional de Desarrollo, el Banco Mundial y otros.

Existe gran cantidad de metodologías de evaluación de impactos, muchas de las cuales se elaboraron para un determinado proyecto, por lo que su generalización no deja de ser muy complicada en ocasiones.

Las clasificaciones más generales, de los sistemas de evaluación de impactos (Ayala, 1989; Arce, 1993; Conesa, 2003; Espinosa, 2007), agrupan los métodos según el siguiente esquema:

- Lista de chequeo
- Matrices causa-efecto
- Redes de interacción
- Sistemas cartográficos
- Modelación matemática

Las listas de chequeo son unos métodos de identificación muy simples, por lo que se usa para evaluaciones preliminares. Sirven primordialmente para llamar la atención sobre los impactos más importantes que puedan obtenerse como consecuencia de la relación de un proyecto.

Las matrices de causa-efecto consisten en un listado de acciones y otros de indicadores de impacto ambiental, que se relaciona en un diagrama matricial. Son muy útiles cuando se trata de identificar el origen de ciertos impactos; pero tienen limitaciones para establecer interacciones, definir impactos secundarios o terciarios y realizar consideraciones temporales o espaciales.

A través de consulta de expertos y debido a las características de ésta investigación, se llegó a la conclusión de que para este trabajo ambos métodos resultan veraces y efectivos, ya que permiten realizar una evaluación preliminar de los factores del medio afectado y las acciones susceptibles de producir impacto, y al mismo tiempo relacionar estos elementos y determinar las medidas necesarias para minimizar los efectos negativos.

CAPITULO II. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA BASE AMBIENTAL

Se entiende por línea base, en los estudios de impacto ambiental, a la descripción de la situación actual, en la fecha del estudio, sin influencia de nuevas intervenciones antrópicas. En otras palabras es la fotografía de la situación ambiental imperante, considerando todas las variables ambientales, en el momento que se ejecuta el estudio. Se consideran todos los elementos que intervienen en un estudio de impacto ambiental, reseñando actividad humana actual, estado y situación de la flora, fauna, clima, suelos, etc.

Para propósitos de la actualización del EsIA, de la Línea Base Ambiental del proyecto se evaluó a partir de la definición de las áreas de influencia directa e indirecta que aparecen en el proyecto.

2.1 Historia de las transformaciones ambientales del territorio

Para la realización de la historia de las transformaciones ambientales del territorio se hizo una revisión bibliográfica para determinar cómo las actividades socio-económicas desarrolladas por el hombre se han reflejado en el medio ambiente manifestándose en los factores ambientales en el proceso de asimilación de estos territorios, sobre la base fundamentalmente del trabajo realizado por la consultora GAMMA (2012).

A principios de siglo XX en esta región la población era escasa, con pocas vías de comunicaciones y una agricultura pobre basada en aisladas fincas (vegas) de cultivos de viandas y cría de ganado para la subsistencia familiar, que fue favorecida con el descubrimiento del yacimiento Matahambre, factor fundamental que inició las principales transformaciones económicas y ambientales de la región. Se destacan la influencia de proyectos mineros como Baritina, Dora, Francisco y otros de menor escala e intermitentes en el tiempo que se desarrollaron en la región con menor éxito.

Las operaciones mineras relacionadas con la Mina Matahambre se iniciaron a mediados de la segunda década del siglo pasado (1913), y movilizó hacia este municipio la afluencia de campesinos de toda la región y oleadas de ciudadanos chinos, japoneses, alemanes, italianos y de otras nacionalidades con el interés de trabajar en las operaciones relacionadas con la mina. (Foto 1)



Foto 1. Operaciones mineras en 1913

Santa Lucía pequeño poblado ubicado a unos 11 km al Norte de Matahambre, también sufrió la influencia directa en su transformación económica y ambiental por el desarrollo de tan importante proyecto. Por esta época se construyeron las obras que permitieron la ampliación y dragado del canal de Santa Lucía que permitió el embarque por mar de los concentrados de cobre de Matahambre, el funicular o transportador aéreo se construyó en 1917, desde Minas a Santa Lucía, pasaba por el flanco oeste del yacimiento Santa Lucía. Por esa época fueron contruidos un pequeño aeropuerto y la planta termoeléctrica. Sin embargo, el desarrollo social y la infraestructura del municipio en general se mantuvieron limitadas y no se desarrolló una infraestructura socioeconómica, estando la misma limitada a los intereses de la compañía minera. En los materiales gráficos de la época se destacan las construcciones sociales que estaban segregadas por clases, según la jerarquía ocupacional en la mina y la nacionalidad.

Después de 1959, se construyeron las plantas de sulfometales para producir ácido sulfúrico. También se construye una planta para recuperar metales preciosos, plomo, zinc, iniciándose las labores en la mina Mella como suministro de pirita para la obtención de ácido sulfúrico. La actividad geológica Minera en Minas de Matahambre comienza en 1961, al establecerse las primeras relaciones con la URSS en este campo, como resultado de éstas llegan al Municipio los primeros grupos de especialistas rusos para asesorar directamente al personal cubano. Las menas polimetálicas del yacimiento Castellanos-Santa Lucía fueron

descubiertas en 1964, antes estudiado como posible yacimiento cuprífero. Además se descubre también en el año 1964 el yacimiento Nieves, situado al Sur del yacimiento Matahambre. Han sido investigadas hasta la fecha con diferentes objetivos. En 1971 es construido el embarcadero de ácido en Santa Lucía.

Fueron desarrollados trabajos de prospección y exploración a escala 1:10 000 - 1:1000, para los que fue necesario el trazado de caminos de acceso y trochas para los levantamientos de topografía, geología, geofísica, geoquímica, hidrogeología, ingeniería geológica, perforación, laboreos mineros superficiales, estudios petrográficos, mineralógicos y químicos de menas y rocas encajantes, así como muestreos tecnológicos, los cuales incidieron aún más en las modificaciones al entorno. En los años 70 se realizaron además importantes trabajos de repoblación forestal de Pino Macho (*Pinus caribaea*) y Pino Hembra (*Pinus tropicalis*), ejecutados como parte del Plan Forestal Macurijes.

Se destacan los trabajos e inversiones realizadas en la década del 1970 al 1980, con la colaboración del CAME, que incluyeron la urbanización de La Sabana y la creación de una parte importante de la infraestructura del proyecto, la cual se conserva con diferentes niveles de afectación, fundamentalmente por la acción antrópica (Foto 2). En 1976 se construye una Planta de Fosforita para la explotación del yacimiento de fosforita ubicado a 5 Km al Sureste del yacimiento cuprífero Matahambre, descubierto a mediados de 1975 por un grupo de geólogos y geofísicos soviéticos y cubanos.

En 1979 se inaugura la sub- estación eléctrica de 110 voltios y la instalación de la línea del poblado de Pons, El Moncada y el enlace de 33 mil voltios con Santa Lucía. En el período de 1981 a 1983 la Empresa eléctrica amplió su servicio en alrededor de 49,3 Kilómetros de líneas de diferentes voltajes entre ellos en la línea de Pons a Sumidero que contribuyó a eliminar las plantas de diesel existentes.



Foto 2. Restos de las naves de la planta de tratamiento de mineral. Acción antrópica negativa.

La depresión económica de los años 90 y los bajos precios del cobre y del oro en el mercado internacional motivaron el cierre de un grupo de minas como Matahambre, Júcaro, y la paralización de otros proyectos mineros como Cobre Mantua y Platas Cuba. Esto impactó directamente en la población del municipio y al patrimonio histórico-cultural.

Las mayores afectaciones al medio de estas inversiones las han ocasionado la apertura y explotación de las menas sulfurosas del flanco oriental del yacimiento Santa Lucía, operación que se desarrolló durante 20 años, para la obtención de la pirita rica en azufre. Estas menas se auto combustionaban al ponerse en contacto con el oxígeno y aún no se han tomado las medidas de protección y de cierre necesarias.

La Empresa Oro Castellano, fue creada con el objeto social de producir oro y plata para su comercialización a partir de las menas oxidadas del yacimiento Castellano y de los depósitos existentes en Santa Lucía. Cuenta con la Concesión de Explotación y Procesamiento otorgada en el 2000 por un período de vigencia de diez años y la Licencia Ambiental correspondiente otorgada por el CITMA. Esta Empresa abrió una nueva etapa en la cultura minera del municipio Minas Oro Castellano fue la primera mina de oro que se desarrolló al 100 % con capital nacional, con su apertura se incrementó el empleo y el desarrollo de la infraestructura económico- social de la región mientras duró la explotación.

El método de extracción empleado al mineral previamente dosificado con cemento, cal y cianuro, era la lixiviación en lotes irrigados con una solución de cianuro de sodio, durante un período de tiempo aproximado de 30 días (en dependencia del contenido de arcillas y la permeabilidad del mineral). El piso de las pilas estaba convenientemente compactado, preparado con un sistema de colectores e impermeabilizado. Los licores ricos eran bombeados a una piscina para su posterior tratamiento en la planta con la cementación con zinc metálico y fundición del cemento para la obtención del dore (*Merrill Crowe*). Estudio de Impacto Ambiental Proyecto de explotación minero-metalúrgica de plomo y zinc Castellanos-Santa Lucía, Pinar del Río realizado para Empresa Mixta Minera del Caribe S.A. mediante Contrato IG-CN-0011-13.

En el año 2005, se firmó el Acuerdo Marco entre Trafigura Beheer BV Ámsterdam y Geo Minera S.A. para realizar el Estudio de Factibilidad Conceptual y tomar la decisión del paso a la Empresa Mixta para la explotación del yacimiento Oro Castellano, en ese momento se realizó el Estudio de Impacto Ambiental para dicho proyecto, pero no se llegó a materializar.

Este proyecto de desarrollo minero, cerró definitivamente sus operaciones en el año 2009, al disminuir ostensiblemente las reservas, sin ocuparse de la restitución de las condiciones anteriores al proceso de destape de las minas, ni retirar la maquinaria y las edificaciones construidas para prestar servicio en el proyecto minero. Así mismo no se realizaron labores de restitución en las canteras de la explotación minera de los yacimientos de Santa Lucía y Castellanos, los que constituyen un claro ejemplo de “paisaje lunar” originado por la explotación del mineral en el área, además de constituir una fuente de contaminación al lixiviar las aguas de lluvia las rocas con altas concentraciones de mineral e incorporarse estas a los sistemas de drenajes superficial y subterráneo de la zona (Anexo 1).

Las mayores afectaciones al medio que persisten a partir de éstas explotaciones mineras las ocasionaron la explotación de las menas sulfurosas del flanco oriental del yacimiento Santa Lucía, operación que se desarrolló durante 20 años, para la obtención de la pirita rica en azufre. Estas menas se auto combustionaban al ponerse en contacto con el oxígeno y aún no se han tomado las medidas de protección y de cierre necesarias.

El arroyo Manacas en Minas de Matahambre ha sido, durante más de 70 años, el vertedero de los socavones que drenan sus aguas ácidas, los residuos del concentrador, las aguas albañales del poblado y los desechos sólidos del aserradero.

La explotación del sombrero de hierro del yacimiento Castellanos se estuvo explotando desde junio de 1994 hasta finales de la década del 2000, en la actualidad se desmanteló la Planta de procesamiento y quedan los restos de las escombreras del mineral procesado, así como la piscina de lavado de arsénico, las otras piscinas están llenas de herbazal de macío y la presa de agua industrial. La cantera de Santa Lucía y la Planta de sulfometales han sido los principales generadores de drenaje ácido y fuentes de contaminantes por metales pesados en suelos, ríos, sedimentos y aguas marinas. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto de explotación minero-metalúrgica de plomo y zinc Castellanos-Santa Lucía, Pinar del Río. Realizado para Empresa Mixta Minera del Caribe S.A. mediante Contrato IG-CN-0011-13.

En la actualidad la Planta de sulfometales pasó a ser una UEB para la recuperación del plomo de las baterías desechadas, la misma es el mayor contaminante atmosférico en este momento, además de los pasivos mineros que posee en sus patios.

La explotación del sombrero de hierro del yacimiento Castellano se produjo desde la década de los años 90 hasta el año 2009, y fue, junto a la cantera de Santa Lucía y la Planta de sulfometales, los principales generadores de drenaje ácido y fuertes contaminantes por metales pesados en suelos, ríos, sedimentos y aguas marinas. Como se describe en párrafos anteriores independientemente de que en la actualidad ninguno de los yacimientos se encuentra en explotación y la planta de sulfometales ha disminuido su producción a la recuperación del plomo de los acumuladores inservibles y a otras industrias menores (vino seco, vinagre, etc.), las fuentes de contaminación existen y todavía pueden ser observadas una gran pila de mineral de azufre dispuesta a la intemperie, así como de otros materiales tóxicos, junto con los procesos de oxidación-reducción y lixiviación que se producen tanto en las canteras de las minas abandonadas, como en las escombreras (Anexo 2).

Los principales trabajos en el área de impacto de los yacimientos Santa Lucía y Castellanos, relacionados con el medio ambiente son: Estudio de Factibilidad del yacimiento Castellanos (capítulo V: Evaluación de los Impactos Ambientales), desarrollado por Mineral Resources Development LTD en 1993, Plan de Manejo Ambiental para el estéril, colas y drenajes en 1994, preparado por Hallam Knight Piesold Ltd, la Auditoría Ambiental a la Empresa Minero Metalúrgica de Explotación de Oro – Oro Castellanos por CESIGMA, 1999, y la Evaluación y Predicción de Impactos Ambientales en la Minería, 1997, por el IGP. En estos trabajos, se demuestra la afectación al medio producida por el drenaje ácido, la contaminación por metales pesados en los ríos, puerto de Santa Lucía y zonas aledañas.

La más antigua referencia del área de estudio se remonta al año 1679 acerca de tierras realengos, entre haciendas (hatos y corrales) de Luís Iazo, Los Acosta, Baja, Macurijes, Santa Isabel, Guane y Gramales. Durante los siglos XVII y XVIII fueron fomentados en áreas del municipio los Corrales de Río del Medio, Nombre de Dios, Managuaco, El Jobo, Francisco, La Güira, Sumidero, Cabezas de Montiel, Isabel María, Peña Blanca, Matahambre, Santa Lucía, Malas Aguas y Pan de Azúcar, los que se dedicaban a la crianza de ganado porcino. Estos asentamientos o bateyes constituyen los primeros o más antiguos sitios históricos del período colonial. Se supone que las ensenadas de Baja, Río del Medio y Malas Aguas constituyan también sitios históricos vinculados al comercio y las comunicaciones desde aquellos tiempos.

2.2. Características del medio físico del yacimiento

2.2.1. Geología

- **Historia geológica**

El territorio de la Provincia de Pinar del Río ocupa el extremo occidental del archipiélago cubano y se divide en tres zonas geológicas diferentes, separadas entre sí por fallas regionales. Estas son: la zona o terreno Guaniguanico compuesta por secuencias del paleomargen continental de Norteamérica; la zona Bahía Honda, caracterizada por complejos oceánicos-ofiolitas y la zona del arco volcánico cretácico, según el mapa geológico a escala 1:100 000 de Dora García et al., 2004

El territorio donde se encuentra enclavado el yacimiento desde el punto de vista geológico pertenece según Iturralde-Vinent, (1998) al Terreno Guaniguanico que presenta elementos mezclados de origen continental y oceánicos en correspondencia con la formación del subtrato plegado de esta parte del territorio nacional. Desde el punto de vista regional está formado por varias secciones litoestratigráficas (Cangre, Los Órganos, Rosario Sur, Rosario Norte y Quiñones-Guajaibón) los cuales afloran en un amplio sector del Norte de Pinar del Río como flujos deformados de rumbo NE-SW. Estas deformaciones tienen vergencia N-NW y son el resultado de la superposición de varias unidades de mantos de corrientes, empujadas hacia el N-NW que posteriormente fueron deformadas como una cúpula periclinal cuyo eje se hunde hacia el E. Los manto tectónicos en Guaniguanico tienen poca inclinación (Protrowska, 1976; Bralower e Iturralde-Vinent, 1997) citado por Iturralde-Vinent, 1998, Zonas de Los Órganos y Cangre. Ocupan la mayor parte del terreno Guaniguanico, justo al norte de la falla Pinar.

