

**ESTIMACION DE RIESGO AMBIENTAL EN ENTABLES MINEROS, POR USO DE
MERCURIO EN MINERIA ARTESANAL DE ORO (SUAREZ-CAUCA)**



CRISTHIAN FERNANDO GRIMALDO CERTUCHE

**CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYAN,
MARZO
2018**

**ESTIMACION DE RIESGO AMBIENTAL EN ENTABLES MINEROS, POR USO DE
MERCURIO EN MINERIA ARTESANAL DE ORO (SUAREZ-CAUCA)**



CRISTHIAN FERNANDO GRIMALDO CERTUCHE

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

Directora

Magister

DIANA MILENA MUÑOZ

**CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYAN,
MARZO
2018**

**ESTIMACION DE RIESGO AMBIENTAL EN ENTABLES MINEROS, POR USO DE
MERCURIO EN MINERIA ARTESANAL DE ORO (SUAREZ-CAUCA)**

NOTA DE ACEPTACION

Firma del Director

Firma del Jurado

Firma del Jurado

REVISADO Y APROBADO

2018

DEDICATORIA

Especialmente a Dios por no dejarme desfallecer y mostrarme el camino en estos años de aprendizaje y formación universitaria

A mis padres Julio Cesar Grimaldo y Lida Aceneth Certuche, por mostrarme y enseñarme el amor por la familia, por todos y cada uno de los sacrificios realizados para poder cumplir esta meta que es un triunfo para todos.

A mi esposa que gracias a su amor me apoyó incondicionalmente, por comprenderme en los momentos más difíciles y mostrarme que todo con amor se puede lograr.

A mis hermanos y sobrinos que de una u otra forma me dieron apoyo en estos años de carrera universitaria y recordarles que este triunfo también es de ustedes.

Por otra parte, también le dedico esta investigación a cada uno de los docentes por brindarnos su conocimiento, ayudándonos a ser mejor personas y mejores profesionales

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ayudarme a cumplir esta meta y no abandonarme en los momentos más difíciles

A mis padres *Julio Cesar Grimaldo* y *Lida Aceneth Certuche*, por brindarme ese apoyo incondicional, por estar ahí en los momentos que más los necesito y ser ese ejemplo a seguir y recordarles que éste triunfo también es de ustedes.

A mi *esposa* por brindarme todo su amor y apoyo, por darme fuerzas para cumplir juntos un cada sueño propuesto.

A mis *hermanos* porque me apoyaron en los momentos más difíciles y compartir varios de nuestros sueños

A mis *sobrinos* por ser ese motor para ser mejores personas y decirles que llegaron a la mejor familia del mundo

A mis *abuelos* porque en algún momento me apoyaron y también soñaron con cumplir este sueño

A mis compañeros de carrera, porque de todos aprendí algo y me llevo los mejores recuerdos

A mi profesora y directora de trabajo de grado *Diana Milena Muñoz*, por hacer parte de mi formación profesional y con sus guías y consejos académicos hacer de mi lo que hoy soy.

A todos los profesores que con su conocimiento me guiaron para ser un profesional íntegro.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	18
ABSTRACT	20
INTRODUCCION	22
CAPITULO I: PROBLEMA	24
1.1 Planteamiento del problema	24
1.3.1 Objetivo general.....	28
1.3.2 Objetivos específicos.....	28
CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL	29
2.1 Antecedentes	29
2.1.1 Antecedentes de contaminación de mercurio	34
2.2 Normatividad minería en Colombia	37
2.4 Bases teóricas	39
2.4.1 Evaluación preliminar de riesgo ambiental.....	39
2.4.2 Riesgo ambiental por minería artesanal (metales pesados).....	39
2.4.3 Mercurio (Hg) como agente contaminante en recursos naturales.....	41
2.4.4 Clasificación de seguridad del mercurio	43
2.4.5 Actividad minera en Colombia	45
2.5 Actividad minera en el municipio de Suarez	47
2.5.1 Economía.....	47
2.5.2 Proceso de extracción minería artesanal.....	49
2.5.3 Proceso entables.....	49
CAPITULO III: METODOLOGIA	53
3.1 Diseño Experimental	53
3.2 Análisis estadístico	53
3.3 Identificación de peligros ambientales	54
3.4 Análisis y determinación de escenarios – identificaciones y definición de causas y peligros	54
3.5 Evaluación de riesgo ambiental	55
3.6 Análisis de riesgo ambiental	55
3.7 Estimación de la probabilidad	56
3.8 Estimación de la gravedad de las consecuencias	56
3.9 Estimación de riesgo ambiental	57

3.10	Evaluación de riesgo ambiental	60
3.11	Caracterización de riesgo ambiental	60
3.12	Establecimiento de las medidas de control	61
CAPITULO IV: RESULTADO Y ANALISIS		62
4.1	Generalidades del sitio de estudio	62
4.2	Información específica de entables	64
4.2.1	Tamaño de entables.....	64
4.2.2	Determinación de la muestra representativa.....	65
4.2.3	Uso de mercurio en la producción de oro.....	65
4.3	Identificación de peligros ambientales	67
4.3.1	Reseña histórica del sitio: veredas Tamboral, Maribeles, Gelima.....	67
4.3.2	Entrevistas	68
4.3.3	Análisis y determinación de Escenarios – Identificación y definición de causas y peligros 69	
4.3.4	Inventario de procesos.....	73
4.4	Evaluación de riesgo ambiental	76
4.4.1	Análisis de riesgos ambientales	76
4.4.2	Estimador del riesgo ambiental	103
4.4.2.1	<i>Estimador del riesgo ambiental en Entables pequeños</i>	103
4.4.2.2	<i>Estimador del riesgo ambiental en Entables medianos</i>	104
4.4.2.3	<i>Estimador del riesgo ambiental en Entables grandes</i>	106
4.4.3	Valoración de la gravedad para los 20 entables estudiados	108
4.4.4	Caracterización del riesgo ambiental	116
4.5	Medidas de control para riesgos ambientales	118
4.5.1	Escenario 1, Extracción de material de la mina.....	119
4.5.2	Escenario 2, Transporte de material hasta el entable	120
4.5.3	Escenario 3, Trituración de roca	121
4.5.4	Escenario 4, Molienda de material.....	122
4.5.5	Escenario 5, Adición de mercurio	123
4.5.6	Escenario 6, lavado de oro en marrana	124
4.5.7	Escenario 7, Recolección de lodos.....	125
4.5.8	Escenario 8, Quema de amalgama	126
CAPITULO V: CONCLUSIONES		127

ALCANCES..... 129
CAPITULO VI. REFERENCIAS..... 130
ANEXOS..... 135

LISTA DE TABLAS

Tabla 1a. Referentes metodológicos y conceptuales del riesgo ambiental en la actividad minera en Colombia.	29
Tabla 1b. Referentes metodológicos y conceptuales del riesgo ambiental en la actividad minera a nivel internacional.	30
Tabla 2. Significancia de los números rombo de seguridad	44
Tabla 3. Tipos de Peligro –exposición	45
Tabla 4. Datos Ambientales	45
Tabla 5. Características del Oro	46
Tabla 6. Generalidades municipio de Suarez	48
Tabla 7. Fuentes de peligro	55
Tabla 8. Rangos de estimación de probabilidad	56
Tabla 9. Formulario de estimación de la gravedad de las consecuencias	56
Tabla 10. Valoración de las consecuencias entorno humano	57
Tabla 11. Valoración de las consecuencias entorno ecológico	58
Tabla 12. Valoración de las consecuencias entorno socioeconómico	59
Tabla 13. Valoración de los escenarios identificados	59
Tabla 14. Establecimiento del riesgo alto en la escala de evaluación riesgo ambiental	60
Tabla 15. Georreferenciación de entables mineros	63
Tabla 16. Análisis de procesos	70
Tabla 17. Identificación de fuentes de peligro.	71
Tabla 18. Definición fuentes de peligro.	72
Tabla 19. Inventario de procesos	74
Tabla 20. Evaluación del riesgo, entorno social- Entables pequeños.	78
Tabla 21. Evaluación del riesgo, entorno biológico- Entables pequeños	80
Tabla 22. Evaluación del riesgo, entorno económico- Entables pequeños	82
Tabla 23. Evaluación del riesgo, entorno social- Entables medianos	85
Tabla 24. Evaluación del riesgo, entorno biológicos- Entables medianos	88
Tabla 25. Evaluación del riesgo, entorno económico- Entables medianos	91
Tabla 26. Evaluación del riesgo, entorno social- Entables grandes	94
Tabla 27. Evaluación del riesgo, entorno biológico- Entables grandes	97

Tabla 28. Evaluación del riesgo, entorno económico- Entables grandes	100
Tabla 29. Estimador entorno social- entable pequeño	103
Tabla 30. Estimador entorno biológico - entable pequeño	103
Tabla 31. Estimador entorno económico - entable pequeño	103
Tabla 32. Estimador entorno social- entables medianos	104
Tabla 33. Estimador entorno biológico - entables medianos	105
Tabla 34. Estimador entorno económico - entables medianos	105
Tabla 35. Estimador entorno social - entables grandes	106
Tabla 36. Estimador entorno biológico - entables grandes	106
Tabla 37. Estimador entorno económico - entables grandes	107
Tabla 38. Cruce de procesos y riesgo en entorno social	109
Tabla 39. Cruce de procesos y riesgo en entorno biológico	112
Tabla 40. Cruce de procesos y riesgo en entorno económico	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pilares de seguridad minera	38
Figura 2. Rombo de seguridad	44
Figura 3. Ruta de recorrido diagnóstico entables	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Estimación de riesgo ambiental	55
Gráfico 2. Tamaño de entables	64
Gráfico 3. Uso de mercurio por volúmenes en entables	66
Gráfico 4. Uso de mercurio en entables mineros	67
Gráfico 5. Fuentes de peligro	72
Gráfico 6. Entorno social- Entables pequeños	79
Gráfico 7. Entorno biológico- Entables pequeños	81
Gráfico 8. Entorno económico- Entables pequeños	83
Gráfico 9. Entorno social- Entables medianos	86
Gráfico 10. Entorno biológico - Entables medianos	89
Gráfico 11. Entorno económico- Entables medianos	92
Gráfico 12. Entorno social- Entables grandes	95
Gráfico 13. Entorno biológico- Entables grandes	98
Gráfico 14. Entorno económico- Entables grandes	101
Gráfico 15. Valoración de gravedad entorno social	111
Gráfico 16. Valoración de gravedad entorno biológico	113
Gráfico 17. Valoración de gravedad entorno Económico	116
Gráfico 18. Caracterización del riesgo ambiental	118

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Escenario 1. Extracción de material de la mina	119
Cuadro 2. Escenario 2, Transporte de material hasta el entable	120
Cuadro 3. Escenario 3, Trituración de roca	121
Cuadro 4. Escenario 4, Molienda de material	122
Cuadro 5. Escenario 5, Adición de mercurio	123
Cuadro 6. Escenario 6, lavado de oro en marrana	124
Cuadro 7. Escenario 7, Recolección de lodos	125
Cuadro 8. Escenario 8, Quema de amalgama	126

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Mancha de Mercurio	36
Fotografía 2. Mercurio líquido utilizado en entables Mancha de Mercurio	41
Fotografía 3. Piedra de oro- Mina Maríbeles	46
Fotografía 4. Entable Gelima	49
Fotografía 5. Transporte de material, Entable Tamboral	50
Fotografía 6. Machadora, Entable Héctor	50
Fotografía 7. Barriles, Entable Héctor	51
Fotografía 8. Presentación de mercurio	51
Fotografía 9. Marrana	52
Fotografía 10. Quema	52
Fotografía 11. Socialización, Mina Maribeles	69
Fotografía 12. Mina maribeles	75
Fotografía 13. Roca para extracción de mineral	75
Fotografía 14. Entable Lavadero	75
Fotografía 15. Entable Ronal	75
Fotografía 16. Extracción artesanal	79
Fotografía 17. Acumulación de lodos	81
Fotografía 18. Vivienda aledaña a entable	83
Fotografía 19. Vivienda interior entable	86
Fotografía 20. Afectación a la flora por lodos de minería	89
Fotografía 21. Equipos de extracción artesanal en entable	92
Fotografía 22. Quemadora de amalgama	95
Fotografía 23. Erosión de suelo por sedimentos de minería	98
Fotografía 24. Riveras de los ríos erosionadas por lodos de minería	101

LISTA DE FORMULA

Fórmula 1. Caracterización del riesgo	60
Fórmula 2. Determinación de la muestra representativa	65

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Instrumento para recolección de información	135
Anexo 2. Matriz de estimación de riesgo ambiental	136

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Mapa Político de Suarez-Cauca

48

RESUMEN

El uso de mercurio en la minería de oro artesanal en Colombia y a nivel mundial se ha consolidado como una de las problemáticas ambientales más severas y que atrae las miradas de las organizaciones protectoras de los recursos naturales por el uso inadecuado, y especialmente la forma como se comercializa desde que entra al país de manera ilegal para posteriormente ser distribuida en las regiones donde se practica la actividad minera sin ningún control por parte de las entidades encargadas de su regulación; sin olvidar los numerosos casos de intoxicación que se presentan en las zonas donde se acentúa la actividad.