Presenta una complicada estructura interna destacándose dos subzonas reconocidas: Los Órganos y Rosario. La Subzona Los Órganos está dividida en dos unidades principales: el cinturón de Estudio de Impacto Ambiental Proyecto de explotación minero-metalúrgica de plomo y zinc Castellanos-Santa Lucía, Pinar del Río realizado para Empresa Mixta Minera del Caribe S.A. mediante Contrato IG-CN-0011-13 mogotes y el manto tectónico Alturas de Pizarras del Sur. La sección más antigua que se conoce son estratos del Jurásico Inferior-Medio al Oxfordiense inferior, con espesor estimado entre 3000 y 5000 metros, representados por areniscas, lutitas, pionas y escasos conglomerados, con raros cuerpos concordantes de diabasas y diques de gabroides y diabasas, con un metamorfismo moderado. En las lutitas y pizarras se encuentran restos de helechos, polen y esporas de helechos, coníferas y cicadáceas, así como ocasionales capas de lumaquelas de pelecípodos (Pszczolkowski et al., 1987). Estas capas se depositaron en depresiones intracontinentales con ambientes deltaicos, lagunares y muy localmente de mar somero (Haczewski, 1976). Las capas descritas se cubren por areniscas, lutitas y calizas de aguas marinas someras, del Oxfordiense medio al superior, que representan la primera

transgresión marina importante que completa la extensión del Tethys hasta el Caribe y el Golfo de México (Iturralde-Vinent y MacPhee, 1999).

En aquellos mares proliferó una rica biota integrada por peces ganoideos, *plesiosauroides*, *pterosau-rios*, *cocodriliiformes*, *ammonites* y *pelecípodos* (Iturralde-Vinent y Norell, 1996). Entre las rocas del Oxfordiene hay algunas capas finas de diabasas, basaltos e hialoclastitas (Pszczolkowski ed., 1987).

El terreno Guaniguanico presenta una complicada estructura interna destacándose dos subzonas reconocidas: Los Órganos y Rosario.

1. Subzona Los Órganos, dividida en dos unidades principales: el cinturón de mogotes y el manto tectónico Alturas de Pizarras del Sur.

2. La subzona Rosario se divide también en dos unidades principales: Rosario Norte y Rosario Sur, cada una constituida por una secuencia característica dislocada en diferentes mantos tectónicos. Una tercera unidad, considerada por unos autores como una subzona independiente y por otros como una prolongación de la secuencia de Rosario Norte, con características faciales específicas, constituye la faja o cinturón Esperanza, también muy dislocado y separado de la zona Guaniguanico por una compleja zona de fallas regionales con dirección latitudinal.

2.2.2 Litología y tipos de rocas

Desde el punto de vista litológico, en el área de Santa Lucía- se presentan según el mapa geológico de la Provincia de Pinar del Río 1: 100 000 cinco formaciones geológicas debidamente cartografiadas las cuales son: Estudio de Impacto Ambiental Proyecto de explotación minero-metalúrgica de plomo y zinc Castellanos-Santa Lucía, Pinar del Río realizado para la Empresa Mixta Minera del Caribe S.A (Anexo 3).

2.2.3 Geología del campo mineral -Santa Lucía

El campo mineral Santa Lucía constituye la mayor reserva de minerales sulfurosos de Plomo y Zinc del país, pertenece al Miembro (J 3 ox) de la Formación San Cayetano (J 1 – J 3) y está representada en el área del yacimiento fundamentalmente por:

Areniscas: Ubicadas en el lado yacente y pendiente del cuerpo mineral, consisten en una serie de areniscas silicificadas con intercalaciones de aleurolitas y pizarras. Las areniscas forman cerca del 70 % del macizo rocoso y están

alteradas por procesos secundarios de silicificación, piritización, cloritización y sericitización.

Pizarras (esquistos grafiticos, sericiticos): Su distribución espacial las ubica tanto al lado yacente como en el pendiente del cuerpo mineral. Presentan ínter estratificaciones muy finas de piritita bien cristalizada. Son comunes las intercalaciones de aleurolitas, dolomitas y calizas. Las pizarras forman alrededor del 80 al 90 % de este grupo litológico. El contacto entre las rocas de caja y la mineralización es discordante. Están muy plegadas y se alteran mostrando hinchamientos provocados por los minerales arcillosos.

2.3 Caracterización de la biota

2.3.1. Vegetación, Biota marina y Recursos Forestales

Desde el punto de vista fitogeográfico el área de estudio se encuentra en el distrito Alturas de Pizarras o distrito Pinarense, el cual es considerado pobre en endemismos propios, por constituir un corredor de especies compartidas con distritos vecinos como el Sabaloense al Sur, occidente y noroccidente y Cajalbanense al Nordeste.

La vegetación cuenta con las formaciones propias que se presentan en el resto del distrito, tales como pinares, bosque de galería y sabanas antrópicas. Hacia la llanura crecen bosques de mal drenaje, manglares, vegetación de playa, además de vegetal, ruderal y cultivos.

Trabajos previos, arrojan la existencia de siete formaciones vegetales, cuatro naturales: bosque de mangles, siempre verde micrófilo, latifolios en galería y pinos.

Además de tres antrópicas: plantaciones de pinos, sabanas y cultivos activos o en barbecho (Figura 1).

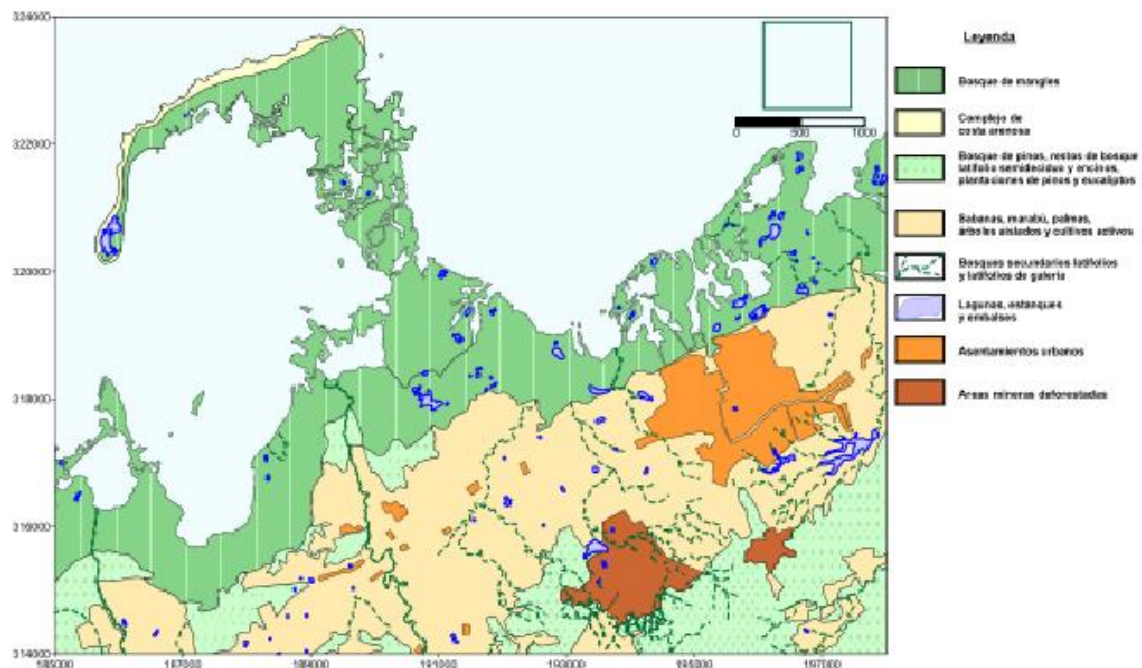


Figura 1. Esquema de Formaciones vegetales

La flora de las formaciones vegetales naturales, estaba compuesta por 227 especies, pertenecientes a 66 familias, siendo 42 taxones endemismos (18.5 %), no existiendo ninguno local. Para el bosque de pinos 119, latifolio en galería 100, bosque de manglares 6 especies, en reductos de siempre verde micrófilo 9 y en vegetación secundaria y cultivos 54. La mayor parte del área se encuentra antropizada, debido a la urbanización, cultivos, explotación forestal y minería, en tres grupos de ecosistemas: llanura muy baja, baja y alturas. En la llanura muy baja, el bosque de manglares carece de las franjas de yana y patabán, del siempre verde micrófilo sólo quedan pequeños reductos de vegetación original, a veces convertidos en bosques secundarios, lo que se debe al desmonte para el cultivo de arroz y aprovechamiento de la madera.

Las alturas están cubiertas por bosque de pinos relativamente conservados en lugares fuera del entorno cercano a los yacimientos, con un estrato arbóreo *monodominante* de *Pinus tropicalis*, donde se aprecia una activa regeneración natural a juzgar por la abundancia de ejemplares juveniles y plántulas existentes (GAMMA, 2012).

Los bosques de galería muestran diferentes grados de antropización, lo cual está relacionado con la invasión de *Sizygium jambos* (pomarroja). Ésta especie impide la regeneración natural de especies propias del ecosistema. No obstante, en general tienen la misma estructura que otros del distrito. En el estrato arbóreo

sobresalen, por su altura, *Didymopanax morototoni*, *Callophyllum pinetorum* y *Roystonea regia*. Esta última presenta numerosos ejemplares enfermos (coloración amarilla de los penachos de hojas, ausencia de fructificación) y muerte de individuos, sobre todo en los afluentes de los arroyos Las Coloradas y Las Varitinas (GAMMA, 2012).

2.3.2 Condiciones actuales de los hábitats. Importancia en el entorno regional

En el área de estudio se delimitaron de Norte a Sur, los cuatro tipos de paisajes fueron los siguientes:

1. Llanuras litorales:

1a. Llanura de la plataforma insular sumergida durante la transgresión holocénica, abrasivo-acumulativa en la barrera de coral y acumulativa en depresiones y desembocaduras de la red de drenaje lineal terrestre.

1b. Llanuras costeras acumulativas, bajas, con depósitos arenosos carbonatados, hidromórficos, biogénicos, en playas, pantanos y ciénagas; con seibadales submarinos, complejo de vegetación de costa arenosa y bosque de mangles.

De forma general los hábitats de este paisaje se encuentran parcialmente alterados desde la creación del puerto de embarque de mineral y la explotación del Socavón Santa Lucía. Han sufrido derrames de combustibles, lubricantes y el drenaje del lavado de los cuerpos minerales; además del crecimiento continuo de la población con el consiguiente aumento de carga de residuos líquidos y sólidos domésticos sin tratamiento; la creación y funcionamiento de la Planta de Sulfometales (Foto 3) las investigaciones y explotación de los destapes de mineral, unidos a la creación del centro turístico Cayo Jutías, y la tala de los bosques de mangles para la obtención de madera y tierras para cultivos de subsistencia y ganadería.



Foto 3. Planta de Sulfometales

La importancia en el entorno local y regional de los hábitats, está dado por ser parte de nuestra frontera. Los ecosistemas coralinos presentan una gran biodiversidad y son barrera externa o rompiente, donde se frena la fuerza del oleaje, que puede desequilibrar las acumulaciones de arena o sedimentos biogénicos, que permiten la existencia y formación de playas y nuevas tierras emergidas. (Foto 4)



Foto 4. Complejo de vegetación de costa arenosa

Los hábitat arenosos de Cayo Jutías sufren afectaciones actuales por la brecha abierta en la barrera de coral al NE de Cayo Jutías, la construcción del vial y edificaciones sobre la duna, lo que determina la inestabilidad del sustrato para mantener el equilibrio que proporciona la cubierta vegetal.

Las condiciones actuales de los hábitats de los bosques de mangles son precarias. (Foto 5). Se encuentran muy afectados hacia la parte terrestre, ya que han sido y son talados para la obtención de tierras para el cultivo de arroz, ganadería y aprovechamiento de madera, además reciben residuales líquidos de la actividad minera del yacimiento Santa Lucía, a través del arroyo Santa Lucía, de Castellanos a través del arroyo Biajaca 1 o Palma, industrial de la Planta de Sulfometales y albañales domésticos del poblado.



Foto 5. Franja de bosque de mangles en la desembocadura del arroyo Santa Lucía afectado por los contaminantes que drena.

2. Llanura costera con relieve plioceno-cuaternario; fluvio-marina, denudativa, en las colinas residuales y denudativa-acumulativa; cálida y poco lluviosa, periódicamente muy húmeda y muy seca, muy poco disecada hacia el contacto con la llanura de la plataforma, ya disecada entre las colinas residuales y el interior, con suelos de mal drenaje, ocupando el tercio inferior de las corrientes fluviales con reductos de bosque siempre verde micrófilo y de galería; además de formaciones vegetales antrópicas de matorrales secundarios, cultivos de arroz, viandas, frutos menores y pastos.

Los hábitats de este paisaje se encuentran totalmente alterados. La tala casi total de las formaciones vegetales originales, para cultivos de subsistencia y aprovechamiento de madera, unido a la invasión de especies exóticas, no permiten que los escasos y pequeños reductos del bosque siempre verde micrófilo se restablezcan.

La importancia en el entorno local y regional de los hábitats está dada por ser corredor de biodiversidad muy estrecho entre el Este y Oeste de la llanura noroccidental de la provincia, a la vez de ser asiento de la mayor densidad de población y del cinturón agrícola-ganadero del poblado Santa Lucía.

3. Llanura de pie de monte, con relieve plioceno-cuaternario; erosivo hacia las colinas y erosivo-acumulativo hacia las terrazas fluviales; cálida y poco lluviosa; periódicamente muy húmeda y muy seca; medianamente disecada hacia las corrientes fluviales, aluviales, con reductos de bosque de pinos y galerías con palma real y cana; además de formaciones vegetales antrópicas de pinos, matorrales secundarios y cultivos de viandas, granos, frutos menores y pastos.

Los hábitats de esta llanura se encuentran al igual que en el anterior muy alterados. La tala casi total de las formaciones vegetales originales para cultivos de subsistencia y ganadería, unido a la penetración de especies exóticas invasoras, no permiten que los escasos y pequeños reductos de bosque de pinos y latifolios en galería con palmas se restablezcan. Sólo existen matorrales secundarios, sabanas antrópicas con vegetación segetal y ruderal y cultivos.

Es el paisaje más afectado por la actividad minera por encontrarse entre la principal infraestructura construida para el procesamiento del mineral, la planta de procesamiento de oro y plata y el yacimiento, con caminos, terraplenes y carreteras, así como las emisiones de polvo y ruido de las explosiones y transporte de equipos pesados, además de depósitos del destape de los cuerpos minerales y residuales líquidos ácidos. Los hábitats en el Noreste de este paisaje se encuentran afectados desde el pasado, por la explotación de la pirita para la fabricación de ácido sulfúrico en la Planta de Sulfometales en el Socavón Santa Lucía, más tarde por las prospecciones geológicas y las pruebas de explotación de las menas oxidadas del yacimiento.

4. Alturas con relieve plioceno-cuaternario modificado; erosivo-denudativas hacia las máximas elevaciones en pendientes mayores de 20 grados y denudativas hacia las menores, con pequeñas áreas acumulativas en escalones de pendientes; cálida y poco lluviosa; periódicamente muy húmeda y muy seca además estrechas áreas de los valles de inundación, donde predominan bosques de pinos hacia los interfluvios y latifolios en galería hacia las cañadas y valles.

Predomina la formación vegetal bosque de pino hembra abierto y bosques mixtos de *Pinus* tropicales (pino hembra), *Pinus caribaea* (pino macho), *Curatella americana* (vaca-buey) y *Byrsonima*; los aluviales con bosques en galería con abundancia de helechos espinosos y lianas; en parches de suelos arenoso cuarcítico aparecen especies propias del distrito Sabaloense o llanuras de arenas blancas (Foto 6).



Foto 6. Bosque reforestado de *Pinus caribaea*

Los hábitats de este paisaje han desaparecido en el lugar de la explotación, pero en el resto de las áreas son los de menor afectación. Aunque fueron talados hace más de 50 años y reforestados más de 30, existen zonas donde se recuperó parte de la flora autóctona. Coexisten áreas alteradas no sólo por tala selectiva sino por investigaciones mineras.

La importancia en el entorno regional de estos hábitats se da por formar parte del núcleo principal del distrito fitogeográfico Pinarense, específicamente las Alturas de Pizarras del Norte, el cual no tiene un alto endemismo pero, mantiene algunos propios y representa un corredor de especies de distritos vecinos.

2.3.3 Unidades de vegetación presentes en el territorio

Las formaciones vegetales presentes en el territorio que pueden considerarse unidades de vegetación son: los bosques de mangles, de pinos y latifolios en galería, aunque existen áreas dispersas con reductos de bosque siempre verde micrófilo y latifolios en galería, además de bosques y matorrales secundarios y sabanas antrópicas. Los bosques de mangles son formaciones vegetales sui

generis debido a las condiciones de humedad y salinidad en que se desarrollan, lo cual determina el desarrollo de adaptaciones especiales en cuanto a la obtención del oxígeno por las raíces, ya que el sustrato se encuentra permanentemente inundado y su alta salinidad le imprime una fuerte presión osmótica, la cual no puede soportar ninguna de las plantas que crecen en tierra firme.

Los mangles (Foto 7) obtienen el oxígeno, no por las raíces que profundizan el sustrato fangoso y permanentemente inundado, sino por raíces especiales que emergen desde el sustrato y sobrepasan la superficie del agua, llamadas neumatóforos, que tienen grupos de células con grandes espacios intercelulares o lenticelas, por donde tiene lugar el intercambio gaseoso necesario: entrada de oxígeno y salida de dióxido de carbono que la planta desprende en la respiración.



Foto 7 Raíces de los mangles con células con grandes espacios intercelulares

- Características generales de la vegetación: (GAMMA, 2012)
 1. El levantamiento arroja cuatro formaciones vegetales naturales alteradas: bosque de mangles con 12 especies, que se ubican hacia la mayor parte de la franja litoral; complejo de vegetación de costa arenosa con 10 especies, ubicadas en gran parte de la franja norte de Cayo Jutías y en la Playita de Santa Lucía; el bosque de pinos con 151, que abarca la mayor área de las Alturas de Pizarras del Norte, en el área de estudio y el bosque latifolio en galería con 108, que se ubican a ambos lados de los cauces de las corrientes fluviales, sobre todo hacia las alturas.
 2. Aparecen reductos del bosque siempre verde micrófilo en áreas de cultivo, hacia los interfluvios del tercio inferior de los arroyos Biajaca o Palma y El Mamey.

Existen otras formaciones vegetales antrópicas entre las que se encuentran Bosques y matorrales secundarios, que aparecen dispersos, por la llanura costera y el pie de monte, además de vegetación segetal y cultivos. En las alturas aparecen bosques y matorrales secundarios que ocupan áreas del bosque latifolio en galería y del bosque de pinos, también existen reductos de vegetación acuática lacuno-palustre. En total las áreas de cultivo cuentan con 94 especies.

3. De las 292 especies vegetales reportadas para el área de estudio existen 48 endemismos, lo que representa un 16.4 %, siendo sus categorías: uno propio de Alturas de Pizarras, nueve de Pinar del Río, 23 de Cuba occidental, uno de Cuba occidental-central y 14 cubanos.

4. Existen cuatro especies amenazadas, según categoría IUCN: En Peligro (EN) se encuentran *Aster grisebachii* Britt., *Nymphaea amazonum* y *Xiphidium xanthorrhizon* Wr. Ex Griseb., mientras En Peligro Crítico (CR) sólo aparece *Nodocarpea radicans* (Griseb.) A. Gray.

5. El endemismo por formación vegetal se comporta de la manera siguiente: bosque de pinos 34, bosque latifolio en galería 17, complejo de vegetación arenosa 1 y los que conviven en reductos asociados a cultivos 7.

6. El único sitio de importancia para la conservación es loma El Suizo, por contar con menos antropización que el resto de los sitios, con condiciones que permiten realizar acciones para mantener un grupo de endemismos en la localidad, entre los que se encuentran 31 de los 34 que existen en los ecosistemas de pinares, entre ellos los amenazados *Aster grisebachii* Britton., *Xiphidium xanthorrhizon* Wr. ex Griseb y *Nodocarpea radicans* (Griseb.) A. Gray.

○ Fauna

La fauna silvestre asociada a ecosistemas naturales puede definirse a macro escala en dos grandes grupos o *Phylum*, Invertebrados y Vertebrados, en los cuales se centró el análisis durante el estudio. El área propuesta a evaluar ha sido explotada con anterioridad con varios fines y las alteraciones antrópicas han modificado el paisaje, la vegetación y condiciones naturales en general, hecho que ha traído aparejado la variación de la composición faunística asociada. La fauna es un elemento biótico que se entrelaza muy estrechamente con las comunidades vegetales en que se sostiene. La estrecha e indisoluble relación entre zoocenosis-fitocenosis recurre a severas consecuencias en la estructura y

composición de las comunidades faunísticas, por la fragmentación del hábitat y traen consigo alteraciones de los procesos ecológicos espaciales, como la dispersión y los movimientos a través de los paisajes, y a veces se añade el efecto de la pérdida de la calidad de hábitat.

2.4 Estado actual del medio ambiente

El estado actual del medio ambiente está dado por la relación entre las actividades socioeconómicas que se realizan en un territorio, la aptitud funcional de ese territorio y la armonía que se logre en el uso del mismo. Dicho de otra forma, es la resultante de la forma, magnitud, intensidad y duración de la interrelación sociedad-naturaleza y se manifiesta a través de los impactos ambientales. El área afectada por la actividad minera en el municipio corresponde a las siguientes operaciones mineras:

1. Santa Lucía. Polimetálicos. Pequeña operación para la explotación de las pilas de menas oxidadas con plata producto del destape del yacimiento y su procesamiento en las instalaciones de Castellano. Open Pit.
2. Castellanos. Polimetálicos. Cerrada. Open Pit.
3. Matahambre. Cobre. Cerrada. Subterránea.
4. Julio Antonio Mella. Pirita. Cerrada. Subterránea.
5. Francisco. Cobre. Cerrada, Subterránea.
6. Baritina. Barita. Cerrada. Open Pit.
7. Loma Hierro. Plata. En el proceso Inversionista. Open Pit.
8. Cantera para materiales de la construcción de Pons. Calizas. Open Pit.

El porcentaje del territorio que se encuentra contaminado se determina según los diferentes elementos que componen el medio ambiente como sigue:

El agua superficial presenta contaminación en su área de influencia que son los cursos medios de las corrientes que conforman la red fluvial de los ríos, La Palma y Santa Lucía que atraviesan las áreas minadas se encuentran contaminados y, en consecuencia, los impactos sobre la calidad de sus aguas se reflejan en los cursos inferiores. El agua del acuífero La Esperanza, que abastece al poblado de Santa Lucía, no se encuentra contaminada por la actividad minera, pero al Oeste del pueblo de Santa Lucía, penetró a través de la Falla Regional Litoral, un lente de intrusión marina en dirección al yacimiento Castellanos que pasó por la Falla Regional No. 2 y llegó apenas a 1 km del yacimiento.

La contaminación de los sedimentos se limita a los aluviales, deluviales, coluviales y las zonas de influencia directa de la explotación minera en los que se determinaron contaminaciones por metales producto del drenaje ácido.

La calidad del aire está afectada por emisiones de partículas en las áreas de explotación minera y su entorno cercano provenientes de: depósitos de colas y de material estéril, transporte de los materiales, las plantas de cal y de oro y los caminos no pavimentados.

También existen emisiones gaseosas emitidas por el transporte ligero y pesado en el área de estudio, cuya distribución alcanza las primeras decenas de metros a lo ancho del camino.

En el área de influencia indirecta con respecto a la calidad del aire los contaminantes gaseosos y particulados presentaron concentraciones bajas procedentes de focos de contaminación diversos. En este caso es necesario agregar que las principales fuentes de emisión en Santa Lucía (Sulfometales), no se encontraban funcionando durante el muestreo, por ello, se considera que los niveles muestreados son un fondo de la localidad. En la zona se verifican con frecuencia condiciones de baja dispersión atmosférica que contribuyen a la acumulación de los contaminantes. Los vientos predominantes en la región (Este) contribuyen al traslado de sustancias desde los focos de emisión, hacia los poblados de Las Varitinas, El Mamey y su entorno.

El área de estudio del Proyecto ha sido explotada con anterioridad con varios fines (minería, agricultura, ganadería, forestal, entre otros) y las alteraciones antrópicas producidas han modificado el paisaje, la vegetación y las condiciones naturales, hecho que ha traído aparejado definitivamente la variación de la composición florística y faunística (Anexo 1 y 2). La llanura media y baja se encuentra antropizada, debido a la urbanización, cultivos y la explotación forestal, mientras que las alturas están afectadas por la explotación minera.

La loma El Suizo es el área mejor conservada en el territorio y que presenta mayores valores desde el punto de vista florístico.

En el área de estudio se reportan las siguientes fuentes principales de contaminación registradas por la comisión municipal del Medio Ambiente y el CITMA:

1. Fábrica Patricio Lumumba.

2. Cantera Santa Lucía.
3. Núcleo urbano del poblado de Santa Lucía.
4. Núcleo urbano del poblado de Minas de Matahambre.
5. Aserrío de Pons.
6. Laboreos antiguos (socavones) que drenan aguas ácidas al arroyo Manacas.
7. Aserradero de Minas de Matahambre.
8. Cantera Castellano.

2.4.1 Unidades funcionales ambientales o geosistemas

El estudio del medio ambiente siempre se relaciona con la expresión espacial de los fenómenos, la cual se manifiesta en la integración de los subsistemas Naturaleza, Población y Economía. Como resultado de esta integración, se definen en el espacio geográfico, distintas unidades ambientales que sirven como base para su evaluación espacial, a partir de la síntesis natural y socioeconómica. Para la determinación del estado del medio ambiente, por tanto, es necesario identificar las unidades funcionales ambientales según el uso y función del territorio. La taxonomía de las funciones del territorio se establece de acuerdo con la intensidad y tipo de influencias que se ejercen en el territorio según la modalidad de interrelación dado entre la sociedad y la naturaleza.

El primer nivel, la clase, tiene como indicador la presencia de la actividad del hombre por lo que se dividen en territorios con función natural y seminatural (terrestres (litoedáficos, relieve, zonales e hídricos), transicionales (hídricos (salada), litorales y marinos) y territorios con función antrópica (tecnógenos (industriales, los portuarios, los asentamientos poblacionales, los recreativos, los viales y los hidráulicos), agrarios (pecuarios, cultivos especializados (tabaco), cultivos de arroz, cultivos menores, áreas vinculadas a la actividad pecuaria (pastos naturales, naves de ordeño y alimentación, etc.), arboleda artificial (frutales), café y forestales (plantaciones y bosques con manejo).

La foto 8 muestra una vista desde la cantera Castellanos hasta la costa norte donde se aprecian diferentes unidades funcionales.



Foto 8. Unidades funcionales ambientales del Norte del yacimiento Castellano

CAPITULO III. EVALUACIÓN MINERO-AMBIENTAL DEL YACIMIENTO POLIMETÁLICO CASTELLANO

3.1 Características generales del proyecto Polimetálico Castellano

La apertura del Complejo Minero Polimetálico Castellano con capacidad para procesar 1 000 000 t/año de mena, con el fin de producir 100 000 t/año concentrados de flotación de Zinc y 50 000 t/año de Plomo destinados a la exportación se propuso para el segundo semestre del año 2015.

La apertura de este complejo representa un paso importante en la reactivación minera nacional en los metales base.

El proyecto Polimetálicos Castellano es una de las principales inversiones de la provincia de Pinar del Río y junto a otras dos inversiones mineras, constituyen una importante fuente económica para el municipio Minas de Matahambre. Dicho papel se expresa en un importante ingreso en moneda libremente convertible, en el desarrollo y la recuperación de empresas mineras e industriales y prestatarias de servicios para este sector, así como la generación de numerosas fuentes de empleo y oportunidades de negocios para diferentes sectores de la economía nacional y de la localidad.

Entre las ventajas del proyecto se citan el grado de estudio del yacimiento, la existencia de una tecnología tradicional probada para estas menas, el desarrollo de una parte importante de la infraestructura y de las obras necesarias que incluyen la localización en las cercanías del asentamiento La Sabana y la Empresa Geo-minera Pinar del Río, con el personal calificado, posibilidades de obtener servicios, y otros elementos necesarios.

La existencia a unos 2 km del depósito Santa Lucía, con recursos de menas polimetálicas, con diferentes características tecnológicas pueden constituir una fuente adicional de materia prima para la futura Empresa Minera que pudiera alargar la vida útil del proyecto en casi 20-25 años.

El yacimiento Castellano está totalmente explorado, tiene recursos calculados que ascienden a 11.9 MM Ton con 6.27 % de Zn y 3.21 % de Pb.

El plan de extracción de la mina se diseña para toda la vida útil estipulada en unos 11 años. Se explotarán dos minas a cielo abierto, con profundidades de aproximadamente 250 m y alcanzarán un radio de 1 km. El área total de explotación para ambas minas, oeste y este, se calcula en unas 28.14 ha. El piso

de explotación establecido corresponde a la cota -126 y -96 m. El material estéril se utilizará en la construcción del muro de la presa de cola.

Se construirán: una presa de colas (67.6 ha), un depósito de capa vegetal (9.9 ha) y tres escombreras que totalizarán unas 135 ha, además de la planta de beneficio, talleres y edificaciones administrativas, para un área total de 212.5 ha.

La tecnología que se propone para el beneficio de las menas es el método de beneficio hidro-metalúrgico convencional con la variante de la automatización de los sistemas de la planta de beneficios. Se tratan en lo fundamental seis áreas:

- Área de trituración y cribado.
- Área de molienda y clasificación.
- Área de flotación, espesamiento, filtrado y secado de plomo.
- Área de flotación, espesamiento, filtrado y secado de Zinc.
- Área de preparación y dosificación de reactivos.
- Área de tratamiento y distribución de aguas.

En el contexto regional, como ventaja se destaca que aunque América Central posee una variedad de recursos minerales metálicos que incluyen oro, plata, cobre, y polimetálicos, no existen en el área de Centroamérica yacimientos similares a los ubicados en la provincia de Pinar del Río ni por su génesis, ni por el volumen de recursos.

3.2 Localización geográfica del yacimiento Polimetálico Castellano

El Proyecto está ubicado a unos 3 km del poblado de Santa Lucía, dentro de los límites del municipio de Minas de Matahambre, en la provincia de Pinar del Río. (Figura 2).

El área de estudio es conocida como campo mineral Castellano – Santa Lucía, y comprende las minas Castellanos y Santa Lucía. El área que se micro-localiza es de 698,3 ha y se corresponde con el área macro-localizada. Está compuesta por las áreas de explotación (yacimiento Castellanos y Santa Lucía); la planta de beneficio; talleres; edificio socio administrativo; presa de colas; escombreras y micropresa.

De acuerdo con la solicitud de Geo-Minera S.A, a la Oficina Nacional de Recursos Minerales, los polígonos de la Concesión de Explotación, Procesamiento y Comercialización solicitada, (Figura 2).