El objetivo de la presente investigación es realizar la estimación de riesgo ambiental en entables mineros, por uso de mercurio en minería artesanal de oro en el municipio de Suarez, teniendo en cuenta que dicho municipio se encuentra catalogado como el segundo más productor de oro en el norte del Cauca, en donde se hace necesario estos estudios para que con los resultados se generen alternativas para sustituir el uso de mercurio en la extracción de oro.

Dando como resultado impacto negativo en el ambiente y la salud humana, para así establecer medidas de control, especialmente en los residuos generados por la actividad, puesto que los entables visitados ninguno cuenta con sistema de tratamiento para los residuos sólidos, líquidos y por el contrario son vertidos directamente al ambiente.

Se escogieron 20 entables para realizar la investigación, los cuales cuentan con disponibilidad de acceso para su caracterización e incluidos en la Asociación de Mineros del municipio de Suarez; para la obtención de la información se diseñaron instrumentos con base en las guías: (Guía para la evaluación de riesgos ambientales MINSA – Perú, 2010), para peligros ambientales e identificación de peligros; (Guía para evaluar EIAs de proyectos mineros Alianza Mundial de Derecho Ambiental – USA, 2010), para la evaluación de riesgos ambientales.

Una vez evaluado el riesgo ambiental por uso de mercurio, se encontró que la gravedad crítica se tiene para los procesos de lavado de lodo y recolección de lodo, en donde se obtuvieron los porcentajes más altos que corresponden a un 77%, debido a que en estos procesos es donde se pone en riesgo la permanencia de los recursos naturales,

teniendo en cuenta que en el 100% de los entables no se cuenta con sistemas de tratamiento necesarios para remover el mercurio residual presente en los lodos y agua,

Por lo tanto, se hace necesario la implementación de tecnologías que contribuyan a reducir y eliminar el mercurio de los diferentes residuos, de acuerdo a los estudios realizados en China se muestran sistemas basados en procesos biológicos, en donde el objetivo es la remoción de metales pesados presentes en los residuos líquidos, los cuales causan riesgo para la seguridad ecológica y bienestar humano.

Los relaves de metales pesados producidos por la industria minera de oro en la pertinente investigación se precisan en procesos de Fitorremediación realizados por una especie de plantas como (*Erigeron canadensis*), donde su objetivo es remover metales pesados presentes en agua, lodos [49], lo que se convierte en una tecnología fácil de implementar para el tratamiento de los residuos de minería.

Igualmente se hace indispensable, documentar a la Asociación de mineros del municipio de Suarez, con fin de proponer medidas de control para mitigar y/o eliminar la contaminación causada por el uso de mercurio, teniendo en cuenta que es la actividad económica de más auge en el municipio, de esta manera dichas medidas correctivas son necesarias para garantizar una minería limpia

PALABRAS CLAVE: Riesgo Ambiental, Metales Pesados, Peligro Ambiental, Mercurio, Recursos Naturales, Cianuro, Fitorremediación

ABSTRACT

The use of mercury in artisanal gold mining in Colombia and worldwide has become one of the most severe environmental problems and attracts the attention of organizations that protect natural resources due to improper use, and especially the way in which it is commercialized from the moment it enters the country illegally and later it is distributed in the regions where the mining activity is practiced without any control on the part of the entities in charge of its regulation; without forgetting the numerous cases of poisoning that occur in areas where the activity is accentuated.

The objective of the present investigation was to estimate the environmental risk in miners, for the use of mercury in artisanal gold mining, so that the results generate alternatives to replace the use of mercury in the extraction of gold, taking into account in great impact observed in the environment and human health, also establish control measures, especially in the waste generated in the activity, since no type of treatment was found and are discharged directly into the environment. The number of entables that were chosen was 20, which had access availability for their characterization and were part of the Association of Miners of the municipality of Suarez; for the collection of the information they designed instruments based on the guidelines: (Guide for the evaluation of environmental risks MINSA - Peru, 2010), for environmental hazards and identification of hazards; (Guide to evaluate EIAs of mining projects World Alliance of Environmental Law - USA, 2010), for the evaluation of environmental risks. Once the environmental risk due to the use of mercury was evaluated, it was found that the critical gravity is mainly for the mud wash and mud collection processes with the highest percentages of 77%, because it is in these processes that puts at risk natural resources, taking into account that in 100% of entables there are no treatment systems necessary to remove the residual mercury present in sludge and water, therefore it is necessary to implement technologies that contribute to reduce and eliminate mercury from the different wastes, and according to the studies carried out in China, a system based on biological processes is shown, due to the risks to the ecological security and human well-being represented by the heavy metal tailings produced by the mining industry; Research is needed in the process called Phytoremediation carried out by a species of plants such as (*Erigeron canadensis*), where its objective is to remove heavy metals

present in water, sludge [49], which becomes an easy technology to implement for the treatment of mining waste.

It is also essential to document the Association of miners of the municipality of Suarez, in order to propose control measures to mitigate and / or eliminate pollution caused by the use of mercury, taking into account that it is the most booming economic activity in the municipality in this way said corrective measures are necessary, guaranteeing a clean mining

KEYS WORDS: Environmental Risk, Heavy Metals, Environmental Hazard, Mercury, Natural Resources, Cyanide.

INTRODUCCION

El uso de mercurio en la extracción de oro a nivel mundial se ha convertido en una gran problemática ambiental, donde se hace necesario que las entidades encargadas de la protección de los recursos naturales muestren su preocupación y hagan un llamado a las entidades territoriales debido a su constante aumento en los últimos años, especialmente en los países en desarrollo entre ellos Colombia [1].

Según la OIT la minería artesanal es la actividad que más mercurio vierte al ambiente contaminando fuentes de agua superficial y subterránea, además del deterioro de los suelos causando erosión e inestabilidad de taludes; que ha ido creciendo desmedidamente entre 2010 – 2016, en un 40% según la Agencia Nacional Minera de Colombia [2]. Es por esta razón que con la identificación del riesgo ambiental en la actividad minera se convierte en una necesidad para posteriormente poder cuantificar y cualificar los peligros ambientales a los que son sometidos los recursos naturales y la salud humana por la acción de la extracción de oro, agravándose aún más la problemática por el uso de mercurio.

Con el diagnóstico de la situación actual de los entables en la zona de estudio se logra concientizar a familias, comunidades, asociaciones, entidades territoriales y autoridades ambientales, sobre los daños irreversibles causados a los ecosistemas de la zona y a la disponibilidad de alimento.

Por otro lado, con la estimación de riesgo ambiental se podrá conocer los diferentes riesgos, peligros, causas y consecuencias a los que están sometidos los recursos y ecosistemas naturales por la utilización de mercurio para la extracción de oro desde el momento de su vertimiento al ambiente y ayudar a tomar las acciones pertinentes, con el fin de sustituir el uso de este metal por actividades artesanales que reduzcan el impacto negativo que ésta genera al vertir residuos sin ningún tipo de tratamiento previo.

El presente estudio se realizó con la ayuda de instrumentos: (Guía para la evaluación de riesgos ambientales MINSA – Perú, 2010), para peligros ambientales e identificación de peligros; (Guía para evaluar EIAs de proyectos mineros Alianza Mundial de Derecho Ambiental – USA, 2010), para la evaluación de riesgos ambientales producidos en el uso de mercurio en la actividad minera.

CAPITULO I: PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La minería de oro en los últimos años a nivel mundial, ha venido en un constante aumento especialmente en los países en desarrollo de América Latina, entre ellos Colombia, según lo expresa la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su último reporte en el año 2016 [1]; se puede evidenciar un preocupante incremento en el uso de mercurio para la extracción de oro, convirtiéndose en una problemática ambiental que amenaza con destruir los recursos naturales a su paso [2].

Las nuevas exploraciones de oro a nivel nacional, la falta de información por parte de propietarios de minas y entidades estatales han causado impacto negativo a las aguas superficiales, subterráneas, suelo, disponibilidad de alimento de las comunidades aledañas y el uso de mercurio en cada uno de los procesos de extracción de oro sin la implementación de tecnologías limpias que reduzcan su efecto [3].

El Departamento del Cauca, se encuentra como el tercer productor de oro en el país, según el Catastro Minero Colombiano, con una demanda de 16.855 Kg/año de mercurio para la producción de oro el cual, con el paso del tiempo, se ha venido convirtiendo en una sustancia indispensable en la actividad minera, sin tener en cuenta que la exposición directa y mal manejo de estas sustancias trae consecuencias nefastas al ambiente a corto, mediano y largo plazo [4]. La mayor producción de oro se encuentra localizada en el municipio de Suarez con 850Kg que corresponde a un 38,5% de la producción total del departamento. [5].

La mayoría de impactos ambientales en la extracción de oro en entables mineros del municipio de Suarez, son generados por utilización de mercurio en la actividad minera contaminando fuentes hídricas y suelo que son utilizados para la formación de amalgama [6].

Por lo tanto, es necesario implementar una estimación del riesgo ambiental por el uso de mercurio en la minería artesanal de entables mineros, donde se identifiquen aspectos ambientales sociales y económicos prioritarios a intervención, con el fin de reducir el impacto causado por la utilización desmedida del mercurio, a través del seguimiento y control, que permita generar alternativas de prevención y sustitución de insumos químicos que conlleven a mejorar la calidad de vida de las comunidades mineras.

1.2 . Justificación

La problemática por la utilización de mercurio en la minería de oro y su impacto negativo sobre los recursos naturales ocupa actualmente la atención del país y del mundo entero, a nivel mundial se han incrementado las medidas tanto en la comercialización como en el uso de mercurio; para el caso de Colombia se presenta un Plan Nacional Minero [24], el cual tiene por objetivo sustituir el uso de mercurio en la Minería y demás actividades que causen daños irreversibles al ambiente.

La presente investigación se hace pertinente, debido a que en los últimos años la contaminación por uso de mercurio aumenta de manera desmedida, causando deterioro de los recursos naturales no renovables como también a la flora y fauna silvestre propias de la zona y comunidades rivereñas [24]. Colombia cuenta con una de las zonas más contaminadas por Mercurio a nivel mundial por la extracción de oro, teniendo en cuenta la falta de normatividad, poca implementación y socialización con las comunidades involucradas [25]

Es necesario y pertinente realizar estudios en este sector de la economía que atrae todas las miradas del mundo debido al uso desmedido de mercurio, buscando identificar y socializar los riesgos ambientales encontrados en la zona de estudio como también los procesos mineros igualmente, implementar procesos alternativos amigables con el medio ambiente.

Son muy pocos los documentos sobre estudios de riesgo ambiental por contaminación de mercurio en Minería Artesanal en entables mineros en las veredas del municipio de Suarez Cauca, los pocos que se encuentran son reportados por la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) del año 2010-2012 de la actividad minera en el Cauca [26]. Por lo tanto, es de vital importancia este tipo de estudios e investigaciones en la región, en donde se contará con el apoyo y acompañamiento de la Asociación de Mineros del municipio de Suarez, como también de la Alcaldía y grupos de investigación.