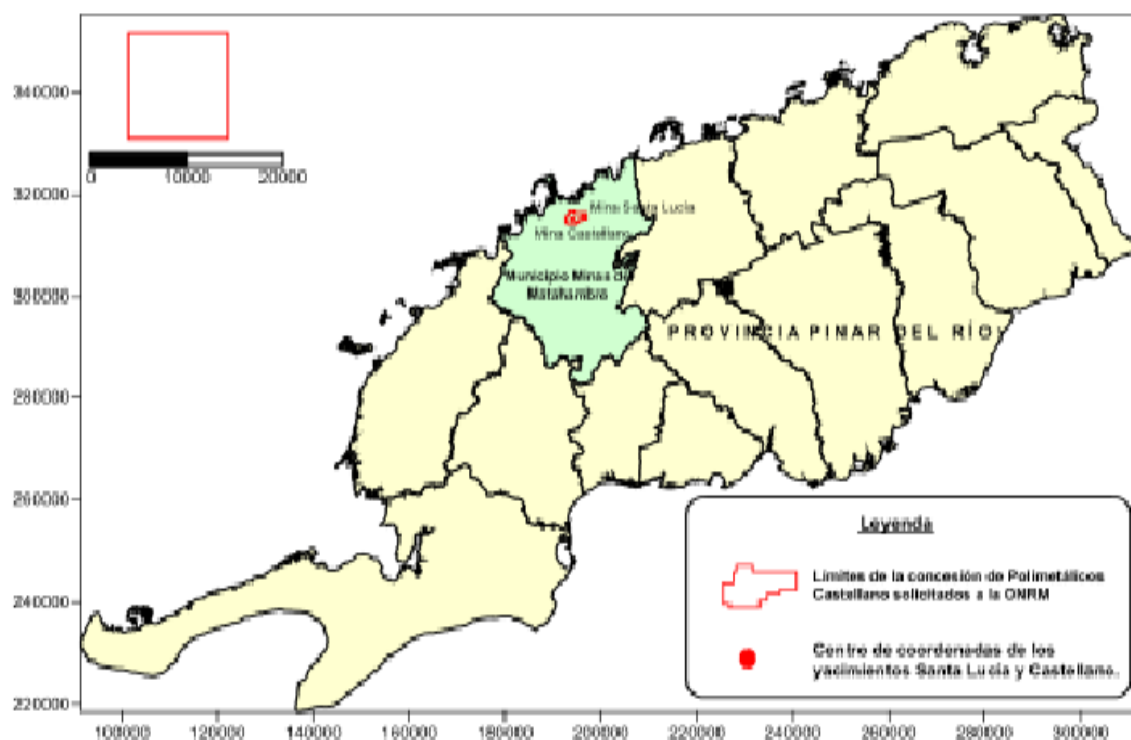


Figura 2. Localización geográfica del proyecto minero Polimetálicos Castellano-Santa Lucía

Las coordenadas geográficas (NAD27 Cuba), de los vértices de la concesión de explotación, procesamiento y comercialización, solicitada a la ONRM se muestran en la tabla 1

3.3 Sistema de explotación utilizado en el yacimiento Polimetálico Castellano

El esquema de flujo tecnológico es el tradicional, conocido y aplicado en operaciones mineras a cielo abierto y plantas de procesamiento de minerales similares. Los materiales a emplear en el proceso de beneficio consisten fundamentalmente en agua, minerales y un grupo de reactivos.

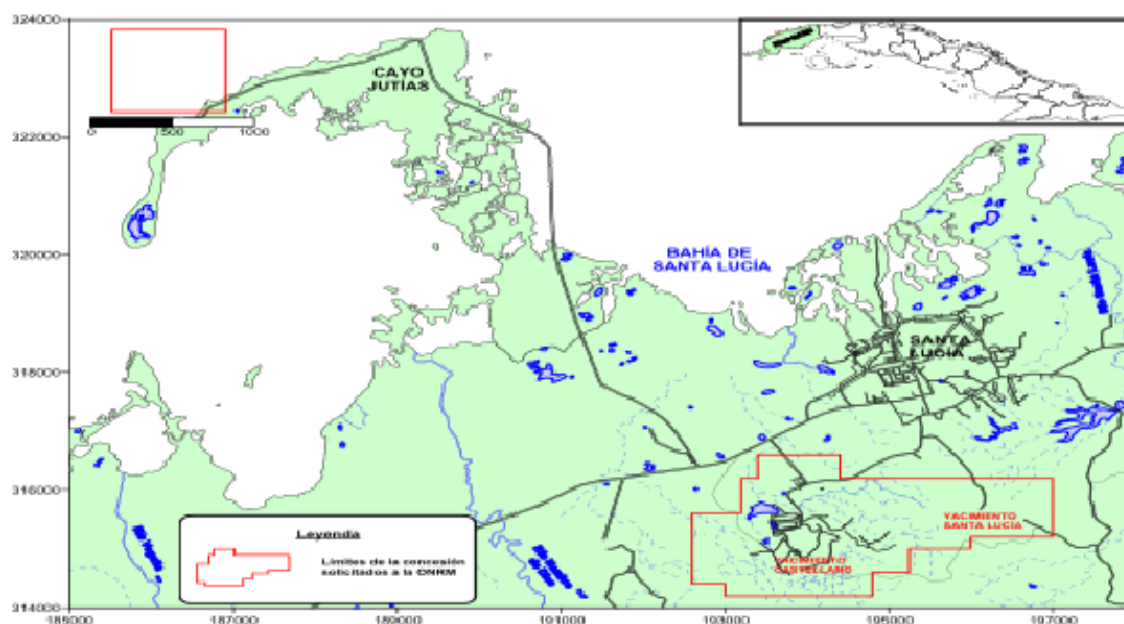


Figura 3. Límites de la concesión del proyecto Polimetálicos Castellano-Santa Lucía

Tabla 1. Coordenadas geográficas (NAD27 Cuba) de los vértices de la concesión minera.

Latitud N	Longitud W
22° 39' 01.66"	83° 58' 59.64"
22° 39' 02.30"	83° 58' 24.62"
22° 38' 49.30"	83° 58' 24.34"
22° 38' 49.69"	83° 58' 03.33"
22° 38' 50.96"	83° 56' 53.30"
22° 38' 18.46"	83° 56' 52.61"
22° 38' 17.82"	83° 57' 27.63"
22° 38' 11.32"	83° 57' 27.49"
22° 38' 10.84"	83° 57' 53.75"
22° 37' 57.84"	83° 57' 53.47"
22° 37' 57.55"	83° 58' 09.23"
22° 37' 44.55"	83° 58' 08.96"
22° 37' 43.39"	83° 59' 11.98"
22° 37' 49.89"	83° 59' 12.12"
22° 37' 49.63"	83° 59' 26.12"
22° 38' 28.64"	83° 59' 26.96"
22° 38' 29.03"	83° 59' 05.95"
22° 38' 48.53"	83° 59' 06.36"
22° 38' 48.66"	83° 58' 59.36"
22° 39' 01.66"	83° 58' 59.64"

La secuencia de actividades básicas en la explotación será: desbroce, destape, arranque, carga y transporte. Las actividades de aseguramiento serán: formación de depósito de colas con el estéril que se arranca durante el destape del mineral en ambas minas, formación de escombreras, depósito de capa vegetal, construcción y mantenimiento de los caminos, etc.

El desbroce se desarrollará en un área de $1\,302\,000\text{ m}^2$ correspondiente al total del área que cubrirá la escombrera, la presa de cola y el depósito de capa vegetal y material de baja ley; éstas áreas se encuentran cubiertas por una maleza de arbustos y por pinos. La capa vegetal se arrancará con un espesor aproximado de 0.2 m, lo que hace mover un volumen en todo el yacimiento de $260\,400\text{ m}^3$. Esta operación se realizará utilizando un buldócer con escarificador, un cargador y un camión que transportará el material al depósito de capa vegetal, (Inversiones Gamma, 2012).

La actividad de destape se realizará arrancando el estéril que cubre al mineral. Las labores de destape tendrán un avance planificado mayor a los 30 metros con respecto a las de extracción.

Para el destape de las minas se realizará la extracción del estéril de los niveles superiores desde las cotas +108 y hasta la cota +66 donde comienza la extracción del mineral, estos niveles se desarrollan en la parte Sur del yacimiento. Dicho destape se realizará a partir de los caminos existentes en la zona ya sea por la zona central o por la parte Este según corresponda a la mina Este u Oeste. El estéril será arrancado efectuando perforación y voladuras de ligera a media intensidad, en presencia de las areniscas, caliza, dolomita (y otras rocas de resistencia media), y por excavación directa en el caso de las pizarras negras (baja resistencia); utilizando el equipamiento apropiado para cada caso.

Para la utilización del material estéril en la construcción del muro se requiere realizar un estudio más detallado que precise la resistencia a las deformaciones, compactación, ángulo de reposo, cohesión y ángulo de fricción, entre otros ensayos, de modo que se pueda concluir que su uso es apropiado y seguro.

Los bancos en el estado final de la mina se diseñaron con alturas de 6 metros, esto responde al estudio de estabilidad de taludes, a las características minero técnicas, requisitos del mineral y el tipo de equipamiento a utilizar. Se establece que los bancos para la operación de la mina tendrán una altura de 6 metros, para una extracción más selectiva del mineral y disminuir las pérdidas y la dilución. Los bancos de estéril, en modo operativo, podrán unirse dos, alcanzando hasta los 12 metros de altura, considerando especialmente ubicación (yacente o colgante) y características geomecánicas.

Los ángulos del talud de los bancos individuales se proyectan de la siguiente forma:

Pizarras del pendiente (PP) - 70°

Pizarras del yacente (PY) - 55°

Areniscas del pendiente (AP) - 80°

Areniscas del yacente (AY) - 60°

El ancho mínimo de las bermas de seguridad se calcula de 3 metros para bancos de 6 metros de altura, considerando un coeficiente de seguridad, dadas las características de las rocas, de 1.5 promedio.

Considerando las diferentes litologías presentes en el yacimiento y según el estudio geo-mecánico realizado, el 52 % del material estéril se considera que tiene baja resistencia, los planos de estratificación estrechamente espaciados, con bajo coeficiente de fricción y cohesión; entonces se consideró utilizar una berma de seguridad entre los escalones según se corresponda con la litología presente en él. Las bermas serán:

Pizarras del pendiente (PP) - 4m

Pizarras del yacente (PY) - 5m

Areniscas del pendiente (AP) - 3m

Areniscas del yacente (AY) - 4m

La plataforma de trabajo se ha determinado según las dimensiones del equipamiento a operar en los frentes, características del mineral y de la tecnología de extracción a utilizar. Considerando lo anterior, la plataforma o plazoleta de trabajo se calculó con ancho mínimo de unos 35 m.

Se ampliarán y rectificarán los caminos existentes, a partir del camino que entra en la zona de las minas por su parte central, así como el camino que lleva a los niveles superiores que se encuentra bordeando la mina Este. Tendrán un ancho de 13.50 m y una pendiente máxima de 10 %.

Dentro de la mina cada tramo de rampa de un piso a otro tendrá como mínimo 13.5 m de ancho, 120 m de largo y una pendiente de 10 %. Las curvas se construyen en el mismo nivel, sin pendiente y con radios mínimos de 20 m. Estos caminos interiores de la mina se desarrollan por el pendiente, (Inversiones Gamma, 2012).

El ancho de las trincheras de apertura de los niveles diseñados, será de 13,50 m aproximadamente (considerando camiones Astra, Actros o Volvo de 40 t). Para la superficie de rodamiento de los caminos se utilizará la técnica de la penetración invertida. Los caminos de transporte y áreas de carga en pizarra, requerirán

mejoramiento de suelo con revestimiento del camino. Se considera un revestimiento de unos 30-60 cm de arenisca en las áreas de pizarra.

La capa vegetal se arrancará de forma directa utilizando un buldócer.

Por las propiedades físico-mecánicas del mineral y del estéril, el arranque se efectuará con trabajos de perforación y voladuras y con arranque directo.

La tecnología de arranque, en resumen, será:

- Para capa vegetal: escarificación, arranque y apilado.
- Para mineral: perforación y voladuras.
- Para el estéril: las pizarras serán arrancadas de forma directa utilizando retroexcavadora y las areniscas se arrancará con voladuras de remoción y localmente con voladuras de fracturación.

En los trabajos de perforación y voladuras el diámetro de perforación se consideró de 171.5 mm (6 $\frac{3}{4}$ "), tanto para el mineral como para el estéril, y se ha seleccionado debido principalmente al volumen de arranque necesario, las características de las rocas, los costos de perforación y los efectos de impacto ambiental (polvo, ruidos, vibraciones, etc.) que provoca inevitablemente esta actividad.

Perforación de barrenos, con inclinación de 80° para el mineral y de 70° para el estéril. Se dispondrán al tresbolillo, para buscar una mejor y uniforme fragmentación del material.

La carga de los barrenos estará conformada por una carga de columna y una carga de fondo. La sustancia explosiva para la carga de columna será Anfo o Nitro miel y para la carga de fondo Tectrón. Para el relleno o taco del barreno después de cargado, se usará el polvo de la perforación. (CESIGMA, S. A. ,2007). En las voladuras se utilizará cordón detonante y detonadores no eléctricos con series de retardo, para garantizar uniformidad de fragmentación y la disminución de las vibraciones del terreno.

Se realizarán voladuras de precorte para independizar los bloques de las voladuras principales, de esta forma parámetros importantes como la dilución, la fracturación de los bloques vecinos, ángulo de los bancos y efectos sísmicos; pueden ser controlados mejor (CESIGMA, S. A. ,2007).

La carga del mineral y del estéril arrancado se hará con retroexcavadoras con capacidad de cuchara de 3 m³, la cual descargará en un camión de volteo. Este

equipo garantiza una mayor operatividad durante la explotación, lográndose mayor perfilado en el arranque y por tanto mayor selectividad. Las dimensiones del equipo garantizan la altura de descarga mínima permisible en correspondencia con la altura del equipo de transportación.

Para trasladar el material se usará camión de volteo de 40 t. Las distancias desde la mina hasta los diferentes puntos serán:

- Mina - Planta de molienda primaria.....1.2 km
- Mina - Escombrera.....0.5 km
- Mina - Depósito de capa vegetal.....0.5 km
- Mina - Depósito de cola.....1.3 km

La distancia de tiro para toda la vida de la mina será: desde el fondo y hasta la trinchera general de apertura en el punto X=8562.8, Y=6273.4 (Coordenadas locales) para la mina Este de 1.7 km y para la mina Oeste de 2 km. La distancia media estimada para toda la mina es de 1.9 km.

El abastecimiento de agua del complejo será de la presa Nombre de Dios, que tiene una capacidad de 17 000 000 m³, mediante una conductora que suministrará un flujo de 12 100 m³/día. Este volumen de agua se dividirá en agua de uso industrial y social.

El agua de uso social tendrá un consumo de 60 m³/día, se obtendrá de la presa y se le dará un tratamiento en una planta potabilizadora compacta de 30-50 m³/h; para esto se construirán dos cisternas con una capacidad de 100 m³, una para agua cruda antes del tratamiento y otra después de potabilizarla, ambas con una reserva de 3 días. De la cisterna con agua potable se impulsará por bombeo el agua hasta un tanque elevado de 20 m³ que abastecerá la red de agua de uso social a los distintos objetos de obra. Esta red se construirá con tuberías y accesorios de polietileno de alta densidad y acero galvanizado.

El agua de uso industrial tendrá un consumo de 13 680 m³/día (460 m³/h). La conductora de la presa Nombre de Dios, descargará en la micro presa La Palma existente en la zona de la obra, con una capacidad de 217 000 m³. La presa La Palma, se utilizará como embalse de agua industrial solamente en los tres primeros años de la explotación de la mina. Debido al drenaje que se produce por la explotación de la mina, será necesario construir otra laguna de agua industrial con una capacidad de 30 000 m³, impermeabilizada con geomembrana para evitar

que el agua retorne a la mina. Esta agua de uso industrial será bombeada desde una estación de bombeo situada en dicha laguna por medio de una bomba centrífuga de 570 m³/h, de aquí se impulsará el agua hasta un tanque de 1500 m³ que se encuentra en el área de la planta, la cual abastecerá a la red de agua industrial.

La laguna de agua industrial se construirá con las dimensiones de 50 x 200 m, una altura para la lámina de agua de 3 m y borde libre de 1.5 m; para una profundidad total de 4.5 m y los taludes serán de 2:1. La red se construirá con tuberías y accesorios de polietileno de alta densidad y acero galvanizado.

- Balance general del agua

La demanda adicional de agua que necesita la planta será de 450m³/h, equivalente a 334,800 m³/mes se suministrará de la presa de colas, que comenzara su reciclaje a la planta solo a partir del segundo año de operación. El agua reciclada de la presa de colas solamente puede suplir la demanda de la planta de proceso 19 meses de los 135 meses de vida de la presa de colas, debido a que se tiene que mantener una cobertura de agua de 1,5 metros por encima del material almacenado en la misma, (Inversiones Gamma, 2012).

3.3.1 Características, composición y volumen estimado de escombros

El posible punto de vertimiento de escombros o medio de almacenamiento de las colas es el depósito de colas (TSF) se sitúan al este de la mina a cielo abierto Castellano.