Además, la investigación propuesta es factible en términos de aplicación, y lo más importante se cuenta con la aceptabilidad por parte de la Asociación minera y las comunidades involucradas; los resultados de esta investigación, permitirán tener una base para futuros estudios frente a la problemática de riesgo ambiental ocasionado por la contaminación de mercurio, la cual busca promover políticas de gestión ambiental de las entidades pertinentes sobre el uso excesivo de mercurio en la minería, además de la implementación de programas que creen conciencia en la prevención oportuna de los riesgos ambientales y en el uso de nuevas tecnologías.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Estimar el riesgo ambiental en entables mineros, por uso de mercurio en minería artesanal de oro en el Municipio de Suarez, departamento del Cauca.

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar los peligros Ambientales por contaminación de mercurio utilizado en la minería de oro en entables mineros del Municipio Suarez Cauca.

Determinar el nivel de riesgo ambiental por utilización de mercurio en la minería de oro artesanal en entables mineros del municipio de Suarez Cauca.

Establecer medidas de control ambiental para el manejo de metales pesados en la utilización de mercurio en la minería de oro artesanal en entables mineros del municipio de Suarez Cauca.

CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

A continuación, se relacionan estudios e investigaciones realizadas a nivel nacional e internacional en cuanto al riesgo ambiental por el uso de mercurio en la extracción de oro y los impactos causados a las fuentes de agua, suelos y la flora y fauna silvestre aledaños a la actividad minera.

Tabla 1a. Referentes metodológicos y conceptuales del riesgo ambiental en la actividad minera en Colombia.

TITULO	METODOLOGIA	LUGAR	RESULTADOS	REF
<i>Plan de acción para eliminar el uso de mercurio en minería artesanal</i>	Según acuerdo de Minamata, eliminar uso de mercurio	Colombia	Eliminar el uso de mercurio en la actividad minera	[2]
<i>Plan único nacional de mercurio</i>	Implementar métodos alternativos en la minería	Colombia	eliminar el uso de mercurio en las diferentes actividades que lo utilizan	[4]
<i>Diagnóstico ambiental recursos naturales Suarez</i>	Caracterización de la zona afectada por la minería	Suarez	Estado actual de los recursos naturales en la zona de influencia minera	[5]
<i>Aspectos minero municipio de Suarez</i>	Muestreos en diferentes recursos para identificar el grado de contaminación	Suarez	Estado actual del municipio a nivel minería	[6]
<i>Política de gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas (Compes)</i>	Lineamientos normativos para el uso de sustancias químicas	Colombia	Normatividad para el uso de sustancias químicas	[7]
<i>Herramientas para la implementación de un plan social (agencia minera).</i>	Métodos para minimizar impactos	Colombia	Pasos a seguir para mejorar el impacto del Mercurio	[11]
<i>Evaluación minero ambiental, del distrito minero de Suarez</i>	Mejorar los procesos de extracción de oro en la minería aurífera en el municipio de Suarez	Suarez	Identificación de la situación actual de la minería en el municipio de Suarez	[15]
<i>Estudios del mercurio en minería de oro artesanal</i>	Implementación de proceso para eliminar mercurio	Colombia	Determinación de riesgo por mercurio	[16]
<i>Cuantificación de liberaciones antropogénicas de mercurio en Colombia</i>	Cuantificación de la cantidad de mercurio se libera al ambiente a partir de la exportación	Colombia	Determinación del mercurio liberado al ambiente por la minería artesanal	[18]
<i>Plan de acción nacional para la gestión de sustancias químicas en Colombia</i>	Análisis de las diferentes problemáticas por el uso de sustancias químicas	Colombia	Alternativas para la eliminación del uso de sustancias químicas	[23]

<i>Plan estratégico para la eliminación del uso de mercurio</i>	Diagnóstico de las zonas más afectadas por el uso de mercurio en la actividad minera	Colombia	Implementación de procesos alternativos para la extracción de oro	[24]
<i>Plan de ordenamiento CORTOLIMA</i>	Mantenimiento de cuencas afectadas por minería	Tolima - Colombia	Metodologías alternas para la extracción de oro	[32]
<i>Artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: a successful case of mercury reduction</i>	Debido a los altos índices de contaminación, algunos municipios como Segovia y Remedios, se generó un convenio entre la Universidad Nacional y la Universidad de Culumbia, mediante la cianuración	Antioquia - Colombia	El mercurio que ingresó en la amalgamación de minerales en los 323 "entables" se redujo en promedio un 43% con respecto a los niveles de 2010. En 2013, las pérdidas de mercurio se redujeron en un 63%, lo que arrojó	[39]
<i>Successful airborne mercury reductions in Colombia</i>	Las emisiones de mercurio de la minería artesanal presentan un importante desafío ambiental y de desarrollo a nivel mundial. El Proyecto Colombia Mercury (CMP), y la Organización de las Naciones Unidas.	Colombia	El CMP estima que impidieron el uso y la liberación de 46-70 toneladas de mercurio por varios métodos: asistencia técnica y eliminación de la amalgamación.	[40]

Tabla 1b. Referentes metodológicos y conceptuales del riesgo ambiental en la actividad minera a nivel internacional.

TITULO	METODOLOGIA	LUGAR	RESULTADOS	REF
<i>Mercury Levels along the Food Chain and Risk for Exposed Populations</i>	Determinación de mercurio en especies silvestres acuáticas y poblaciones cercanas, con el fin de identificar el ciclo del mercurio en el ambiente.	Madeira - Portugal	Una vez evaluadas las muestras recolectadas en cabello y orina a pobladores no involucrados muestran niveles por encima de los permitidos, representando peligro para niños y mujeres embarazadas.	[33]
<i>Cyanidation of mercury-rich tailings in artisanal and small-scale gold mining: identifying strategies to manage environmental risks in Southern Ecuador</i>	Sustitución de mercurio en los procesos de relaves de oro, con la implementación de cianuro, disminuyendo la descarga de Mercurio directamente al ambiente.	Portovelo - Sur de Ecuador	Una vez desarrollado el estudio se pudo evidenciar que las pérdidas de mercurio pasaron del 24,2% al 11,7%, lo que indica una reducción de cercana al 50% del Mercurio vertido	[34]

<p><i>Mercury in western North America: A synthesis of environmental contamination, fluxes, bioaccumulation, and risk to fish and wildlife</i></p>	<p>Análisis de los ecosistemas estratégicos, relacionados con la extracción minera, en paisaje, especies silvestres, acuáticas y aves, en plumas y piel de pez</p>	<p>Oeste América del Norte</p>	<p>De acuerdo a lo evidenciado en los procesos de análisis de presencia mercurio en especies silvestre, que aun pasando entre 10 – 15 años, los niveles del metal se mantiene en un 50%.</p>	<p>[35]</p>
<p><i>Health risk and significance of mercury in the environment</i></p>	<p>Según estudios realizados el mercurio está presente en el ambiente en su forma elemental y este a su vez es absorbido o degradado por bacterias por medio del proceso fitorremediación, remover del ambiente</p>	<p>USA</p>	<p>La fitorremediación alza como una de los procesos naturales ideales para la remoción de mercurio especialmente de los suelos y evitar así el riesgo de contaminación</p>	<p>[36]</p>
<p><i>Human exposure and risk assessment associated with mercury contamination in artisanal gold mining areas in the Brazilian Amazon</i></p>	<p>El estudio nace, por la preocupación del alto índice de minería ilegal en esta región, en donde las autoridades de salud reportan casos, q puede estar asociados a contaminación por mercurio</p>	<p>Amazonas - Brazil</p>	<p>Una de las principales conclusiones a la que se llega es que el riesgo es tanto para los involucrados directamente en la actividad como para las personas rivereñas que basan su dieta alimenticia en pescado y otros acuáticos.</p>	<p>[37]</p>
<p><i>Reducing mercury pollution by training Peruvian artisanal gold miners</i></p>	<p>Concientizar, a aprox. 10.000 mineros artesanales y más de 160 plantas que utilizan mercurio para extraer oro con técnicas como gravedad. Flotación, cianuración y aumentar la recuperación de oro</p>	<p>Piura – Norte de Perú</p>	<p>Generar conciencia a los mineros de que los métodos que están actualizando no son rentables pues, más del 30% del oro presente no es recuperado, para mejorar la producción y por ende la obtención de recurso.</p>	<p>[38]</p>
<p><i>Artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: a successful case of mercury reduction</i></p>	<p>Debido a los altos índices de contaminación, algunos municipios como Segovia y Remedios, se generó un convenio entre la Universidad Nacional y la Universidad de Culumbia, mediante la cianuración</p>	<p>Antioquia Colombia</p>	<p>El mercurio que ingresó en la amalgamación de minerales en los 323 "entables" se redujo en promedio un 43% con respecto a los niveles de 2010. En 2013, las pérdidas de mercurio se redujeron en un 63%, lo que arrojó</p>	<p>[39]</p>

<p><i>Successful airborne mercury reductions in Colombia</i></p>	<p>Las emisiones de mercurio de la minería artesanal presentan un importante desafío ambiental y de desarrollo a nivel mundial. El Proyecto Colombia Mercury (CMP), y la Organización de las Naciones Unidas.</p>	<p>Colombia</p>	<p>El CMP estima que impidieron el uso y la liberación de 46-70 toneladas de mercurio por varios métodos: asistencia técnica y eliminación de la amalgamación.</p>	<p>[40]</p>
<p><i>Heavy Metal Pollution from Gold Mines: Environmental Effects and Bacterial Strategies for Resistance</i></p>	<p>Las bacterias capaces de soportar altas concentraciones de estos metales pesados se encuentran en el medio ambiente como resultado de diversos mecanismos bioquímicos, fisiológicos y / o genéticos inherentes.</p>	<p>USA</p>	<p>Se anticipa que las células resistentes se unen a cantidades sustanciales de metales que mejorarán en gran medida la bioprecipitación / acumulación intracelular y el desarrollo de un proceso de biorremediación eficiente.</p>	<p>[41]</p>
<p><i>Movimiento mundial para el cuidado de la salud ambiental libre de mercurio</i></p>	<p>Nace a partir de la preocupación mundial, por los múltiples usos que se le da y a su libre comercialización por los países en vía de desarrollo.</p>	<p>Buenos Aires – Argentina</p>	<p>Es de interés internacional, una normatividad que busque eliminar su comercialización y su uso, en donde se comprometan los estados, y se generen estrategias nuevas y tecnologías</p>	<p>[42]</p>
<p><i>Evaluación de riesgo ambiental por la presencia de mercurio en relaves mineros dentro de la ciudad de Andacollo, Chile</i></p>	<p>Para calcular la concentración de mercurio que se volatiliza que se encuentra presente en las tortas de relave se empleó la ecuación de Penman-Monteith modificada.</p>	<p>Andacollo – Chile</p>	<p>Al obtener los resultados del estudio se pudo identificar que el mercurio viaja rápidamente por el aire, y teniendo en cuenta la topografía de la zona puede llegar a ciudades aledañas en gran cantidad.</p>	<p>[43]</p>
<p><i>Evaluación de riesgo ambiental del mercurio en la actividad minera</i></p>	<p>Identificar de forma cualitativa, el nivel al cual los efectos del mercurio se hacen intolerables para el medio ambiente y de esta forma evitar los daños a la salud.</p>	<p>Lima – Perú</p>	<p>Las aguas superficiales pueden ser un mecanismo de dispersión rápido y directo para los compuestos de mercurio en disolución o en suspensión. Este mecanismo actúa debido a la escorrentía.</p>	<p>[44]</p>

<i>Introducción a la contaminación por Mercurio para ONG</i>	Este artículo presenta también las principales fuentes de contaminación con mercurio y llama a la sociedad civil a realizar esfuerzos a nivel local, nacional y mundial a reducir las emisiones de mercurio	USA	Esto crea una oportunidad, a la vez que una obligación para las ONG y otras organizaciones de la sociedad civil con misiones relacionadas con la salud pública o la protección ambiental, y obligaciones para entidades territoriales.	[45]
<i>Mercurio, Cianuro, Minería y contaminación</i>	El mercurio liberado en la atmósfera a menudo viaja largas distancias antes de depositarse sobre la superficie de la tierra, donde puede volatilizarse y depositarse de nuevo.	Uruguay	Diferentes formas de mercurio viajan a diferentes distancias. Algunas formas se depositan a pocos kilómetros del lugar de donde fueron liberadas, mientras otras viajan largos kilómetros	[46]
<i>La contaminación por mercurio en México</i>	El mercurio es un compuesto químico ampliamente utilizado desde la Antigüedad para diversos fines. Actualmente se utiliza en la industria, principalmente en la minería, la siderurgia, la producción de cloro.	Ciudad de México - México	En México no se ha definido el marco normativo específico para la restauración de suelos contaminados por metales pesados, razón por la cual se debe utilizar como referencia la normatividad de los Estados Unidos.	[47]
<i>Chemical contaminants entering the marine environment from sea-based sources: A review with a focus on European seas</i>	Este documento revisa la literatura, con un enfoque predominante en el entorno europeo, para compilar una lista de contaminantes potencialmente liberados en el mar a partir de fuentes marinas.	Union Europea	Esta revisión de la literatura debe informar sobre el estado actual de los conocimientos sobre las fuentes de contaminantes marinos y proporcionar apoyo para el establecimiento de enfoques de monitoreo.	[48]
<i>Soil heavy metal contamination and health risks associated with artisanal gold mining in Tongguan, Shaanxi, China</i>	. El presente estudio se centró en la contaminación del suelo y en las aldeas de China con actividades mineras artesanales. Se analizaron los niveles de metales en suelos, relaves, cereales y cultivos de hortalizas y se evaluaron.	Tongguan - China	Los residentes locales tenían altos riesgos crónicos debido a la ingesta de Hg y Pb, mientras su riesgo de cáncer asociado con el Cd por inhalación. Se identificaron tres plantas, como especies adecuadas para la fitorremediación.	[49]

<p><i>Is mercury from small-scale gold mining prevalent in the southeastern Peruvian Amazon?</i></p>	<p>Para investigar el papel de la materia suspendida y los factores hidrológicos en el destino de ASGM-Hg, analizamos los sedimentos de la orilla del río y la materia suspendida a lo largo del del río Malinowski-Tambopata parcialmente afectado.</p>	<p>Sur de la Amazonia – Peruana</p>	<p>Lo que indica que el Hg liberado se retiene en el sitio del derrame o se transporta a áreas más alejadas de las áreas de ASGM. Sospechamos que el destino de ASGM-Hg en tales ríos tropicales se relaciona principalmente con el transporte.</p>	<p>[50]</p>
--	--	-------------------------------------	---	-------------

2.1.1 Antecedentes de contaminación de mercurio

A nivel internacional se registran varios casos de contaminación ambiental por mercurio ligados a la actividad minera, los cuales ponen en contexto el riesgo que representa para los ecosistemas, fuentes de agua, suelos y la vida silvestre por este metal [46]

Mina de oro de Summitville, Colorado, **EE.UU.** (1992)

Mina de oro Brewer, Carolina del Sur, **EE.UU.** (1992)

Mina Harmony, **Sud África** (1994)

Mina de oro Omai, **Guyana** (1995)

Mina Comsur, **Bolivia** (1996)

Mina de oro Gold Quarry, Nevada, **EE.UU.** (1997)

Mina de zinc Los Frailes, **España** (1998)

Mina Homestake, Dakota del Sur, **EE.UU.** (1998)

Minera Santa Rosa, El Corozal, **Panamá** (1998)

Mina de oro Tulukuma, **Papúa Nueva Guinea** (2000)

Mina de oro Aurul Bahía Mare, **Rumania** (2000); y

Mina Angela, Chubut, **Argentina** (2001).

Países y regiones donde ha sido prohibida

La cianuración del oro es el proceso más utilizado, pero, debido a la naturaleza venenosa del cianuro, el proceso es cuestionado y su aplicación prohibida en varios países y territorios [46]:

Alemania, en todo el territorio, desde 2002.

Argentina, Provincias de Chubut (2003), Río Negro (2005), Tucumán, La Rioja y Mendoza (2007).

Australia, Nueva Gales del Sur, desde 2000.

Costa Rica, en todo el territorio, desde 2010.

Ecuador, Ciudad Cotacachi, desde 2000.

Estados Unidos, estado de Montana (plebiscito en 1998, ratificado en 2004) y condados de Gunnison (2001), Costilla (2002) y Summit (2004) del estado de Colorado.

Filipinas, provincia de Mindoro, 25 años de moratoria, en 2002.

República Checa, en todo el territorio, desde 2000.

Turquía, en todo el territorio, desde 1997.

Entre algunas de las afectaciones más importantes, que se registran por los vertimientos causados en las anteriores minas de oro se tiene principalmente en los siguientes medios [46]:

Afectación de las aguas superficiales: los residuos sólidos finos provenientes del área de explotación pueden dar lugar a una elevación de la capa de sedimentos en los ríos de la zona. Diques y lagunas de oxidación mal construidas o mal mantenidos pueden conducir a la contaminación de las aguas superficiales [47]

Afectación de los suelos: eliminación del suelo en el área de explotación y resecamiento del suelo en la zona circundante, así como una disminución del rendimiento agrícola y agropecuario. - hundimientos y formación de lagunas en caso de que el nivel de las aguas subterráneas vuelva a subir. - provoca la inhabilitación de suelos por apilamiento de material sobrante [47]

Impacto sobre la flora: eliminación de la vegetación en el área de las operaciones mineras, así como una destrucción parcial o una modificación de la flora en el área circundante, debido a la alteración del nivel freático [47]

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 las pilas 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. [47]

En cuanto a Colombia, el panorama no es para nada alentador, los antecedentes que se encuentran registrados departamentos de Antioquia, Bolívar se sabe que en el país hay muchas más regiones en donde la actividad minera está destruyendo miles de hectáreas de bosque y vida silvestre, pero teniendo en cuenta que en la mayoría de los casos se encuentra alejadas de las cabeceras municipales y cuentan con el apoyo de las entidades territoriales estas no son objeto de ningún tipo de seguimiento, y solo la academia realiza investigaciones que muchas veces no son tenidas en cuenta.

En marzo de 2014, el periódico *El Espectador*, reporto El Bajo Cauca antioqueño y El Bagre, como uno de los municipios de Colombia donde las dragas, retroexcavadoras y buldóceres siguen removiendo arena sin parar, rebuscando oro y dejando escapar toneladas de mercurio al suelo y el agua. Desde el aire, resultaba difícil identificar qué parte de ese paisaje destrozado pertenecía a los ríos Nechí y Bagre, ambos completamente fragmentados y desviados por el impacto minero. Ver Fotografía 1 [39]



Fotografía 1. Mancha de Mercurio. Las autoridades estiman que las hectáreas de bosque destruidas por la minería ilegal de oro en el Bajo Cauca antioqueño pueden compararse con el área urbana de Bogotá. Fotografía de David Campuzano, El Espectador.

Lo que unos años atrás era bosque y río se habían convertido en kilómetros de suelos grises y ocre, lagunas Verdi azules, montañas de arena e hilos de agua turbia. Desde

arriba se podían apreciar campamentos improvisados y gente barequeando. Pequeñas villas en medio de ese desierto, sin un árbol cerca ni agua potable. Sólo calor, hombres y máquinas [40]

2.2 Normatividad minería en Colombia

Se describen algunas normas, decretos y leyes que reglamentan la política minera en Colombia desde los últimos 25 años [8].

Decreto – Ley 2655 de 1988

Conpes 2898 de 1997 “Estrategias para el fortalecimiento del sector minero en Colombia”

Ley 685 de 2001: Código de Minas

Plan Nacional para el Desarrollo Minero, visión para el año 2019 – UPME

Política de Promoción del País Minero 2006

Política de Administración del Recurso Minero 2006

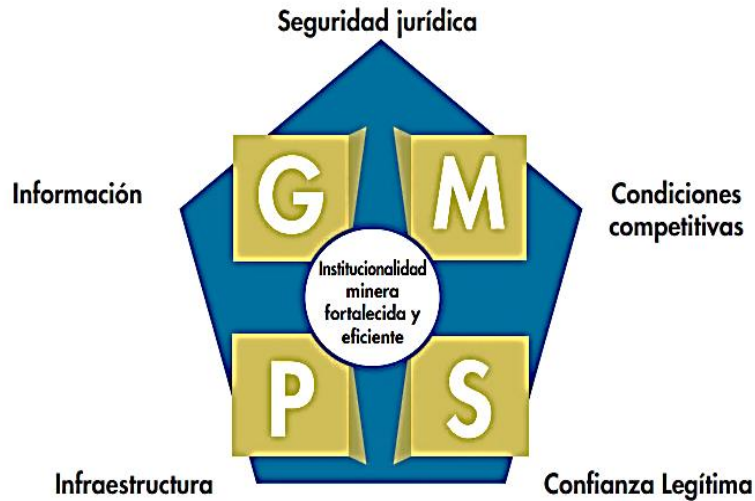
Ley 1382 de 2010

Política Nacional de Seguridad Minera Resolución N° 18-1467 de 2011

Ley 1658 de julio de 2013, por medio de la cual se establecen las disposiciones para comercialización y el uso del mercurio en las diferentes actividades industriales del país

Plan Nacional de Ordenamiento Minero – Resolución 0256 de 2014

En el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2014- 2018 “Todos por un nuevo país” y en concordancia con las necesidades de la industria, esta política se enfoca en 6 pilares estratégicos que darán respuesta a los retos aquí planteados, además de dar señales claras de política pública tanto a los inversionistas como a los mineros y a la sociedad colombiana, en general. La Política Minera de Colombia se fundamenta en los siguientes pilares [7]:



*G: gran minería, M: mediana minería, P: pequeña minería, S: minería de subsistencia.

Figura 1. Pilares de seguridad minera
Fuente: Política Minera en Colombia 2016

Seguridad jurídica: Tener un marco legal claro y estable para el desarrollo del sector.

Condiciones competitivas: Promover condiciones competitivas para la industria minera, que garantice que puedan extraerse los minerales y obtener los impuestos, las regalías y el empleo minero que necesita el país y que permita un eficiente desarrollo de la industria.

Confianza legítima: Generar relación de mutua confianza entre el Gobierno, el sector productivo y las comunidades mineras.

Infraestructura: Realizar gestión para la ampliación y modernización de la infraestructura de transporte existente en el país.

Información: Ampliar el conocimiento del territorio colombiano desde el punto de vista geológico-minero, así como de los sistemas de información minera que le dan soporte al desarrollo de la actividad.

Institucionalidad minera fortalecida y eficiente: Mejorar los niveles de eficiencia de la autoridad minera en aspectos como tiempos de respuesta y agilidad en los trámites [7]

De esta manera lo que se busca en primera instancia es legalizar los sitios donde actualmente se está extrayendo el metal, para de esta forma tener valores reales en cuanto a producción, contaminación, áreas críticas, y entrar a implementar procesos

alternativos que reduzcan el impacto causado al ambiente, se mejore el desempeño de los procesos utilizados actualmente.

2.4 Bases teóricas

2.4.1 Evaluación preliminar de riesgo ambiental

La problemática por contaminación de mercurio es evidente en Colombia, puesto que la mayor parte del oro que se produce en el país es debido a la minería a pequeña escala sin ningún control, dejando claro a esta actividad como una de las más peligrosas al igual que la quema de amalgama como la mayor fuente de liberación de mercurio a la atmósfera en el mundo; práctica que muchas veces se hace en presencia de niños y mujeres en embarazo, como también la exposición a mercurio en cada una de las minas artesanales identificadas [7].

Una vez este metal es liberado al ambiente, contamina aguas superficiales, subterráneas, aire, suelo y el poco alimento que se tiene disponible en la zona [8].