La disposición general del sitio se muestra en la figura 3.3 que muestra también las escombreras de minas (MWD), pila de almacenamiento de mineral con baja ley (LGS) y depósito de capa vegetal (TSP).

La TSF tiene capacidad 12.3Mt de colas Pb-Zn producidos por la planta de beneficio y procesamiento mineral castellano, sobre la base actual la capacidad de la presa es suficiente para evacuar un total de 10,45 Mt de relave. Estas cantidades se basan en un diseño de ingeniería básica a un nivel preliminar.

El mineral de Pb-Zn extraído de la mina a cielo abierto Castellanos será procesado en la planta, que incluye circuitos de trituración y molienda con la reducción progresiva tamaño previsto a través de circuitos de remolido, seguido de flotación para la separación por espuma de estos minerales.

Las vetas de mineral de cobre y oro extraído del mineral oxidado de la misma mina, serán almacenados por separados ya que actualmente no está planificado su procesamiento.

Además de los parámetros de diseño de producción se ha tenido en cuenta:

- Drenaje ácido de roca;
- Topografía y la vegetación;
- Los estudios preliminares del balance hídrico;
- Drenaje del agua;
- Geoquímica

En el diseño del depósito de colas se tiene en cuenta para su construcción el régimen de almacenamiento (Figura 3.4). Este diseño puede ser modificando en caso de que el mineral polimetálicos de la mina Santa Lucía en algún momento en el futuro sea procesado en la misma planta de Castellanos.

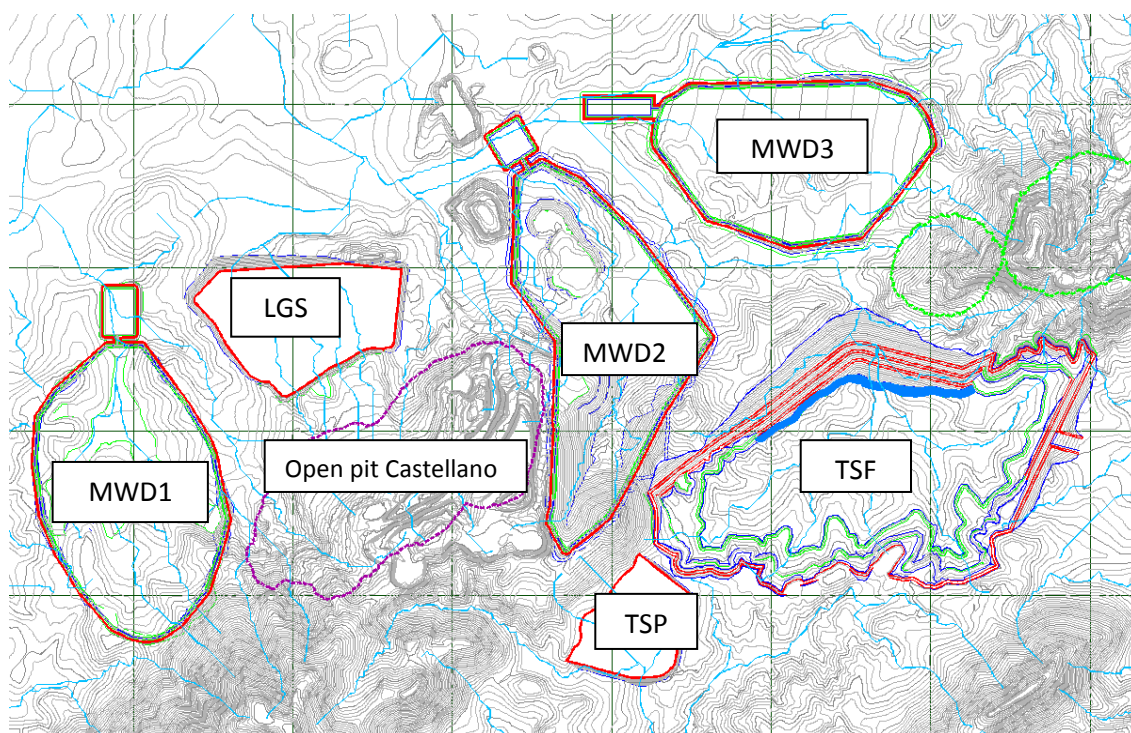


Figura 4: Disposición de escombreras de minas y zonas de acopio

En el diseño del depósito de colas se tiene en cuenta para su construcción el régimen de almacenamiento (véase la Figura 5) el diseño puede ser modificando en caso de que el mineral polimetálicos de la mina Santa Lucía en algún momento en el futuro sea procesado en la misma planta de Castellanos.

Un resumen de los parámetros de diseño de las presas de colas se da en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen de los parámetros de diseño de las presas de colas

Parámetros	Valores
Años de operación	11 años
Producción de colas	0.95Mtpa
Producción total de colas	10.45Mt
Peso específico Colas	3.1
Mineralogía	Mineral sulfurado
Densidad seca de las colas finales	1.54 t/ m ³
Colas densidad de pulpa	22,3%

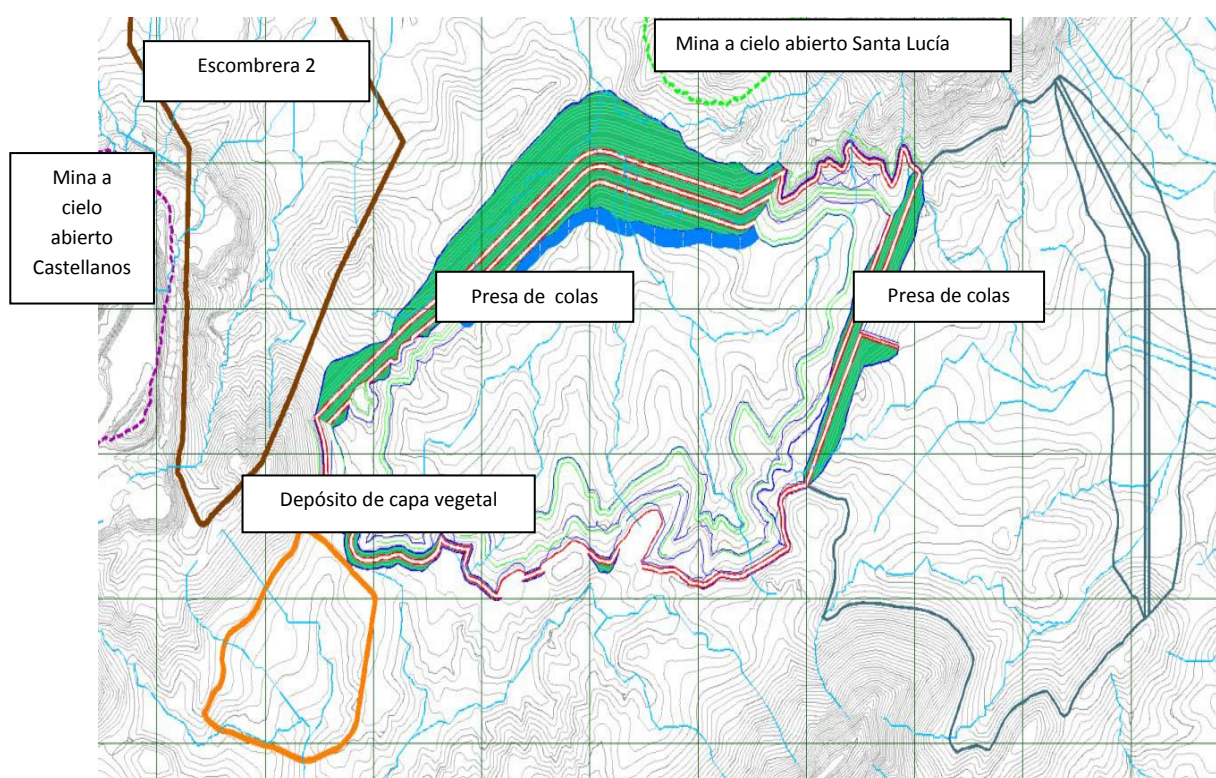


Figura 5. Área de localización de la presa de colas.

En el almacenamiento de colas el esquema que se adopta es un sistema de cubierta húmeda para minimizar el potencial de generación de ácido bajo condiciones oxidantes. Para la descarga del exceso de agua se ha previsto un vertedero.

Las características de las presas de cola son:

- Profundidad mínima del agua por encima de lo establecido para las colas 1.5 metros.
- Reciclaje máximo de fluido desde la presa de colas es de 450.0 m³/h.

- Elevación mínima del embalse de la presa de colas en la fase 1 será de 28.94 m.
- Máxima elevación del embalse de la presa de colas en la fase 1 será de 43 m.
- Área máxima del embalse de colas en la fase 3 será de 524.000 m².
- Volumen máximo del embalse de colas en la fase 3 será de 6,958.600 m³.
- Producción de la mina será de 1,000, 000 tpa
- Producción de colas 950,200 tpa.
- Sólidos en la descarga 22,3%.
- Agua retenida en las colas 32%.

Se consideró utilizar desechos mineros para construir el muro de la presa que se levantará durante las etapas de la mina.

La propuesta de cierre es crear una cúpula sobre el TSF para la corona de la presa de colas.

Los volúmenes de los depósitos de mineral de baja ley y de tierra vegetal se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Principales parámetros del depósito de baja ley y de capa vegetal

Principales áreas y volúmenes de los depósitos de baja ley y capa vegetal		
	Depósito de baja ley (LGS)	Capa de tierra vegetal (TSP)
Volumen	3.54 Mm ³	1.96 Mm ³
Área	22.3 Ha	9.9 Ha
Máxima elevación del suelo	45.0 m	60.0
Mínima elevación del suelo	42.5 m	17.5m

3.4 Definición del área de impacto

El área de impacto del proyecto tiene dos alcances:

- El área de influencia directa; que coincide con el territorio donde se desarrollan las diferentes actividades de la explotación (extracción, procesamiento y transporte).
- El área de influencia indirecta; que está definida por el alcance de los impactos que se desarrollan a partir de estas actividades en los diferentes componentes del medio ambiente, o sea, hasta donde llega la contaminación provocada por los contaminantes del proceso de producción por agua (drenajes ácidos que desembocan en arroyos o ríos), aire (dispersión de partículas y gases por el viento) y suelo (cadena alimentaria), llegando a afectar a animales y personas en

el caso de influencia negativa. A otro nivel están los impactos socioeconómicos positivos que pueden ser locales, regionales y nacionales resultado del beneficio económico que reporta la actividad minera. Se pueden identificar en la (Figura 6).

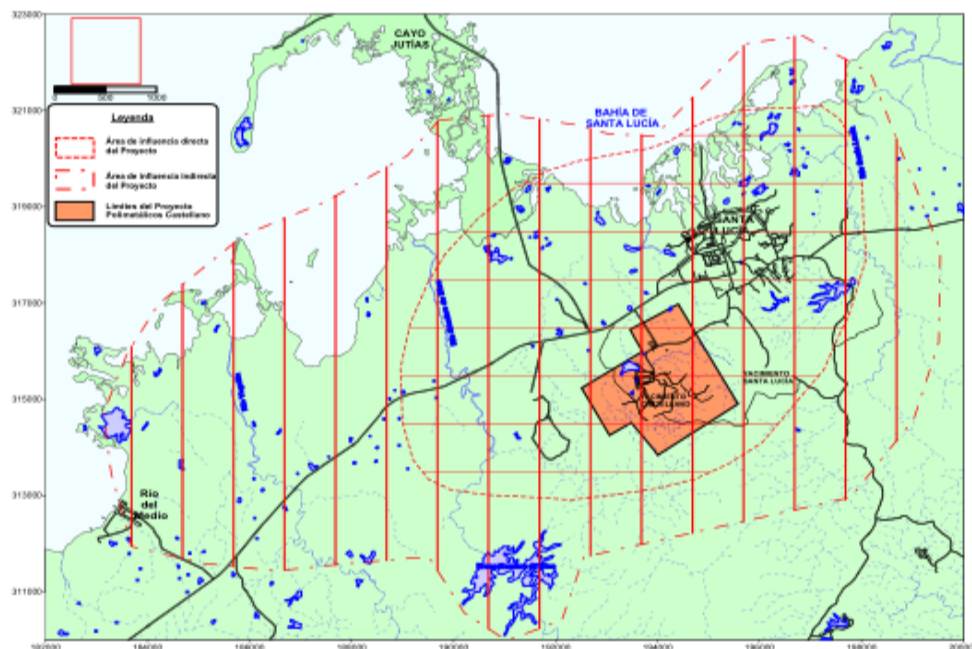


Figura 6. Áreas de influencia directa e indirecta del Proyecto de Explotación Minero-metalúrgica de plomo y Zinc Castellanos-Santa Lucía, Pinar del Río.

Todas esas áreas están cercanamente asociadas unas con otras, probablemente representando originalmente un cuerpo mineral estratiforme (Cu, Pb, Zn, y Ba) emplazado en una secuencia de pizarras carbonáceas, con zonas de alimentación (*stockwork*) de pirita, calcopirita emplazada dentro de la subyacente arenisca del yacente de la formación San Cayetano. Subsecuentes sobre-corrimientos y fallamientos transversales han fracturado el depósito en series de bloques individuales.

De la información geológica regional disponible, la dimensión original del depósito probablemente fue de 8 km x 8 km.

Desde el punto de vista fitogeográfico el área de estudio se encuentra en el distrito Alturas de Pizarras o distrito Pinarense, el cual es considerado pobre en endemismos propios por constituir un corredor de especies compartidas con distritos vecinos como el Sabaloense al sur, occidente y noroccidente y Cajalbanense al noreste (Figura 7).

Al municipio lo cruzan cuatro vías de interés nacional, a las que se une un entramado de vías de interés específico y municipal, donde subsiste la falta de mantenimiento y el deterioro.

La instalación de grupos electrógenos ha venido a paliar en buena medida las afectaciones por falta de fluido eléctrico, mientras que el sistema de acueducto no tiene en definitiva potencial para disponer el servicio a toda la población del municipio, mientras que el alcantarillado solo sirve al 18,1% de la misma.

La base económica del municipio Minas de Matahambre se sustenta en sus propias potencialidades naturales, a partir del peso de la rama forestal, del sector agropecuario y de la minería, resentida en los últimos años. El turismo, a pesar de sus favorables condiciones (playas, accesos, valores naturales y paisajísticos) no ha encontrado eco suficiente dentro del espectro económico del municipio, pero bien pudiera convertirse en una línea futura de desarrollo. La actividad portuaria es escasa, muy vinculada a la rama química presente en Santa Lucía. En general, puede plantearse que la asimilación de los recursos naturales disponibles es aún insuficiente y puede ser potenciada considerablemente.

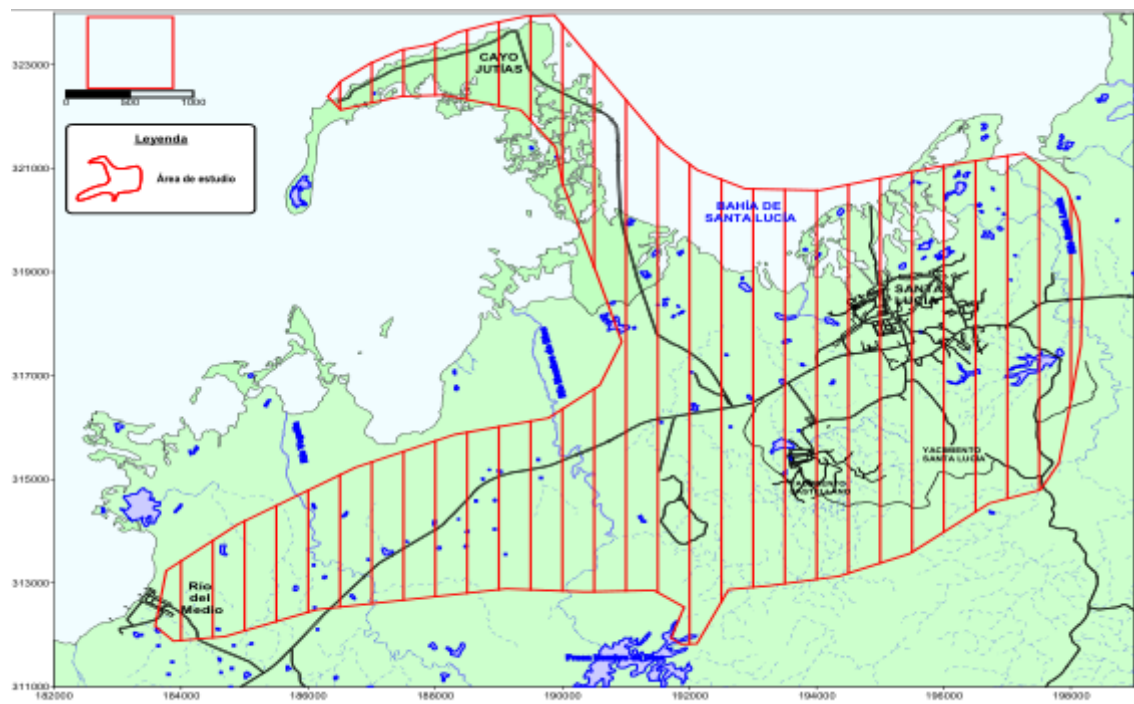


Figura 7. Áreas de estudio del Proyecto de Explotación Minero-metalúrgica Castellano-Santa Lucía.

Dentro de las organizaciones económicas de mayor relevancia, figuran la Empresa Forestal Integral Minas de Matahambre, la Empresa de Sulfometales

Patricio Lumumba, la Empresa Geo-minera de Pinar del Río, involucrada con el presente proyecto inversionista, las Empresas Pecuaria y de Cultivos Varios de Minas de Matahambre, y la de Acopio y Beneficio del Tabaco.

3.5 Identificación de los impactos en las diferentes etapas del desarrollo del proyecto.

A partir del análisis de las acciones del Proyecto que producen alteraciones en el medio o en algunos de sus componentes y de las condiciones del medio se determinaron los impactos ambientales, usando listas de chequeo y escenarios comparados, así como tormenta de ideas.

Las listas de chequeo constituyen un método simple de interrelación causa/efecto y se utilizan en evaluaciones preliminares como recordatorios o índices de temas a considerar. Al listado suele acompañarse un informe que describe con detalle las posibles variaciones de cada factor ambiental considerando y estimando su importancia para el caso en cuestión. Estas son muy recomendables en las primeras etapas del EslA.

La metodología utilizada para la evaluación fue la de Gómez Orea, mediante la cual se jerarquizan los impactos identificados y se valoran para conocer su importancia, con el objetivo de efectuar una evaluación global que permita obtener una visión integrada y sintética de la incidencia ambiental del Proyecto.

Para identificar los impactos primero se identificaron las acciones del Proyecto que pudieran ejercer influencia en el territorio desde el punto vista ambiental:

- Acciones que modifican el uso del suelo.
- Acciones que implican la emisión de contaminantes (sólidos, líquidos y gases).
- Acciones que aumentan los niveles sonoros (maquinarias, transporte, molienda, otros:).
- Acciones que implican sobre-explotación de recursos (agua).
- Acciones que implican la modificación del paisaje.
- Acciones que repercuten en las infraestructuras.
- Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural (impacto socioeconómico).

Las acciones previstas en el Proyecto que pueden causar impactos ambientales son:

Fase Constructiva

- A. Movimiento de tierra: Desbroce de la vegetación y descortezamiento de la capa vegetal, corte, relleno, y conformación del depósito de colas, de escombreras, las plataformas y diques, y el basamento para las construcción de las edificaciones e instalaciones y los viales.
- B. Construcción y montaje de las plantas de procesamiento del mineral, planta de tratamiento de agua potable y planta de tratamiento de residuales.
- C. Construcción de las obras inducidas: camino minero, rehabilitación y construcción de la red de suministro de agua de la Presa Nombre de Dios, facilidades administrativas, planta de beneficio, tanque de sedimentación, Batey Minero y obras hidráulicas asociadas entre otras.
- D. Montaje de las redes técnicas (agua industrial, tecnológica, agua potable, residuales domésticos y eléctrica).

En la fase de Explotación

- E. Descortezamiento de vegetación, suelo y su disposición en áreas de explotación.
- F. Extracción del mineral (Arranque).
- G. Carga y transporte del mineral.
- H. Trituración del mineral.
- I. Disposición y conformación del material estéril y colas.
- J. Concentración del mineral (Molienda, clasificación, flotación, espesamiento y filtración).
- K. Tratamiento, disposición y manejo de los residuos sólidos y líquidos del proceso.

En la fase de cierre:

- L. . Rehabilitación final de Escombreras y Coleras.
- M. Transportación de material de relleno y de suelo.
- N. Relleno de los pits y canalizaciones.
- O. Desmantelamiento y retirada de las instalaciones, equipos y maquinarias.
- P. Descompactación y creación de suelos.
- Q. Plantación de especies que faciliten la recuperación de la biodiversidad.

Los factores ambientales que pueden ser perturbados por las acciones previstas son:

- I. Litología (Formaciones geológicas)
- II. Relieve
- III. Suelos

- IV. Calidad del Aire
- V. Calidad sonora
- VI. Sedimentos
- VII. Escurrimiento superficial
- VIII. Escurrimiento subterráneo
- IX. Aguas superficiales
- X. Aguas subterráneas
- XI. Aguas marinas
- XII. Vegetación y flora terrestres
- XIII. Fauna terrestre y acuática
- XIV. Ecosistemas marinos
- XV. Estética del Paisaje
- XVI. Población
- XVII. Trabajadores
- XVIII. Viales
- XIX. Infraestructura
- XX. Economía
- XXI. Recursos e insumos
- XXII. Medio Ambiente

Los impactos potenciales que pudieran ocurrir con la realización del proyecto, se identifican al examinar detalladamente la compleja interacción entre las acciones del proyecto y los componentes del medio (factores ambientales).

Se realizaron consultas a expertos, se revisaron listas de chequeos y otros trabajos realizados en la zona de estudio.

Los impactos identificados en las fases de Construcción, Explotación y Cierre se exponen en las tablas 4, 5, 6 y 7.

Para la **fase de cierre** de la mina se tuvo en cuenta los impactos producidos productos de la explotación minera.

Tabla 4. Relación de Impactos ambientales asociados a la Fase de Construcción.

No	IMPACTOS	Carácter
1	Modificaciones al relieve por movimiento de tierra para conformación del depósito de colas, de escombreras, las plataformas y diques, y el basamento para la construcción de las edificaciones e instalaciones y los viales.	Negativo
2	Pérdida local de suelos por el movimiento de tierra.	Negativo
3	Contaminación de los suelos por acumulación de desechos sólidos provenientes de las acciones constructivas.	Negativo
4	Contaminación a la atmósfera por partículas suspendidas, emisiones gaseosas y ruidos provocados por acciones constructivas y funcionamiento de maquinarias.	Negativo
5	Modificación del proceso de formación del escurrimiento superficial de las áreas en construcción y la preparación de explotación minera, escombreras y depósito de colas.	Negativo
6	Contaminación de las aguas superficiales por el arrastre accidental de sedimentos y materiales.	Negativo
7	Contaminación de las aguas superficiales por derrames accidentales de combustibles y/o grasas y aceites, provocadas por roturas, negligencia u otras causas.	Negativo
8	Pérdidas de cobertura vegetal como resultado de las acciones del movimiento de tierra.	Negativo
9	Aumento del bienestar de la población por incremento del movimiento local de pasajeros a partir de los vehículos empleados en la transportación de los trabajadores contratados por la Empresa minera.	Positivo
10	Incremento en la oferta de empleo para la población por las actividades constructivas y de preparación de la actividad minera.	Positivo
11	Aumento de ingresos indirectos de la población local por la revitalización de la actividad minera.	Positivo
12	Molestias a la población residente por partículas suspendidas dispersas como consecuencia de las actividades de la fase constructiva.	Negativo
13	Incremento probable de los accidentes de tránsito por aumento del tráfico terrestre.	Negativo
14	Mejora en el nivel adquisitivo de los trabajadores por concepto de salarios y otras variantes de remuneración.	Positivo
15	Probabilidad de ocurrencia de accidentes de trabajo durante las operaciones constructivas.	Negativo
16	Ampliación y mejoramiento de la red vial existente como obras inducida de la explotación minera.	Positivo
17	Incremento del patrimonio industrial minero.	Positivo
18	Beneficios a entidades del sector geólogo-minero por restauración de infraestructuras e incremento de viales.	Positivo
19	Incremento de ingresos a terceras partes por contratación de servicios y fuerza de trabajo, compras de materiales e insumos.	Positivo
20	Incremento en los indicadores globales de la economía (salario, producción mercantil, promedio de trabajadores, entre otros) del municipio por efectos de la fase constructiva de la revitalización de la actividad minera.	Positivo

Tabla 5. Relación de Impactos ambientales asociados a la Fase de Explotación

No	IMPACTOS	Carácter
21	Alteración del substrato rocoso por extracción minera.	Negativo
22	Modificaciones al relieve por laboreo minero, explosiones, excavaciones y conformación de escombreras y depósitos de colas.	Negativo
23	Contaminación de los suelos en el área de influencia del Proyecto por derrames accidentales. (Petróleos y aceites).	Negativo
24	Aumento de las emisiones de partículas suspendidas provenientes de diversas fases del proceso (voladura, carga, acarreo, entre otros).	Negativo
25	Contaminación del aire por emisiones de gases de escape por combustión de vehículos y motores.	Negativo
26	Emisiones de partículas desde las escombreras en dependencia de la humedad del material depositado y la velocidad del viento.	Negativo
27	Contaminación de las aguas terrestres por la actividad de explotación minera	Negativo
28	Reducción local de la visibilidad por dispersión de partículas a partir de las voladuras bajo determinadas condiciones sinópticas.	Negativo
29	Incremento de los niveles de ruido por distintas operaciones mineras	Negativo
30	Afectación de las poblaciones florísticas como consecuencia de cambios en el ecosistema por la actividad de exploración geológica.	Negativo
31	Afectación a la estética del paisaje por excavación, escombreras, los <i>pits</i> y otras actividades propias de la minería a cielo abierto.	Negativo
32	Afectaciones a la salud de la población por aumento de los niveles de polvo y ruido por la explotación y la transportación del mineral hasta el puerto de Santa Lucía.	Negativo
33	Incremento de incidencia de accidentes debido al incremento del tráfico terrestre.	Negativo
34	Mayor disponibilidad de empleo para la población residente por el incremento de puestos de trabajo en actividades mineras y de apoyo.	Positivo
35	Aumento de ingresos indirectos de la población local por la revitalización de la actividad minera	Positivo
36	Contribución a la conservación de las tradiciones y el acervo cultural minero de la población local.	Positivo
37	Posible reversión de los saldos migratorios negativos a partir de la ocupación de nuevos empleos, directos e inducidos por el Proyecto de explotación.	Positivo
38	Incremento del conocimiento de nuevas tecnologías por parte de los trabajadores.	Positivo
39	Incremento de la posibilidad de accidentes laborales.	Negativo
40	Aumento de la probabilidad de afectaciones a la salud de los trabajadores debido a la naturaleza del proceso productivo.	Negativo
41	Mejora en el nivel adquisitivo de los trabajadores por concepto de salarios y otras variantes de remuneración.	Positivo
42	Incremento de la educación ambiental de los trabajadores a partir de un Programa de Educación Ambiental.	Positivo
43	Posibilidad de afectaciones estructurales a inmuebles por efecto de las explosiones empleadas en el laboreo minero.	Negativo
44	Aumento de los ingresos a la economía nacional por concepto de exportaciones, utilización de fuerza de trabajo u otros renglones.	Positivo
45	Incremento en los indicadores globales de la economía (salario, producción mercantil, promedio de trabajadores, entre otros) del municipio por efectos de la revitalización de la actividad minera.	Positivo
46	Cambios estructurales favorables en la base económica del territorio debido a su diversificación económica.	Positivo

No	IMPACTOS	Carácter
47	Aumento del consumo de agua, electricidad y combustible.	Negativo
48	Mejoramiento de las condiciones ambientales actuales en el territorio por efecto de las acciones previstas en el proyecto.	Positivo
49	Aumento de la calidad de vida de la población por Incremento de la disponibilidad de agua de consumo por la rehabilitación de la presa en el río Nombre de Dios y la disponibilidad de una planta potabilizadora para agua para consumo.	Positivo
50	Aumento del bienestar de los trabajadores por incremento de vehículos destinados a su transportación.	Positivo

Tabla 6. Relación de Impactos ambientales asociados a la fase de cierre

No	Impactos	Carácter
51	Modificaciones al relieve por relleno, conformación final, estabilización de taludes y rehabilitación de áreas de excavación.	Positivo
52	Rectificación del escurrimiento superficial en el área de explotación hacia los naturales.	Positivo
53	Mejoramiento del suelo por adición de capa vegetal.	Positivo
54	Afectación temporal a la calidad de la atmósfera por ruidos, gases y partículas a partir de las labores de rehabilitación.	Negativo
55	Mejoramiento de la calidad del aire por el cese de las actividades mineras y la repoblación forestal.	Positivo
56	Recuperación de la calidad sonora por el cese de las actividades mineras.	Positivo
57	Mejoramiento de la calidad de las aguas superficiales y marinas por disminución del arrastre de contaminantes a partir de la explotación.	Positivo
58	Rehabilitación de hábitats para el retorno de la fauna.	Positivo
59	Mejoramiento a la calidad estética del paisaje posterior a la explotación Minera.	Positivo
60	Pérdida de puestos de trabajo.	Negativo
61	Disminución en el nivel de ingreso a los trabajadores.	Negativo
62	Disminución de ingresos a la economía local y nacional por el cese de la explotación minera.	Negativo
63	Disminución del consumo de agua, electricidad y combustible.	Positivo
64	Disminución de las cargas contaminantes que afectaban los diferentes elementos del medio ambiente por el cese de la explotación minera.	Positivo
65	Mejoramiento de las condiciones ambientales en el área de influencia de la explotación minera por repoblación forestal.	Positivo

Tabla 7. Distribución de impactos por etapas del proyecto.

	Construcción	Explotación	Cierre	Total
Negativos	11	17	4	32
Positivos	9	13	11	33
Total	20	30	15	65
Directos	18	21	12	51
Indirectos	2	9	3	14
Total	20	30	15	65

Para la valoración de la Importancia (I) de los impactos aplicó la fórmula que consideran seis indicadores y potencia la Intensidad y la Extensión del impacto. (Tabla 8)

$$I = \pm [3M + 2EX + MO + PE + RV]$$

Los valores de cada indicador se tomaron de la tabla 8 a través de consultas a expertos, tormenta de idea y escenarios comparados.

Tabla 8. Rango de valores de los indicadores de importancia de impactos

NATURALEZA - Impacto beneficioso + - Impacto perjudicial -	MAGNITUD (Grado de destrucción) - Baja 1 - Media 2 - Alta 4 - Muy alta 8 - Total 12
EXTENSION (EX) (Área de influencia) - Puntual 1 - Parcial 2 - Extenso 4 - Total 8 - Crítica (+4)	MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación) - Largo plazo 1 - Mediano plazo 2 - Inmediato 4 - Crítico (+4)
PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto) - Fugaz 1 - Temporal 2 - Permanente 4	REVERSIBILIDAD (RV) - Corto plazo 1 - Mediano plazo 2 - Irreversible 4

En la tabla 9 se muestran los valores para determinar el grado de significación de cada impacto.

Tabla 9. Grado de significación del impacto

Valores	Grado de significación
>20	Muy alto
18-20	Alto
16-18	Medio
13-15	Bajo
10-12	Muy bajo

La Importancia y el grado de significación de los impactos para cada fase del proyecto de explotación se muestran en las tablas 10, 11 y 12.