2.4.2 Riesgo ambiental por minería artesanal (metales pesados)

En Colombia la minería es un sector estratégico (locomotora), para el desarrollo de la economía, esta actividad hace trámite en el territorio, arrastrando una serie de problemas sobre el ambiente social, físico y biológico [9]. Aunque la prensa ha evidenciado problemas de deterioro ambiental sobre la minería en Colombia, poco está disponible sobre investigaciones del tema, la razón no es que los impactos no existan, sino, que se ha realizado poco estudio en cuanto a ello. [9-10]

La comunidad no conoce lo que ocurre y participa poco; los gobernantes no poseen datos para tomar acciones que minimicen los impactos, y aunque la academia/gobierno investiguen y muestren los problemas y sus posibles orígenes o soluciones, el interés en resolverlos no es concreto, por lo tanto, dichos estudios no son empleados como línea base para avanzar ni como soporte para políticas públicas; se hace necesario una salida a tan avanzada problemática que amenaza nuestros recursos naturales y la salud de las personas [11]

Se calcula que en la minería del oro artesanal y en pequeña escala participan entre 10 y 15 millones de mineros, de los cuales 4,5 millones son mujeres y 1 millón son niños [12].

En el departamento del Cauca, la minería artesanal o a pequeña escala, se concentra en la zona norte especialmente en los municipios de Suarez y Buenos Aires, para el año 2015 la producción de oro del municipio de Suarez ascendía a 850.167,2 g/año y representa el 38.5% de la producción total del departamento, seguido por Buenos Aires con un porcentaje de 22.6% de la producción total de oro; lo que conlleva a determinar que son los municipios más contaminados por mercurio en el departamento, poniendo en riesgo los recursos naturales [13].

La costa pacífica también presenta inconvenientes en el municipio de Timbiquí, según un reporte del Espectador en el año 2012, evidencia que en esta zona del departamento la minería artesanal data desde muchos años atrás, donde las comunidades afrocolombianas realizaban esta labor de manera controlada generando un mínimo impacto en los recursos naturales y en la salud de las personas ubicadas en las orillas de los ríos. [14]. Con el ingreso de grupos armados como los “Urabeños” a la zona en los años 2012-2015, estas comunidades fueron desplazadas, y obligadas a cambiar su tradición en la extracción de oro, el cual ocasionó una gran problemática a nivel de salud humana y ambiental difícil de reparar. [15]

Según la Asociación Colombiana de Minería (ACM) “La minería ilegal está desbordada y es un fenómeno creciente en Colombia, más del 80 % de la minería en oro no tiene doliente, y eso es preocupante. Esta tiene que ser una lucha de Estado. Apenas el 20 % es formal, pero esta es una actividad muy sensible que, lamentablemente, está permeado por la ilegalidad, lo que es una seria amenaza” [16]

2.4.3 Mercurio (Hg) como agente contaminante en recursos naturales



*Fotografía 2. Mercurio líquido utilizado en entables Maribeles.
Fuente propia*

El mercurio es el único elemento metálico líquido a temperatura ambiente. Posee brillo parecido a la plata y a 25 °C tiene una densidad de 13.456 g/ml. A 20 °C la presión de vapor es de 0,00212 mm Hg, de tal forma que un recipiente abierto con mercurio metálico y expuesto en un ambiente cerrado, desprende vapor suficiente para saturar la atmósfera y exceder el límite máximo seguro de exposición ocupacional. [17]

El mercurio se ha conocido y utilizado durante más de veinte siglos, aunque su consumo hasta fines del siglo XV había sido escaso y casi exclusivamente como bermellón (cinabrio (HgS) finamente molido y mezclado con aceites de origen animal o vegetal), para la fabricación de pinturas y en medicina. [16-17] Quien dio el primer impulso para el gran consumo de mercurio fue el español Bartolomé Medina, al poner a punto en 1557 el método del “beneficio del patio” para la amalgamación en frío de los minerales de plata. Posteriormente, el mercurio y sus compuestos reinician el ciclo en sentido inverso en formas sólida, disuelta, absorbida y gaseosa. Esto último se explica porque este metal posee algunas propiedades únicas que le permiten tener una gran y fácil movilidad en diferentes medios físicos y químicos. [18]

La utilización de Mercurio a nivel mundial, ha estado presente en el tiempo, solo que a comienzos de los años 90 ha venido en aumento, de una manera considerable según lo

han venido mostrando diferentes entidades como (OMS), (OIT) en sus informes anuales, en donde se reporta el peligro que representa tanto para las personas como para los recursos naturales la utilización en gran cantidad de éste metal en cualquier actividad especialmente en la Minería.

La minería del oro artesanal y en pequeña escala es, por sí sola, la mayor fuente de liberación intencional de mercurio del mundo. Según un informe del PNUMA fechado en 2007, anualmente, esta actividad consume 806 toneladas y genera emisiones del orden de 150 toneladas.

Alrededor del 90 % de todo el metilmercurio presente en los alimentos es absorbido a través del sistema digestivo, tanto en el hombre como en los animales. La manifestación clínica de la intoxicación se conoce como “enfermedad de Minamata” [19]; que causa daños neurológicos: ataxia, tremor, parestesias, parálisis cerebral, disminución de capacidad visual y auditiva, y alteraciones cardiovasculares, entre otros.

En Colombia, el panorama no es nada alentador, de acuerdo al más reciente informe de la Contraloría General afirma que 17 departamentos y 80 municipios del país están afectados por la minería de oro y por ende también contaminados por Mercurio, puesto que es el metal que se utiliza para la extracción de oro. [20]

En términos generales, la producción nacional de oro ha aumentado en la última década, con una caída de la producción según datos del sistema de información minero colombiano (SIMCO) para los años 2006 y 2007; y una producción de 47.838 kg y 53.606 kg anuales para el 2009 y 2010 respectivamente. [21]

Por otro lado, según cifras del Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO), en los últimos cinco años, prácticamente todo el oro producido en el país fue extraído en su orden de los siguientes departamentos: Antioquia (43,0%), Chocó (37,0%) Bolívar (8,0%), Cauca (4,0%), Caldas (3,0%) y Nariño (2,0%). Como era de esperarse, son estos mismos departamentos los que presentan un mayor grado de contaminación

debido al uso de mercurio en la explotación minera [22]. De acuerdo a lo anterior, y los informes reportados a través de los últimos años, dejan entrever al departamento de Antioquia como el más productor de oro a nivel nacional, pero también como la región más contaminada por mercurio a nivel mundial por residuos de Mercurio. La región que comprende los Municipios de Segovia y Remedios en Antioquia, presenta los mayores índices de contaminación por mercurio en el país y en el mundo según estudios recientes; es una región donde se desarrolla la minería artesanal de forma frecuente en el sector rural y urbano; por otra parte en la región del bajo Cauca - Nechí Córdoba, existe una alta producción aurífera, que en la medida en que se desarrolla de forma artesanal aumenta el riesgo de exposición a mercurio para la comunidad. [23]

Otro departamento que atrae las miradas en estos momentos es Córdoba, en el municipio de Ayapel (Laguna de Ayapel), en donde ya se han empezado a ver malformaciones en los niños, daños neurológicos en los pescadores de la zona como (dificultad para caminar , daños renales, entre otros), en donde el mercurio se ha pasado a través del consumo de pescado, ya que es la fuente de alimento de la zona, estudios realizados en los peces arrojan que estos se encuentran contaminados de manera importante.

De las metodologías consultadas la guía de Evaluación e Impacto Ambiental nos muestra una visión holística de la minería y sus impactos ofreciendo una revisión de las prácticas mineras a gran y pequeña escala y la forma en que estas prácticas pueden dañar el ambiente [3].

2.4.4 Clasificación de seguridad del mercurio

La Asociación Nacional de Protección contra Incendios (*National Fire Protection Association*), EUA, ésta asociación creó un rombo de colores mediante el cual se representa el riesgo de una sustancia química ante un siniestro mediante la asignación de números del 0 al 4.



Figura 2. Rombo de seguridad

Fuente. UNE 150008-2008, Evaluación del riesgo de mercurio.

Los colores en el rombo son: azul (izquierda) para riesgo a la salud; rojo (arriba) para riesgo de inflamabilidad; amarillo (derecha) para riesgo de reactividad y blanco para riesgos especiales, donde se coloca parte de la palabra, por ejemplo: oxi (oxidante), aci (ácidos), etc.

Tabla 2. Significancia de los números rombo de seguridad

NUMERO	SALUD/AZUL	INFLAMILIDAD/ROJO	REACTIVIDAD/AMARILLO
0	Sin riesgo	No inflamable	Estable
1	Ligeramente peligroso	Más de 93°C	Inestable si se calienta
2	Peligroso	Menos de 93°C	Cambio químico violento
3	Peligro extremo	Menos de 38°C	Detona con calor y/o golpe
4	Mortal	Menos de 23°C	Detona

Fuente. UNE 150008-2008, Evaluación del riesgo de mercurio.

Entre algunos métodos para identificar los peligros, además que da información acerca de las características y composición de las sustancias que se encuentran pictogramas de peligro en los recipientes, esto consiste en una combinación de símbolos e imágenes y color de fondo cuya función es tener presente una información sobre el peligro que representa no tomar las debidas protecciones en su uso.

Tabla 3. Tipos de Peligro -exposición

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos no metálicos. No verterlo al alcantarillado. No permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración)	Medidas para contener el efluente de extinción de incendios. Separado de azidas, acetileno, amoniaco, alimentos y piensos. Mantener bien cerrado. Ventilación a ras del suelo	Hermético. Material especial. No transportar con alimentos y piensos. Símbolo T, Símbolo N, R: 23-33-50/53 S (1/2-)7-45-60-61. Clasificación de peligros UN:8 Grupo de envasado UN III IMO: Contaminante marino CE

Fuente. UNE 150008-2008, Evaluación del riesgo de mercurio.

Tabla 4. Datos Ambientales

PROPIEDADES FÍSICAS	Punto de ebullición: 357°C	Presión de vapor, Pa a 20°C: 0.26
	Punto de fusión: -39°C	Densidad relativa de vapor (aire = 1): 6.93
	Densidad relativa (agua = 21): 13.5.	Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.009
	Solubilidad en agua: Ninguna	
DATOS AMBIENTALES	La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos. En la cadena alimentaria referida a los seres humanos tiene lugar a bioacumulación, concretamente en los peces	

Fuente. UNE 150008-2008, Evaluación del riesgo de mercurio.

2.4.5 Actividad minera en Colombia

La minería en Colombia constituye uno de los principales motores económicos del país. En los últimos años Colombia ha intensificado su explotación minera en razón del uso de nuevas tecnologías y de la llegada de inversionistas extranjeros al país. Colombia cuenta con una ubicación privilegiada desde el punto de vista metalúrgico debido al marco geológico que la caracteriza, pues posee dos grandes provincias arquitectónicas: el Cinturón Andino [31]. En estas provincias arquitectónicas se presentan gran variedad de ambientes geológicos que han sido identificados en otros países con yacimientos de:

minerales y piedras preciosas, metales básicos, productos mineros industriales, rocas ornamentales, uranio y carbón, factores que atraen las inversiones extranjeras para realizar labores de exploración y explotación [32].



Fotografía 3. Piedra de oro, Mina Maribeles
Fuente. propia

La explotación del oro en Colombia data desde antes de la invasión española. Este mineral ha hecho parte de la cultura colombiana. Durante la conquista, la corona española explotó y transportó por primera vez el oro indígena colombiano hacia Europa. El oro se encuentra en filones o vetas entre las rocas y aluviones en las arenas de algunos ríos. Se encuentra en las cordilleras Central y Occidental. Los departamentos de mayor producción de oro son: Antioquia, Chocó, Nariño, Cauca, Tolima y Caldas. [33]

Tabla 5. Características del Oro

Símbolo	Peso atómico	Número atómico	Densidad	Punto ebullición	Punto fusión
Au	197	79	19,300Kg/m ³	3129 k – (2856) °C	1337.33k – (1064.18) °C

Fuente propia

El oro exhibe un color amarillo en bruto. Es considerado como el metal más maleable y dúctil que se conoce. Una onza (31,10 g) de oro puede moldearse en una lámina que

cubra 28 m². Como es un metal blando, son frecuentes las aleaciones con otros metales con el fin de proporcionarle dureza [34].

2.5 Actividad minera en el municipio de Suarez

2.5.1 Economía

La economía del municipio está basada fundamentalmente en la agricultura (café, yuca, caña panelera, maíz, frijol, frutales entre otros) y la minería principalmente. La extracción del oro se realiza en la zona suroriental del municipio en inmediaciones de los corregimientos de La Toma y Mindalá, siendo esta la principal fuente de explotación. [14]. En la zona noroccidental la producción agropecuaria es la actividad económica más importante, a tal punto que la agricultura participa en un 52% de la producción del municipio, seguido de la actividad minera con un 27%, el comercio con un 3% y el 18% restante está en actividades como piscicultura, avicultura, ganadería, entre otros. [15]

En algunos sectores se practica la actividad forestal por Smurfit Cartón de Colombia. El turismo no presenta aún una actividad económica importante para el municipio por su deficiente infraestructura y publicidad, pero este sector promete convertirse en una actividad líder si se aprovechan las ventajas escénicas naturales y artificiales que tiene este municipio, sobre todo la representada por el lago o embalse de Salvajina y el Sistema Hídrico Municipal incluyendo sus principales ríos. [15]



Mapa 1. Mapa Político de Suarez-Cauca
 Fuente: Alcaldía Municipal Suarez - Cauca

Tabla 6. Generalidades municipio de Suarez

Municipio	Temperatura	Altura (s.n.m)	Superficie	Húmedad	Densidad
Suarez	27°C	1.050 m	389,9 km ²	70%	47.71hab/km ²

Fuente propia

De esta manera se muestra que en el municipio de Suarez su economía se basa principalmente en la Minería, y uno de los municipios más productores del Departamento, por ende el riesgo de contaminación se convierte en un problema bastante grave para los recursos naturales, y la disponibilidad de alimento teniendo en cuenta que los entables en su mayoría se encuentran ubicados en la orilla del embalse el cual proporciona alimento por medio de la pesca agudizando aún más el riesgo por contaminación de mercurio.

2.5.2 Proceso de extracción minería artesanal



Fotografía 4. Entable Gelima
Fuente propia

La extracción de Oro es una actividad la cual consta de varios procesos los cuales son realizados en la mayoría de los casos en sitios conocidos como entables en donde son adecuados especialmente con disponibilidad de energía eléctrica y abundante agua que es conducida desde los nacimientos de agua hasta el entable que en su mayoría son arrendados por sus dueños y a personas de la zona para realizar la extracción.

2.5.3 Proceso entables

2.5.3.1 *Extracción de material.* Para la extracción de material se utiliza pólvora donde se desprender la roca, posteriormente es seleccionada y acumulada para su transporte hasta el entable.

2.5.3.2 *Transporte de material.* Una vez es seleccionada la roca, esta es transportada por lomo de mula, moto, carro o al hombro por largas distancias hasta el entable



Fotografía 5: Transporte de material, Entable Tamboral
Fuente. Propia

2.5.3.3 *Trituración de roca.* Proceso en donde la roca es pasada por una maquina llamada “Machadora” para ser triturada lo más fina posible



Fotografía 6: Machadora, Entable Héctor
Fuente propia:

2.9.3.4 Molienda de material triturado. Una vez se tiene la roca triturada es pesada en baldes de aprox 3 a 4 arrobas para ser depositadas en los “Barriles”, por un tiempo entre 2 a 3 horas.



Fotografía 7. Barriles, Entable Héctor
Fuente. Propia:

2.9.3.5 Adición de mercurio. Después de depositar el material al barril se adiciona agua y mercurio en una cantidad de 3 a 4 onzas él tiene como propósito aflorar el oro.



Fotografía 8. Presentación de mercurio
Fuente propia

2.9.3.6 *Lavado de lodo.* Transcurrido las tres horas de molienda se procede a depositar el lodo en un balde y depositado en la “Marrana” que es donde se sedimentan las arenas q contienen el oro, y son recogidas en un trapo posteriormente se forma la amalgama que contiene oro y mercurio.



Fotografía 9. Marrana
Fuente propia: entable “Paisa

2.9.3.7 *Quema de amalgama.* En algunos casos la amalgama es quemada directamente en entable, de lo contrario es vendida a otras personas que la queman en el municipio.



Fotografía 10. Quema
Fuente propia: Entable

CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1 Diseño Experimental

Para la identificación de peligros y posterior estimación de riesgo ambiental se tuvo una muestra de 20 entables sugeridos por el representante de la Asociación, la cual es representativa para los objetivos de este estudio y presenta las siguientes características.

- Tamaño del entable/ Número de barriles (gr / N° Barriles), determinado por el número de barriles: entables pequeños (0 – 9 Barriles), entables medianos (10 - 17 Barriles), entables grandes (18 – 25 Barriles)
- Participación de hombres y mujeres en la producción de oro por cada entable minero.
- Acceso y factibilidad a los entables mineros seleccionados, los cuales en su mayoría se encontraban ubicados en la rivera del entable la salvajina, en las veredas de Tamboral y Maribeles, hacia el oriente del embalse vereda Gelima, igualmente hacen parte de la asociación minera
- Los entables mineros que se seleccionaron fueron sugeridos por la asociación de mineros municipal los cuales se caracterizaban por el fácil acceso.

Las visitas a las minas se realizaron de forma periódica, de tal manera se garantizó la toma de datos completos para la investigación.

3.2 Análisis estadístico

Las variables son de tipo nominal y cuantitativo; la prueba estadística aplicada fue prueba de *Chi-Cuadrado- análisis independiente*; al considerar que los datos son no paramétricos y no se ajustaron a la curva de normalidad. El análisis estadístico se realizó con el paquete BioEstat 5.0.

3.3 Identificación de peligros ambientales

La primera fase de la evaluación de riesgo ambiental tiene como objetivo la identificación de peligros ambientales generados por la actividad minera y su efecto en el ambiente social, ambiente físico y ambiente biológico. Se realizó según los lineamientos y análisis de actividades de acuerdo a las matrices de riesgo ambiental [5,6].

Igualmente, se diseñaron los instrumentos para identificación y análisis de actividades para la recolección de datos.

Historia del Entorno: Se estableció como población objeto los entables que se encontraban incluidos en la asociación de mineros del municipio de Suarez, en las veredas de Tamboral, Maribeles y Gelima, igualmente se consultó literatura en cuanto a la minería de oro artesanal.

Entrevistas: Mediante las entrevistas de campo se pudo recopilar la información necesaria para ser incluida en el instrumento de diagnóstico y de esta forma identificar los riesgos ambientales por el uso de mercurio en la actividad minera, igualmente socializar el trabajo de investigación que se realizó en la zona.

3.4 Análisis y determinación de escenarios – identificaciones y definición de causas y peligros

Mediante un análisis de la información recopilada por medio de las visitas de campo se logra identificar y definir las causas de los probables peligros que afectan los entornos naturales y ambientales como social, biológico, económico de esta manera se pudo formular el listado que permiten establecer los diferentes escenarios de la estimación de riesgo ambiental; en donde se analizaron los efectos causados por la actividad minera en los tres entornos en cada uno de los entables. [6]

Tabla 7. Fuentes de peligro

AMBIENTE SOCIAL	AMBIENTE BIOLÓGICO	AMBIENTE ECONÓMICO
— Personal/Social	— Humedales	— Disponibilidad de empleo
— Paisaje/Visual	— Ríos	— Turismo
— Riesgos y Ansiedades	— Lagos	— Vías de acceso
— Uso de la tierra	— Tierras agrícolas	— Tipo de transporte
— Valor de la tierra	— Bosque	— Nivel socioeconómico
— Escolaridad	— Vegetación	
— Asentamientos	— Zona arbustiva	

3.5 Evaluación de riesgo ambiental

Para la presente estimación de riesgo se tuvo en cuenta la guía Evaluación de Riesgo Ambiental del año 2010 [1]; donde se propone un modelo estandarizado para la identificación, análisis y estimación de los riesgos ambientales.

3.6 Análisis de riesgo ambiental

Se inició con el análisis de los resultados de la identificación de peligros, en donde se obtuvo el problema central y de mayor impacto negativo, igualmente con cada uno de los peligros se procedió a ingresarlo a la matriz mencionada [1], donde el objetivo fue establecer la prioridad de los criterios a evaluar.

Para calcular la estimación del Riesgo ambiental se aplicó la siguiente fórmula:

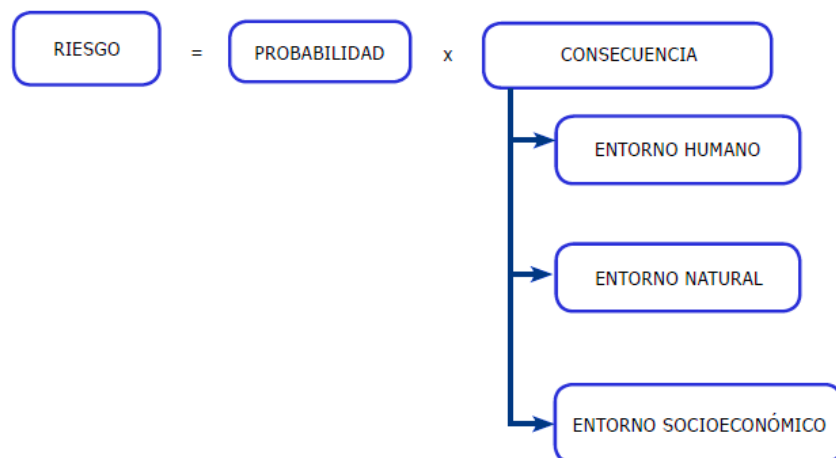


Gráfico 1: Estimación de riesgo ambiental

Fuente. UNE 150008-2008, Evaluación de riesgos ambientales
 Se realizaron las siguientes estimaciones según la guía mencionada anteriormente. [1]

3.7 Estimación de la probabilidad.

Se deberá registrar a cada uno de los escenarios una probabilidad de ocurrencia en función a los valores asignados según la tabla proporcionada. La probabilidad se calcula de acuerdo a los escenarios identificados y dependiendo su ocurrencia se asigna el valor según la tabla:

Tabla 8: Rangos de estimación de probabilidad

VALOR	PROBABILIDAD	
5	Muy probable	< una vez a la semana
4	Altamente probable	> una vez a la semana y < una vez al mes
3	Probable	> una vez al mes y < una vez al año
2	Posible	> una vez al año y < una vez cada 05 años
1	Poco probable	> una vez cada 05 años

Fuente. En base a Norma UNE 150008-2008- Evaluación de riesgos ambientales.

3.8 Estimación de la gravedad de las consecuencias.

Se calculó el valor de las consecuencias en cada uno de los entornos según la ficha. El resultado se obtiene como resultado de la probabilidad por la gravedad de las consecuencias, teniendo en cuenta el entorno a evaluar.

Tabla 9: Formulario de estimación de la gravedad de las consecuencias

Gravedad	Límites del entorno	Vulnerabilidad
Entorno natural	= Cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+ Cantidad de medio
Entorno humano	= Cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+ Población afectada
Entorno socioeconómico	= Cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+ Patrimonio y capital productivo

Fuente. En base a Norma UNE 150008-2008- Evaluación de riesgos ambientales.

Para analizar la gravedad hay que tener en cuenta el entorno como también la vulnerabilidad del mismo.

Cantidad: Probable volumen de sustancia emitida al entorno

Peligrosidad: Propiedad o aptitud intrínseca de la sustancia de causar daño

Extensión: Espacio de influencia del impacto en el entorno

Calidad del Medio: Se considera el impacto y su posible reversibilidad.

Población afectada: Número estimado de personas afectadas.

Patrimonio y capital productivo: Valoración del patrimonio económico y social.[7]

Cada uno de los términos anteriores tiene una valoración, que permitió evaluar el nivel de cada uno de ellos y así ingresarlos en la fórmula para calcular la gravedad de las consecuencias.