Tabla 10. Importancia de los impactos en la Fase de Construcción

No.	Carácter	Magnitud	Extensión	Plazo	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	Certeza	Directo o indirecto	Grado de Significación	Posibilidad de Medidas
1	Negativo	2	2	3	3	4	20	C	D	Alto	No
2	Negativo	1	1	3	3	4	15	C	D	Medio	No
3	Negativo	1	1	3	1	1	10	P	D	Muy Bajo	Si
4	Negativo	1	1	3	1	1	10	C	D	Muy Bajo	Si
5	Negativo	1	1	3	3	4	15	C	I	Medio	Si
6	Negativo	1	1	3	1	2	11	PP	D	Bajo	Si
7	Negativo	1	1	3	1	2	11	PP	D	Bajo	Si
8	Negativo	1	1	3	3	4	15	C	D	Medio	Si
9	Positivo	1	1	3	1	1	10	C	D	Medio	Si
10	Positivo	1	1	3	1	1	10	C	D	Medio	Si
11	Positivo	1	1	3	1	1	10	C	D	Medio	No
12	Negativo	1	1	3	1	1	10	C	D	Medio	Si
13	Negativo	1	1	3	1	2	11	P	D	Medio	Si

	Carácter	Magnitud	Extensión	Plazo	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	Certeza	Directo o indirecto	Grado de Significación	Posibilidad de Medidas
14	Positivo	1	2	3	2	1	13	C	D	Medio	No
15	Negativo	1	1	3	1	1	10	P	D	Muy Bajo	Si
16	Positivo	1	1	3	3	4	15	C		Medio	No
17	Positivo	2	2	3	3	4	20	C	D	Alto	Si
18	Positivo	1	2	3	3	3	16	C	I	Medio	No
19	Positivo	2	2	3	1	1	15	C	D	Medio	No
20	Positivo	2	2	3	1	1	15	C	D	Medio	No

Tabla 11. Importancia de los impactos en la Fase Explotación

No.	Carácter	Magnitud	Extensión	Plazo	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	Certeza	Directo o indirecto	Grado de Significación	Posibilidad de Medidas
21	Negativo	3	2	1	3	4	21	C	D	Alto	No
22	Negativo	3	2	1	3	4	21	C	D	Alto	No
23	Negativo	1	1	2	1	2	10	P	D	Muy bajo	Sí
24	Negativo	2	2	3	1	1	15	C	D	Medio	Sí
25	Negativo	1	1	3	1	1	10	C	D	Muy bajo	Sí
26	Negativo	1	1	3	3	1	12	P	D	Bajo	Sí
27	Negativo	1	1	3	1	2	11	P	D	Alto	Sí
28	Negativo	1	1	3	1	1	10	P	I	Muy bajo	No
29	Negativo	2	1	3	2	1	14	C	D	Bajo	Sí
30	Negativo	1	1	2	3	3	13	P	I	Bajo	Sí
31	Negativo	3	2	3	3	3	22	C	D	Alto	No

	Carácter	Magnitud	Extensión	Plazo	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	Certeza	Directo o indirecto	Grado de Significación	Posibilidad de Medidas
32	Negativo	2	2	3	1	1	15	C	D	Bajo	Sí
33	Negativo	1	1	1	3	1	10	C	I	Muy bajo	Sí
34	Positivo	2	3	3	3	3	21	P	D	Alto	No
35	Positivo	3	2	2	3	3	21	C	D	Alto	No
36	Positivo	2	1	3	3	4	18	C	D	Medio	No
37	Positivo	2	3	3	3	3	21	C	D	Alto	No
38	Positivo	1	1	3	3	4	15	C	I	Medio	No
39	Negativo	1	1	3	3	3	14	P	I	Bajo	Sí
40	Negativo	2	1	3	3	3	17	P	I	Medio	Sí
41	Positivo	3	2	3	3	3	22	C	D	Alto	No
42	Positivo	2	1	2	3	4	17	C	I	Medio	No
43	Negativo	1	1	3	3	3	14	P	I	Medio	Sí
44	Positivo	3	3	3	3	3	24	C	D	Muy alto	No

	Carácter	Magnitud	Extensión	Plazo	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	Certeza	Directo o indirecto	Grado de Significación	Posibilidad de Medidas
45	Positivo	3	2	3	3	3	22	C	D	Alto	No
46	Positivo	3	2	3	3	3	22	C	I	Alto	No
47	Negativo	3	2	3	3	3	22	C	D	Alto	Sí
48	Positivo	3	2	2	3	4	22	C	D	Alto	No
49	Positivo	2	2	3	3	3	19	C	D	Alto	Sí
50	Positivo	2	2	3	3	3	19	C	D	Alto	Sí

Tabla 12. Importancia de los impactos en la Fase de cierre

No.	Carácter	Magnitud	Extensión	Plazo	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	Certeza	Directo o indirecto	Grado de Significación	Posibilidad de Medidas
51	Positivo	3	3	3	3	4	25	C	D	Alto	No
52	Positivo	3	2	3	3	4	23	C	D	Alto	No
53	Positivo	3	2	3	3	4	23	C	D	Alto	No
54	Negativo	1	1	3	1	1	10	C	D	Alto	Sí
55	Positivo	2	2	3	3	4	20	C	D	Medio	No
56	Positivo	2	2	3	3	4	20	C	D	Medio	No
57	Positivo	2	2	1	3	4	18	C	I	Medio	No
58	Positivo	2	2	1	3	4	18	C	I	Muy alto	No
59	Positivo	3	2	1	3	4	21	C	I	Muy alto	No
60	Negativo	3	2	3	3	4	23	C	D	Muy alto	No
61	Negativo	3	2	3	3	4	23	C	D	Muy alto	No
62	Negativo	3	2	3	3	4	23	C	D	Muy alto	No

	Carácter	Magnitud	Extensión	Plazo	Persistencia	Reversibilidad	Importancia	Certeza	Directo o indirecto	Grado de Significación	Posibilidad de Medidas
63	Positivo	3	2	3	3	4	23	C	D	Muy alto	No
64	Positivo	2	2	1	3	4	18	C	D	Muy alto	No
65	Positivo	3	2	1	3	4	21	C	D	Muy bajo	No

La clasificación de los impactos evaluados según su grado de significación se expone en la tabla 13.

Tabla 13. Clasificación de los impactos según el grado de significación.

	Construcción	Explotación	Cierre	Total
Muy alto	0	1	7	8
Alto	2	14	4	20
Medio	13	6	3	22
Bajo	2	5	0	7
Muy bajo	3	4	1	8
Total	20	30	15	65

En el área del yacimiento Castellano se encuentran impactos temporales comunes a todas las construcciones, tales como: contaminación del aire por sólidos en suspensión y gases, incremento de los niveles de ruido, posibilidad de ocurrencia de accidentes en las carreteras, afectación a la fuerza de trabajo por la posibilidad de accidentes laborales, entre otros.

Por otra parte, se dan impactos permanentes comunes tales como: modificación de las formas y elementos del relieve, variación del régimen de escurrimiento e infiltración de las aguas, pérdida de la vegetación, modificación del suelo, muerte o migración de la fauna.

Los impactos que más sobresalen son:

- Modificaciones al relieve por movimiento de tierra para la construcción de facilidades e instalaciones. (I = 20)
- Modificaciones al relieve por laboreo minero, excavaciones y conformación de escombreras y depósitos de colas, el consumo de agua y el de electricidad.
- Aumento del volumen de ingresos por venta del mineral extraído, agotamiento de los recursos minerales.
- Incremento del tráfico terrestre, pérdida del substrato rocoso por extracción minera.
- Disminución del caudal de los ríos La Palma y Santa Lucía, aguas abajo de las Presas.
- Disminución o desaparición de la red fluvial del río La Palma y arroyos, los cuales pasarán a ser flujos efímeros de tormenta a medida que se profundice la cantera.

- Muerte y migración de individuos de la fauna por el movimiento de tierra, laboreos mineros y construcción de presa de colas y escombreras.
- Disminución en la movilidad de la fauna acuática por la construcción de los embalses.
- Muerte de especies de la fauna terrestre y acuática por contaminación de las aguas.
- Afectación a los pobladores por la posibilidad de disminución del nivel del agua freática en pozos criollos.
- Mejora de la atención a la salud de los trabajadores con la creación de puestos médicos, Incremento de infraestructuras, tanto por nuevas instalaciones productivas como por objetos de obra inducidos y de beneficio social (conductora de agua, potabilizadora, transporte obrero, redes eléctricas).
- Pérdidas económicas debido a la ocurrencia de fenómenos naturales extremos.

3.6 Plan de prevención de los impactos negativos, y medidas preventivas para mitigar los impactos

Las medidas preventivas se determinaron teniendo en cuenta los factores ambientales más afectados según los resultados del estudio considerando los de mayor significación, en particular, las emisiones de polvo en suspensión y sedimentable a la atmósfera producidas por la construcción de instalaciones, el minado, extracción y transporte del mineral, el cambio en la calidad de las aguas superficiales, en especial, los riesgos de contaminación de las aguas por drenajes ácidos y metales pesados; así como los cambios en el régimen de escurrimiento inducidos por las facilidades del Proyecto, fundamentalmente por la regulación de los ríos Palma y Nombre de Dios y los impactos derivados del incremento de los procesos de erosión, transporte y sedimentación, susceptibles de ser desencadenados por las acciones constructivas, el destape y minado del yacimiento y la conformación y manejo de las escombreras.

En el caso de las medidas de mitigación y correctivas propuestas en el proyecto en la fase de cierre, estarán encaminadas, al desarrollo de la

comunidad en el territorio. Como parte de un programa de educación ambiental a la población aledaña a la futura explotación, deben darse a conocer públicamente, determinados aspectos sobre el proyecto minero que se desarrollara en la zona donde existe una profunda tradición minera, explicando las características e importancia que tiene la explotación de este yacimiento desde el punto económico para el país, así como las medidas de seguridad que deben cumplirse para evitar accidentes por el peligro que representa el acceso a las áreas mineras y al depósito de colas y durante la explotación del yacimiento, los riesgos de intoxicación por contacto con los licores o efluentes de las colas y las medidas y restricciones generales que se establecerán. Así mismo, es importante dar a conocer los problemas de calidad química y bacteriológica de las aguas superficiales y subterráneas detectados en los estudios realizados por las limitaciones que se imponen a su uso y consumo por personas y animales.

A continuación se presentan las medidas preventivas y correctoras, identificadas para los impactos negativos más significativos. (Tablas 14, 15, 16 y 17) Ellas incluyen las concebidas en el propio proyecto y las propuestas en este Trabajo de Diploma.

Tabla 14. Medidas preventivas y correctoras en la Fase de construcción

Impactos	Medidas
Modificaciones al relieve por movimiento de tierra para conformación del depósito de colas, de escombreras, las plataformas y diques, y el basamento para la construcción de las edificaciones e instalaciones y los viales.	a. Delimitar mediante cintas y respetar el área de cada objeto de obra. b. No construir objetos de obra no contemplados en el proyecto.
Pérdida local de suelos por el movimiento de tierra.	a. Almacenar y proteger la capa vegetal del suelo en un área dispuesto al efecto para aprovecharlo. b. Velar el cumplimiento de parámetro de diseño de los taludes para evitar desplazamientos.
Contaminación de los suelos por acumulación de desechos sólidos provenientes de las acciones constructivas.	a. Disponer de un área de almacenamiento temporal para los desechos y agilizar su disposición final. b. Clasificar y reciclar los desechos sólidos útiles.
Contaminación a la atmósfera por partículas suspendidas, emisiones gaseosas y ruidos provocados por acciones constructivas y funcionamiento de maquinarias.	a. Los equipos de construcción, equipos mineros y medios de transporte, deben cumplir los requerimientos técnicos en cuanto a emisiones de gases y generación de ruidos. b. Cumplir con el mantenimiento programado. c. Humedecer periódicamente con agua los caminos y plataformas. d. Limitar la velocidad de los camiones que transiten dentro de los caminos no pavimentados del área, para minimizar la generación de polvo. e. Disponer de un área de almacenamiento temporal para los desechos y agilizar su disposición final. f. Cumplir con el programa de monitoreo para emisiones a la atmósfera.
Contaminación de las aguas terrestres por el arrastre accidental de sedimentos y materiales.	a. Disponer de un área de almacenamiento temporal para los desechos y agilizar su disposición final. b. Confinar los materiales de construcción que se almacenen en el área del Proyecto en instalaciones temporales o cubiertos por lona para evitar su dispersión.
Pérdidas de cobertura vegetal como resultado de las acciones del movimiento de tierra.	a. Verter capa vegetal del suelo en lugares afectados. b. Reforestar en el entorno de las construcciones una vez terminada.

Tabla 15. Medidas preventivas y correctoras en Fase de explotación

Impactos	Medidas
Modificaciones al relieve por laboreo minero, explosiones, excavaciones y conformación de escombreras y depósitos de colas.	<p>a. Delimitar las áreas que deben ocupar durante la explotación minera mediante cintas, para no exceder su superficie.</p> <p>b. Velar el cumplimiento de parámetro de diseño para todas las formas de relieve que se formen durante la explotación.</p> <p>c. Tomar medidas anti-erosivas en las áreas que circundan la mina empleando disipadores de energía, siembra de estacas o faginas vivas, canaletas para evitar escorrentías, etc.</p>
Contaminación de los suelos en el área de influencia del Proyecto por derrames accidentales. (Químicos, petróleos y aceites).	<p>a. Seguir los procedimientos establecidos para el manejo de reactivos, combustibles, grasas y aceites.</p> <p>b. Cumplir con el mantenimiento programado para los equipos y maquinarias.</p> <p>c. Disponer de sistemas de seguridad para prevenir accidentes por derrames en sitios vulnerables.</p> <p>d. En el depósito de colas el material debe permanecer sumergido en agua par evitar el contacto de los sulfuros con el Oxígeno, se origina el drenaje ácido.</p>
Aumento de las emisiones de partículas suspendidas provenientes de diversas fases del proceso (voladura, carga, acarreo, entre otros).	<p>a. Los equipos de explotación minera y medios de transporte, deben cumplir los requerimientos técnicos en cuanto a emisiones de gases y generación de ruidos.</p> <p>b. Cumplir con el mantenimiento programado.</p> <p>c. Humedecer periódicamente con agua los caminos y plataformas.</p> <p>d. Limitar la velocidad de los camiones que transiten dentro de los caminos no pavimentados del área para minimizar la generación de polvo.</p> <p>e. Velar por el cumplimiento de los parámetros establecidos en el pasaporte de voladura, sin exceder la cantidad de explosivos.</p> <p>f. Cumplir con el programa de monitoreo para emisiones a la atmósfera.</p>
Incremento de los niveles de ruido por distintas operaciones mineras.	<p>a. Los equipos mineros y medios de transporte, deben cumplir los requerimientos técnicos en cuanto a emisiones de gases y generación de ruidos.</p> <p>b. Cumplir con el mantenimiento programado.</p> <p>c. Realizar las operaciones de voladura cumpliendo con lo establecido en el pasaporte de perforación y voladura.</p>
Afectaciones a la salud de la población por aumento de los niveles de polvo y ruido por la explotación y la transportación del mineral hasta el puerto de Santa Lucía.	<p>a. Realizar la transportación de minerales en contenedores sellados.</p> <p>b. Humedecer periódicamente los caminos y plataformas.</p> <p>c. Los equipos de explotación minera y medios de transporte, deben cumplir los requerimientos técnicos en cuanto a emisiones</p>

	<p>de gases y generación de ruidos.</p> <p>d. Cumplir con el mantenimiento programado.</p> <p>e. Limitar la velocidad de los camiones que transiten dentro de los caminos no pavimentados del área, para minimizar la generación de polvo.</p>
Aumento de la probabilidad de afectaciones a la salud de los trabajadores debido a la naturaleza del proceso productivo.	<p>a. Cumplir con las medidas de protección del trabajo para cada puesto, utilizando el equipamiento y medios de protección individual.</p> <p>b. Establecer y cumplir con los chequeos médicos programados para los trabajadores.</p>
Aumento del consumo de agua, electricidad y combustible.	a. Implementar un Programa de ahorro energético.