3.9 Estimación de riesgo ambiental.

Con los resultados obtenidos de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias estimadas, se pudo obtener una estimación de riesgo ambiental. Para los tres entornos de estudio, (social, biológico y económico) [6]

Tabla 10. Valoración de las consecuencias entorno humano

Cantidad (según ERA) (Tn)			Peligrosidad (Según caracterización)		
4	Muy alta	Mayor a 500	4	Muy peligrosa	Muy inflamable. Muy toxica. Causa efectos irreversibles inmediatos
3	Alta	50 - 500	3	Peligrosa	Explosiva. Inflamable. Corrosiva
2	Muy poca	5 - 49	2	Poco peligrosa	Combustible
1	poca	Menor a 5	1	No peligrosa	Daños leves y reversibles
Extensión (Km)			Población afectada (personas)		
4	Muy extenso	Radio mayor a 1 Km	4	Muy alto	Más de 100
3	Extenso	Radio hasta 1 Km	3	Alto	Entre 50 y 100
2	Poco extenso	Radio menos a 0.5 Km (zona emplazada)	2	Bajo	Entre 5 y 50
1	Puntual	Área afectada (zona delimitada)	1	Muy bajo	< 5 personas

Fuente. En base a Norma UNE 150008-2008- Evaluación de riesgos ambientales.

Tabla 11. Valoración de las consecuencias entorno ecológico

Cantidad (Según ERA) (Tn)			Peligrosidad (Según caracterización)		
4	Muy alta	Mayor a 500	4	Muy Peligrosa	Muy inflamable. Muy toxica. Causa efectos irreversibles inmediatos
3	Alta	50 - 500	3	Peligrosa	Explosiva. Inflamable. Corrosiva
2	Muy poca	5 - 49	2	Poco Peligrosa	Combustible
1	Poca	Menor a 5	1	No peligrosa	Daños leves y reversibles
Extensión (m)			Calidad del medio		
4	Muy extenso	Radio mayor a 1 Km	4	Muy elevada	Daños muy altos: Explotación indiscriminada de RRNN, y existe un nivel de contaminación alto
3	Extenso	Radio hasta 1 Km	3	Elevada	Daños altos: Alto nivel de explotación de RRNN, y existe un nivel de contaminación moderado
2	Poco extenso	Radio menos a 0.5 Km (zona emplazada)	2	Media	Daños moderados: Nivel de moderado de explotación de RRNN, y existe un nivel de contaminación leve
1	Puntual	Área afectada (zona delimitada)	1	Baja	Daños leves: conservación de los RRNN, y no existe contaminación

Fuente. En base a Norma UNE 150008-2008- Evaluación de riesgos ambientales/Manual de Estimación del Riesgo INDECI/ley 28804

Tabla 12. Valoración de las consecuencias entorno socioeconómico

Cantidad		Peligrosidad			
4	Muy alta	Mayor a 500	4	Muy peligrosa	Muy inflamable. Muy toxica. Causa efecto irreversibles inmediatos
3	Alta	50 - 500	3	Peligrosa	Explosiva. Inflamable. Corrosiva
2	Muy poca	5 - 49	2	peligrosa	Combustible
1	Poca	Menor a 5	1	No peligrosa	Daños leves y reversibles
Extensión (m)		Patrimonio y capital productivo			
4	Muy extenso	Radio mayor a 1 Km	4	Muy alto	<i>Letal:</i> Perdida de 100% del cuerpo receptor. Se aplica en los casos en que se prevé la pérdida total del receptor. Sin productividad y nula distribución de recursos <i>Agudo:</i> Perdida del 50% del receptor. Cuando el resultado prevé efecto agudo y en los casos de una pérdida parcial pero intensa del receptor. Escasamente productiva <i>Crónico:</i> Perdida de entre el 10% y 20% del receptor. Los efectos a largo plazo implican perdida de funciones que puede hacerse equivalente a ese rango de pérdida del receptor, también se aplica en los casos de escasas pedidas directas del receptor. Medianamente productiva. Perdida de entre el 1% y 2% del receptor. Esta se puede clasificar los escenarios que producen efectos pero difícilmente medido o evaluados, sobre el receptor. Alta productividad.
3	Extenso	Radio hasta 1 Km	3	Alto	
2	Poco extenso	Radio menos de 0.5 Km (zona emplazada)	2	Bajo	
1	Puntual	Área afectada (zona delimitada)	1	Muy bajo	

Dependiendo la puntuación de la gravedad de la consecuencia se le asigna un valor cualitativo y cuantitativo este último es el que sirve para estimar el nivel de riesgo ambiental [6].

Tabla 13. Valoración de los escenarios identificados

VALOR	VALORACION	VALOR ASIGNADO
Critico	20 - 18	5
Grave	17 - 15	4
Moderado	14 - 11	3
Leve	10 - 8	2
No relevante	7 - 5	1





Fuente. En base a Norma UNE 150008-2008- Evaluación de riesgos ambientales.

Antes de realizar el debido cálculo se hace necesario realizar el análisis de los entornos teniendo en cuenta los más el grado de contaminación; igualmente con los resultados obtenidos de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias estimadas, se obtuvo la estimación del riesgo ambiental para los entornos relacionados.

3.10 Evaluación de riesgo ambiental

Se trabajó con la matriz de escenario que se especifica en la Tabla No. 3 [1]. Con el fin de identificar aquellos riesgos que deben priorizarse y/o eliminarse según lo identificado en la zona.

Tabla 14: Establecimiento del riesgo alto en la escala de evaluación de riesgo ambiental

	Valor Matricial	Equivalencia Porcentual (%)	Promedio (%)	
 Riesgo Significativo :	16 - 25	64 - 100	82	 RIESGO ALTO
 Riesgo Moderado :	6 - 15	24 - 60	42	
 Riesgo Leve :	1 - 5	1 - 20	10,50	

Fuente. En base a Norma UNE 150008-2008- Evaluación de riesgos ambientales.

3.11 Caracterización de riesgo ambiental

Con base en los tres entornos que son (ambiente social, ambiente físico y ambiente biológico), expresados en porcentaje, finalmente la sumatoria y media de los tres entornos, el cual es el resultado final, se concluye como Riesgo Significativo, Moderado o Leve [1-3].

Fórmula 1. Caracterización del riesgo

$$CR = \frac{\%EH + \%EN + \%ES}{3}$$

3.12 Establecimiento de las medidas de control

Las medidas de control para riegos ambientales se guiaron de acuerdo a los resultados obtenidos en la estimación de riesgo ambiental por contaminación de mercurio basándose en las medidas sugeridas por la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales (MINSA), Perú sobre valores máximos permitidos para el ambiente de los que se conocen: eliminación, sustitución, controles de la cantidad de mercurio que se vierte al ambiente en la actividad minera, como también algunas advertencias, en el manejo de Equipos y/o elementos de protección personal.

Además, los resultados del estudio y medidas de control fueron socializados a la comunidad, con el fin de propiciar espacios para la Prevención y mejoramiento de la calidad de vida de los mineros en Suarez – Cauca.

CAPITULO IV: RESULTADO Y ANALISIS

4.1 Generalidades del sitio de estudio



Figura 3. Ruta de recorrido diagnóstico entables.
Fuente. Propia marcada con la aplicación "Mapa coordenada"

Para la identificación de los peligros ambientales seguido de la estimación de riesgo ambiental, se visitaron y se tomó una muestra representativa de 20 entables de un total de 30, que hacen parte de la asociación de mineros de Suarez, los cuales se encuentran ubicados en su mayoría en las veredas de Tamboral, Maribeles, Gelima, Porvenir, igualmente definidos por asociación.

Tabla 15. Georeferenciación de entables mineros

N° ENTABLE	UBICACIÓN GEOGRAFICA	ALTURA m.s.n.m
ASOCIACION	N 2° 57' 15" - W 76° 41' 37"	1050
ENT 1	N 2° 55' 21" – W 76° 43' 25"	1250
ENT 2	N 2° 55' 65" – W 76° 43' 10"	1304
ENT 3	N 2° 55' 70" – W 76° 43' 15"	1290
ENT 4	N 2° 55' 89" – W 76° 43' 17"	1157
ENT 5	N 2° 54' 53" – W 76° 43' 36"	1180
ENT 6	N 2° 54' 52" – W 76° 43' 35"	1170
ENT 7	N 2° 54' 32" – W 76° 43' 39"	-
ENT 8	N 2° 54' 54" – W 76° 43' 33"	1310
ENT 9	N 2° 54' 51" – W 76° 43' 38"	1400
ENT 10	N 2° 56' 50" – W 76° 41' 55"	1086
ENT 11	N 2° 56' 53" – W 76° 41' 54"	1063
ENT 12	N 2° 56' 50" – W 76° 41' 52"	-
ENT 13	N 2° 57' 10" – W 76° 41' 51"	-
ENT 14	N 2° 56' 28" – W 76° 41' 19"	1225
ENT 15	N 2° 56' 27" – W 76° 41' 17"	-
ENT 16	N 2° 56' 21" – W 76° 41' 34"	1334
ENT 17	N 2° 56' 22" – W 76° 41' 13"	

ENT 18	N 2° 57' 36" – W 76° 41' 29"	1068
ENT 19	N 2° 56' 18" – W 76° 41' 20"	-
ENT 20	N 2° 56' 19" – W 76° 41' 25"	-

Se realizaron visitas de campo para la recolección de la información, con una frecuencia de 2 días por mes durante 2 meses, visitas que fueron concertadas con el presidente de la asociación minera; la información fue recolectada mediante un instrumento creado para la investigación lo que permitió el registro de la información básica de los entables.

4.2 Información específica de entables

4.2.1 Tamaño de entables

Teniendo en cuenta los entables mineros visitados, se tomó la decisión de separarlos de acuerdo a el número de barriles de la siguiente manera: entables pequeños (0-9 barriles), entables medianos (10-17 barriles), entables grandes (18-25 barriles), restando dos entables los cuales se han nombrado como (otros) en donde se utiliza cianuro y no aplican en la variable de Tamaño, la mayoría son arrendados por sus dueños para la extracción de oro, en cuanto a la actividad es diaria esto debido a que según lo informado hay varias vetas de extracción de material.

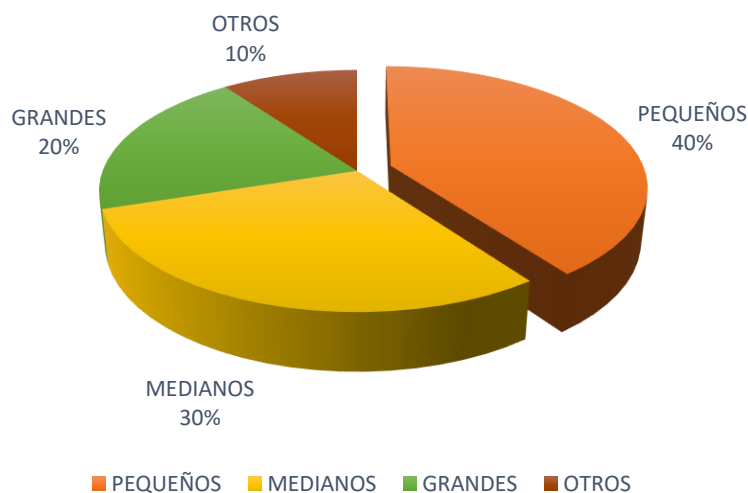


Gráfico 2: Tamaño de entables

Según lo observado en la gráfica 2 la mayoría de los entables estudiados son pequeños con 8 entables, seguido de los medianos con 6 entables que corresponde a un 40% y 30% respectivamente; esto debido a que la mayoría de los entables son artesanales careciendo de tecnificación y acompañamiento técnico.

4.2.2 Determinación de la muestra representativa

La asociación cuenta con un número de 30 entables asociados en las veredas de Tamboral, Maribeles y Gelima veredas donde se visitaron los entables, se tiene que, la probabilidad de error es del 15%, y se determina según la siguiente fórmula:

- h=muestra representativa
- N=población total
- p=probabilidad de error

Fórmula 2. Determinación de la muestra representativa

$$h = N / [p^2(N-1) + 1] = 30 / (0,0225) * (30-1) + 1$$

h= 18 Entables

Como se observa el valor mínimo de la muestra es 18 de entables que se deben estudiara para que dicha muestra y por consiguiente los datos sean representativos; por tal motivo se visitaron 20 entables donde la probabilidad de error es del 15%.