Tabla 16. Medidas preventivas y correctoras en Fase de Cierre

Impactos	Medidas
Afectación temporal a la calidad de la atmósfera por ruidos, gases y partículas a partir de las labores de rehabilitación.	<p>a. Los equipos y medios de transporte, deben cumplir los requerimientos técnicos en cuanto a emisiones de gases y generación de ruidos.</p> <p>b. Cumplir con el mantenimiento programado.</p> <p>c. Humedecer periódicamente con agua los caminos y plataformas.</p> <p>d. Limitar la velocidad de los camiones que transiten dentro de los caminos no pavimentados del área, para minimizar la generación de polvo.</p> <p>e. Cumplir con el programa de monitoreo para emisiones a la atmósfera.</p>
Pérdida de puestos de trabajo.	a. Poner información a disposición de la empleadora municipal.
Mejoramiento de la calidad de las aguas superficiales y marinas por disminución del arrastre de contaminantes a partir de la explotación.	a. Realizar estudios topográficos y modelaciones para diseñar una red de drenaje del área conformada al rehabilitar la mina y reforestar con especies de rápido crecimiento para fijar el suelo y evitar el arrastre de sedimentos.
Incremento en la cobertura vegetal por la reforestación del área explotada.	a. Utilizar especies adecuadas al suelo y clima local.
Rehabilitación de hábitats para el retorno de la fauna.	a. Una vez que la reforestación sea exitosa ubicar comederos y trasladar individuos de las cercanías para facilitar ocupar los nichos.

Tabla 17. Medidas preventivas y correctoras en la Fase de rehabilitación

Objetivo Ambiental	Medidas
Para la presa de Colas	Instalación de geotextil, para sellaje con capa de suelo (sistema de cobertura seca de suelo) y reforestación del área.
Relieve	Conformación topográfica del relieve, escombreras y frentes de explotación.
Suelos	Implementación de enmiendas orgánicas para elevar la fertilidad de los suelos a reforestar. Sellaje de las áreas de escombreras donde exista presencia de material sulfuroso, para eliminar la generación de drenaje ácido debido a la acción de las lluvias.
Hidrogeología	Eliminación de los procesos erosivos en escombreras, con la instalación de disipadores de energía en áreas de cárcavas, para prevenir la acción erosiva de las precipitaciones. Control y tratamiento de las aguas superficiales procedentes del yacimiento.
Flora	Realizar estudio de supervivencia de las especies plantadas.
Estructuras	Desmantelamiento de todas las instalaciones que puedan constituir pasivos ambientales mineros en el futuro.
Seguimiento y Control	Monitoreo y seguimiento de la rehabilitación (por dos años como mínimo).
Red de servicios	Limpieza de canales, sistema de alcantarillados para eliminar posible obstrucción de los caminos mineros por el desbordamiento del agua en época de intensas lluvias.
Seguridad y Protección	Ubicar señalizaciones en las áreas rehabilitadas. Cercar el área que ocupa el Pit, además de ubicar señales de no acceso al mismo.

3.7 Otras medidas recomendadas desde el punto de vista ambiental

Para los elementos del relieve que se generen como las escombreras, se puede proceder a reforestar con plantas afines al área minera, evitando la formación de cárcavas y de otros fenómenos del relieve relacionados con las pendientes y la erosión del terreno. En los caminos, mantener una correcta humedad en los mismos y sembrar plantas ornamentales en los bordes que minimicen la propagación del polvo.

Sensibilizar a los tenientes de propiedades de los entornos naturales para establecer bebederos controlados que favorezcan el desarrollo de la fauna.

Implementar un sistema de vigilancia continua de la calidad del aire en la zona de influencia del Proyecto, que incluya además, el muestreo de variables meteorológicas de interés (viento, temperatura, radiación solar, precipitación y humedad principalmente). Este sistema deberá funcionar de

manera que pueda brindar información en tiempo real acerca de los niveles de inmisión, facilitando la toma de decisiones oportunas en relación con el control de las emisiones.

Las áreas verdes formarán la estructura general del planeamiento de las áreas libres y se determinaron de acuerdo a las condiciones naturales del lugar, a sus posibilidades paisajísticas y su destino funcional.

Las áreas verdes a plantar tendrán los siguientes objetivos:

- Adecuar ambientalmente, en lo posible, el área industrial al entorno donde está enclavada.
- Crear una barrera que impida las posibles visuales hacia lugares poco agradables de la instalación.
- Evitar la radiación solar directa sobre los distintos elementos componentes del conjunto que así lo requieran.
- Crear un ambiente natural y agradable en la instalación.
- Proteger el ecosistema del manglar evitando hasta el más mínimo daño, por lo que significa para el desarrollo de la diversidad biológica del área.
- Establecer medidas de seguridad en los viales, las cuales deben ser de amplia divulgación y quedar bien señalizadas a través de pancartas para evitar los vertimientos de combustibles, lubricante, materiales de construcción y concentrados por la transportación.
- Dar a conocer y cumplir con lo establecido en la Estrategia de Política Ambiental del Sector de la Construcción, en el Código de Conducta Ambiental del Constructor, en el Documento Organización de Obras y en la Resolución 8 001 Indicaciones generales para las facilidades temporales, elaboradas por la Comisión Nacional de Medio Ambiente de la Construcción.
- Cumplir con el Plan de Cierre de Minas y la rehabilitación del suelo.
- Implementar y cumplir el Plan de Monitoreo propuesto en el EsIA.

CONCLUSIONES

- La evaluación minero-ambiental del yacimiento Polimetálico Castellano de la provincia Pinar del Río permitió establecer los efectos que produce sobre el medio ambiente y proponer medidas que contribuyan a minimizar los impactos negativos.
- La descripción de la línea base ambiental confirmó que el área de estudio del Proyecto ha sido explotada con anterioridad con varios fines (minería, agricultura, ganadería, forestal, entre otros) y que las alteraciones antrópicas producidas han modificado el paisaje, la vegetación y las condiciones naturales.
- En el análisis del proyecto de explotación se determinaron las acciones del Proyecto que pueden causar impactos ambientales: cuatro en la fase de construcción; siete en la fase de explotación y seis en la fase de cierre y los 22 factores ambientales que pueden ser perturbados por las mismas.
- Se identificaron y evaluaron 65 impactos ambientales producto del desarrollo del proyecto de explotación de plomo y zinc del yacimiento Castellano, de ellos 32 positivos y 33 negativos, y clasificados de Muy Altos 8 y Altos 20.
- Las medidas preventivas elaboradas permitirán mitigar los impactos negativos del proyecto Polimetálico Castellano.

RECOMENDACIONES

Realizar un Estudio Hidrogeológico detallado que permita determinar la relación entre los acuíferos de las formaciones La Esperanza y San Cayetano y la influencia de la futura cantera sobre el comportamiento individual y mutuo de ambas formaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arse, R. M.: Metodología para la evaluación de impacto ambiental, Escuela de Organización Industrial, Madrid, España. Assessment: EIA Practice, Cap
2. Ayala Carcedo, F. J., et al (1989). Manual de restauración de terrenos y evaluación de impacto ambiental en minería. Madrid: Instituto Tecnológico Geomimero de España
3. Blanco, R., Watson, R., Carvajal, A. y Chávez, M. (2004). Zonificación preliminar del área del Casco Urbano de Zaruma, según el grado de riesgo geodinámico, p 465 a 476 en Actas I Semana Ibero-Americana de Engenharia de Minas. Escola Politécnica da Universidade de Sao Paulo, 689 p.
4. Cañete, C.; Krebs, A.; Marmoz, L.; Ponce, N.; Milián, E.; Barrios, E. Riesgos ambientales provocados por el Pasivo Ambiental Minero Santa Lucía, Pinar del Río. En: IV Congreso Cubano de Minería Geociencias 2011, Cierres de Minas y Pasivos Ambientales Mineros. 2011. [CD ROM] ISBN 978-959-7117-30-8.
5. Cañete, C.; Krebs, S.; Marmos, L.; Ponce, N.; Milián, E.; Barrios, E. Estudio de la degradación ambiental provocada por la minería en la región de Santa Lucía en el Occidente de Cuba. Informe del Proyecto de Colaboración Cuba-Brasil. Archivo Técnico Empresa Geominera Pinar del Río. 2008.
6. Cañete, C.; Krebs, A.; Marmos, J.; Ponce, N.; Milián, E.; Barrios, E. Estudio de la degradación ambiental provocada por la minería en la región de Santa Lucía, en el Occidente de Cuba. Principales resultados del Proyecto de Colaboración Cuba-Brasil. En: VIII
7. CESIGMA, S. A. (2007): Estudio de Impacto Ambiental Proyecto de Explotación del yacimiento Oro Castellanos. Informe técnico. Archivos de Inversiones GAMMA, S.A. La Habana.
8. CICA (Centro de Inspección y Control Ambiental). 2001. Guía para la realización de las Solicitudes de Licencias Ambientales y los Estudios de Impacto Ambiental. La Habana, 56 p.

9. CONESA -FERNÁNDEZ, V. 2000. Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental. 3ra ed. Vol. 1. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, 416 p.
10. Conesa Fernández-Vitora V. (1997) “Guía Metodológica para la EIA “. Editorial Mundi-Prensa 290 pp.
11. Conesa, Fernández-Victoria V (2007). Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental 3ª edición. Madrid: Editorial Mundi-Prensa.
12. CUBA. 1995: Ley 76. Ley de Minas. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Volumen 3: 15-16.
13. Cuba, Asamblea Nacional del Poder Popular: Ley No. 76 de Minas. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Edición Ordinaria. La Habana, 23 de enero de 1995, Año XCIII, Número 3, p. 33.
14. Cuba, Asamblea Nacional del Poder Popular. Ley No. 81. Del Medio Ambiente. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Edición Extraordinaria. La Habana, 11 de julio de 1997, Año XCV Número 7, p. 47.
15. Cuba, Consejo de Estado de la República de Cuba. Decreto –Ley No. 200. De las contravenciones en materia de medio ambiente. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Edición Ordinaria. La Habana, 22 diciembre 1999, Año XCVII, Número 83, p. 1339. [Consultado: 12 enero 2014]. Disponible en: <http://www.medioambiente.cu/legislacionambiental/decretos-ley/DL-200.htm>
16. Cuba, Consejo de Estado de la República de Cuba. Decreto –Ley No. 201. Del sistema nacional de áreas protegidas. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Edición Ordinaria. La Habana, 24 diciembre 1999,

17. Año XCVII, Número 4, p. 1355 -1357. [Consultado: 12 enero 2014]. Disponible en: <http://faolex.fao.org/docs/pdf/cub20135.pdf>
18. Delgado, B.; Lubian, T. Diagnóstico ambiental Mina Júcaro. Centro de Investigaciones para la Industria Minero - Metalúrgica (CIPIIMM). Ciudad de La Habana. En: Archivo técnico Empresa Geominera de Pinar del Río, p.3-7, 2009.
19. Delgado, B.; Lubian, T.; Cortés, N.; Milián, E. Metodología para inventariar pasivos ambientales mineros, zona Santa Lucía. En: IV Congreso Cubano de Minería Geociencias 2011, Cierres de Minas y Pasivos Ambientales Mineros. [CD ROM] ISBN 978-959-7117-30-8.
20. Delgado, B.; Lubian, M.; Cortés, N.; Milián, E. Proyecto ramal Identificación de Pasivos Ambientales Mineros, del Centro de Investigaciones para la Industria Minero - Metalúrgica (CIPIIMM) y la Empresa Geominera de Pinar del Río, periodo 2009-2010. Archivo técnico del Centro de Investigaciones para la Industria Minero-Metalúrgica. La Habana, 2010.
21. Espinoza, G. (2002) Fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo, BID y Centro de Estudios para el Desarrollo, CED, Santiago, Chile.
22. Espinoza G. (2007) Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Santiago de Chile.
23. Espinoza G. (2007) Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago de Chile.
24. Gaceta Oficial de la República de Cuba No 7, de fecha 11/07/1997. Ley 81 de "Medio Ambiente".
25. Gaceta Oficial de la República de Cuba No 83, Decreto Ley 200/99 "De las contravenciones en materia de Medio Ambiente".
26. Gaceta Oficial de la República de Cuba No 6, de fecha 13/07/1992. Constitución de la República de Cuba.
27. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Resolución No 132 del 2009. Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental.
28. Gaceta Oficial de la República de Cuba No 3 Con fecha 23/01/95 Ley 76. Ley de Minas.
29. Gallardo, D.; Cabrera, I.; Bruguera, N.; Madrazo, F.; Milián, E.; Vázquez, R. Impactos ambientales provocados por la actividad minera en Santa Lucía,

Pinar del Río. En: IV Congreso Cubano de Minería. La Habana, 2011. ISBN: 978-959-7117-30-8.

30. Gamma-S.A., I., 2012, Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero del yacimiento castellanos, Santa Lucía, provincia de Pinar del Río., p. 238.

31. GÓMEZ -OREA, D. 2003. Evaluación de Impacto Ambiental. 2da ed. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, 760 p.

32. Lagos, G., Blanco, H., Torres, V., y Bustos, B. (2001). Minería, minerales y desarrollo sustentable en Chile. En: Minería, minerales y desarrollo

33. LEOPOLD, L. B.; C LARKE, F. E.; HANSHAW, B. B. & BALSLEY, J. E. 1971. A procedure for evaluating environmental impact. U. S. Geological Survey Circular 645, Washington, D. C., 13 p.

34. Milián, E.; Krebs, S.; Ulloa, M.; Otaño, J. Procedimiento para la rehabilitación minero ambiental en yacimientos piríticos polimetálicos de Pinar del Río. En: V Congreso de Gestión Ambiental. La Habana, 2011. [CD-ROM] ISBN: 978-959-300-018-5.

35. Milián, E. Metodología de evaluación de impacto ambiental en yacimientos piríticos polimetálicos de Pinar del Río. Tesis de maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico. 100 p. 2006.

36. Milián, E.; Ulloa, M.; Krebs, S. Evaluación minero-ambiental del yacimiento polimetálico Santa Lucía, de Pinar del Río, Cuba. Minería & Geología 28(3): 18-49, 2012. ISSN 1993 8012.

37. Milián, E.; Ulloa, M.; Krebs, S.; Rosario, Y. Procedimiento para la rehabilitación minero-ambiental de los yacimientos piríticos polimetálicos cubanos. Minería & Geología 28(4): 20-40, 2012. ISSN 1993 8012.

38. Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM). Dictamen Técnico de la Concesión Yacimiento Júcaro. Dirección de Registro Minero, Expediente 501101201. La Habana, 2013.

39. Pérez, G., Malgarejo, J. Yacimiento Matahambre. Estructura y mineralogía. Acta Geológica Hispánica 33(1-4): 133-152. 2009. [Consultado. 11 febrero 2014]. Disponible en:

<http://www.raco.cat/index.php/ActaGeologica/article/viewFile/75549/107197>

40. Pinto, A.; Alonso, A.; Cabrera, I.; Cozzi, G.; Delgado, B.; Valdivia, G.; Díaz, A.; Díaz, N.; Aguila, A.; Canel, L.; Trueba, R. Caracterización

microestructural por MEB–EDAX de reacciones de drenaje ácido de mina en el pasivo minero Santa Lucía. En: IV Congreso Cubano de Minería. Geociencias 2011. [CD –ROM] ISBN 978-959-7117-30-8.

41. Ponce, N.; Alfonso, E.; Cañete, C. Evaluación y predicción de impactos ambientales en la minería. Informe de proyecto. En: Archivo técnico Empresa Geominera de Pinar del Río. Ministerio de la Industria Básica, p. 35-40, 1997.

42. Salinas, Andrea (2007), "Pollutant Release and Transfer Register (PRTR). Preparation in LAC" [en línea]

<http://www.oas.org/dsd/Quimicos/Pollutant%20Release%20and%20Transfer%20Registers.pdf>.

43. SÁNCHEZ -ESPINOSA, Y. 2010. La evaluación de impacto ambiental en los proyectos mineros. En: Simposio Internacional de restauración ecológica 2010. Memorias [CD-ROM], Santa Clara, Cuba, 8-13 septiembre.

44. SÁNCHEZ, R. (2008): "Consumo de Áridos en la Región de Murcia y Abastecimiento Futuro". Fabricación de Áridos en la Región de Murcia. Estrategias y Desarrollo. Jornada Técnica, Murcia 22 de Febrero de 2008.

45. Sánchez, Y. Análisis del comportamiento de los metales pesados en el campo metalífero matahambre. Trabajo de Diploma. Universidad Hermanos Saíz Montes de Oca, Pinar del Río, 2009. [Consultado: 5 abril 2012]. Disponible en:

http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2009_tesis_campo%20metalifero%20Matahambre.pdf

ANEXOS

Anexo 1



“Paisaje lunar” originado por la explotación del mineral en el área de estudio

Anexo 2



Suelo contaminado por compuestos de azufre en las canteras abandonadas