4.2.3 Uso de mercurio en la producción de oro

La producción de oro a pequeña escala es la actividad que actualmente vierte más mercurio al ambiente, y en el municipio de Suarez no es ajeno a esta realidad, según lo observado se evidencia un gran deterioro de recursos como suelo, recursos hídricos a nivel superficial y subterránea. En este caso el mercurio es utilizado en onzas y su cantidad depende de las características del material extraído de la mina.

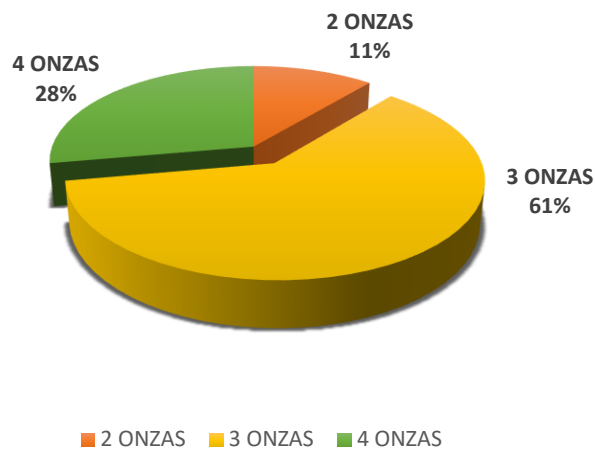


Gráfico 3. Uso de mercurio por volúmenes en entables.

Según la gráfica 3 se observa que el 61% de los entables visitados utilizan un promedio de 3 onzas de mercurio por barril para la extracción de oro dentro de la jornada de trabajo, que puede oscilar entre 2 a 5 días por semana; por lo tanto en promedio en un entable pequeño se maneja un número aproximado de 6 barriles los cuales a cada uno se le adicionan 3 onzas de mercurio para un total de 18 onzas por jornada de trabajo; de igual forma para un entable mediano se maneja un número aproximado de 15 barriles con promedio de 45 onzas utilizadas y para un entable grande el número aproximado de barriles corresponde a 25 con un promedio de 75 onzas; podemos decir que se utilizarían un total de 375 onzas lo que corresponde a 11.088 litros en la semana; lo que indica el peligro que representa para el ambiente y su vertimiento constante.

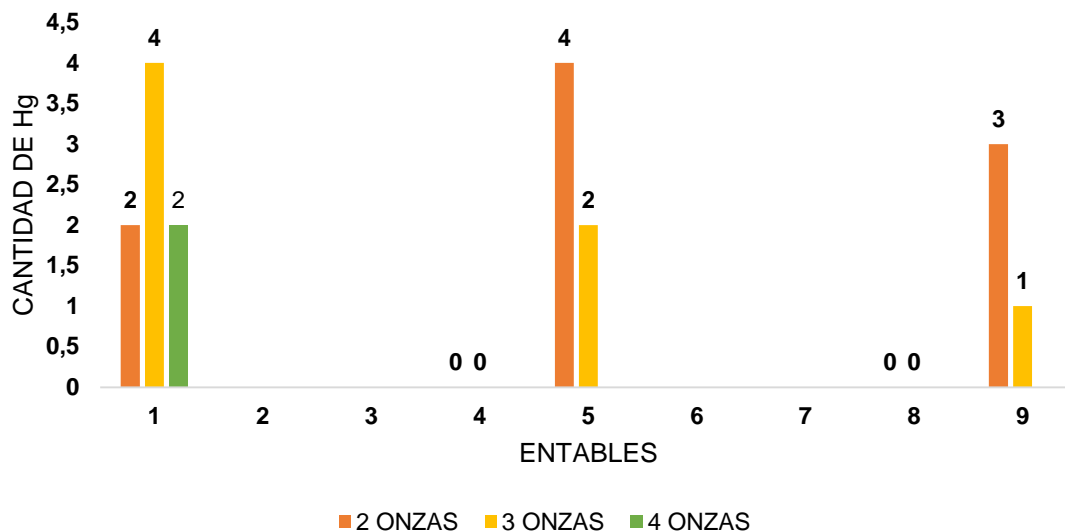


Gráfico 4. Uso de mercurio en entables mineros

Al analizar los entables se puede deducir que su tamaño es indirectamente proporcional a la cantidad de mercurio utilizada puesto que la cantidad que más se utiliza es de 3 onzas con un porcentaje de 50%, 67% y 79% de acuerdo a su tamaño respectivamente; lo que indica que el riesgo por contaminación por mercurio no depende del tamaño del entable. En estudios realizados por Velásquez, C y colaboradores también encontraron que el 42% del mercurio se lixivió en sitios utilizados para la extracción de metales pesados en el Sur de Ecuador, en donde adicionalmente se fortalecieron procesos de recuperación de mercurio residual, lo que llevar a afirmar la gran cantidad de mercurio utilizados en los sitios de extracción de oro [34].

4.3 Identificación de peligros ambientales

Una vez realizado el trabajo de campo por medio de las visitas a los entables se pudieron identificar los peligros ambientales por medio de los siguientes aspectos:

4.3.1 Reseña histórica del sitio: veredas Tamboral, Maribeles, Gelima

Las veredas de Tamboral, Maribeles, Gelima – Municipio de Suarez; se encuentran ubicadas al sur del municipio de Suarez, con una altura promedio de 1.050 m.s.n.m, presenta un clima cálido de 27°C la mayor parte del año; la actividad minera en el

municipio está representada en un 47% de la economía lo que indica que la mayor parte de más comunidades campesinas afro, están dedicadas a la extracción de oro.

Para llegar hasta los entables desde Popayán existe dos vías, la primera se desvía de la panamericana para Morales, Suarez; la segunda se coge por la vía panamericana hasta Santander de Quilichao se desvía hasta llegar a Timba Cauca, seguidamente se llega a Suarez, una vez en el municipio se continua por la vía para el Embalsa la Salvajina a continuación los entables se observan a la orilla [34].

Esta zona cuenta con un afluente de gran importancia: Cuenca del Rio Cauca, del cual se genera energía principalmente y es fuente de alimento para los habitantes de la zona por medio de la pesca y la agricultura en menos porcentaje; además es un sitio turístico gracias al embalse que actualmente no se aprovecha de la mejor manera.

4.3.2 Entrevistas

El presente trabajo de investigación hace parte de una macro proyecto que se ha venido realizando en el último año, en la actividad minera en el municipio del cual en diferentes ocasiones ha sido socializado a las diferentes entidades territoriales que intervienen como lo son Secretaria de salud, ESE I Suarez, asociación de mineros, secretaria de ambiente, CRC y al señor Alcalde entre otros, donde el fin es concientizar a la comunidad con resultados visibles el peligro al que está expuesto el ambiente y la salud humana por uso de mercurio en la actividad minera, proponiendo sistemas alternativos que busquen mejorar sus ingresos de la mano con el ambiente.

Igualmente, se socializó con los propietarios, trabajadores y demás personas involucradas en la actividad de los entables de los proyectos que se realizaron como también los resultados obtenidos y zonas de más alto riesgo por el uso de mercurio, finalmente los cambios a realizar para mejorar la calidad de vida de las personas que realizan esta actividad diaria mente.



Fotografía 11. Socialización, Mina Maribeles
Fuente: propia

4.3.3 Análisis y determinación de Escenarios – Identificación y definición de causas y peligros

Una vez realizadas las visitas a los entables se pudieron observar peligros los cuales están ligados al uso de mercurio, el cual genera riesgos a entornos como: Social, Biológico y económico, para dicha toma de datos se tuvo en cuenta el diagnóstico inicial de la zona de estudio (tabla 13), con el cual se logró identificar las actividades que están generando impactos irreversibles al ambiente para posteriormente definir los escenarios de riesgo. Igualmente se recolectó información acerca de los diferentes procesos que intervienen en la extracción de oro, e identificación de las fuentes de peligro. Una vez obtenido el listado de actividades que se desarrollan en la producción de oro, se procedió a identificar los impactos como también los peligros a los cuales se ven expuestos los recursos naturales. En la tabla 14 se puede observar el análisis de las actividades y su peligro causado.

Tabla 16. Análisis de procesos

PROCESO	CONTAMINANTES AL AMBIENTE	PELIGRO IDENTIFICADO
Extracción de material de la mina	Infiltración de metales pesados, erosión de terreno, estancamientos de agua	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas, desprendimiento de taludes, pérdida de cultivos cercanos
Transporte de piedra hasta entable	Escorrentía de metales orgánicos, inorgánicos y almacenamiento de roca muerta, por lluvias	Contaminación de suelos, aguas superficiales, erosión de material pétreo y pérdida de capa vegetal
Trituración de roca (Machadora)	Emisión de metales volátiles, material particulado, al ambiente	Perdida de capa vegetal, contaminación de fuentes de aguas cercana y aire
Molienda de roca en Barriles	Emisión de metales al aire, material particulado al entable, generación de ruido prolongado	Contaminación de aire y ruido
Adición de mercurio	Derrame de metal al suelo, emisión al ambiente de mercurio.	Contaminación de suelos, aguas superficiales subterráneas y capa vegetal
Lavado de lodo (Marrana)	Generación de lodo, derrame de material con mercurio, generación de estancamientos de agua, emisión al ambiente de mercurio.	contaminación de suelos, fuentes de agua, pérdida de capa vegetal, por acción de escorrentía y lluvias
Recolección de lodos (tanques)	Escorrentía de aguas con mercurio al suelo, estancamientos de agua, emisión al ambiente de mercurio.	Contaminación de suelo, fuentes de agua, pérdida de capa vegetal
Quema de amalgama	Emisión de metal pesado al ambiente.	Contaminación de aire, y viviendas cercanas

Obtenida la tabla anterior se procedió a identificar las causas que generan los peligros y por consiguiente los efectos que se tienen en cuenta en los entornos planteados como también la fuente de peligro.

Tabla 17. Identificación de fuentes de peligro

FACTOR		SOCIAL	BIOLOGICO	ECONOMICO
ANTROPICO	CAUSAS	Aunque la mayoría de los trabajadores encuestados son conocedores del peligro q representa para la salud humana y ambiental el uso de mercurio, no toman las medidas pertinentes para mitigar el impacto como tratamiento a residuos y en salud elementos de protección personal.	A nivel biológico los recursos que se ven más impactados por la extracción de oro es el suelo, agua, flora y fauna, en el cual se observa principalmente un caso omiso a los llamados de sustituir el uso de mercurio teniendo en cuenta el riesgo que representa para la salud ambiental	La actividad principal de la zona es la minería, el cual ha estado en el municipio por largo tiempo, alto costo de vida y poca disponibilidad de alimento
	EFFECTOS	La mayor afectación se observa en los recursos naturales, debido a que los residuos de la actividad minera son vertidos sin ningún tratamiento previo, cual incrementa el riesgo en intoxicación especialmente por consumo de pescado	Deterioro de la calidad de los recursos naturales contaminación de las aguas superficiales y subterráneas , en cuanto al suelo perdida de capa vegetal y desplazamiento de especies	La minería por ser la principal actividad económica, ha causado que la actividad agrícola no sea una prioridad en la zona, por tal motivo no hay disponibilidad de alimento

Una vez identificadas las fuentes de peligro se definen cuales están ligadas al uso de mercurio en la extracción artesanal de oro y su relación con el uso frecuente de insumos químicos.

Tabla 18. Definición fuentes de peligro

TIPOLOGIA DE PELIGRO	CAUSAS FISICOQUIMICAS									
	SUSTANCIAS	TIPO		PELIGROSIDAD						
		MP	R	Mi	Mt	Li	Exp	Inf	Cor	Com
ANTROPICO	MERCURIO	X	X		X				X	
	CIANURO	X	X		X					
NATURAL	EROSION		X			X				
Causas fisicoquímicas (Comprende sustancias por su clasificación) MP: Materia prima, R: Residuo, Mi: Muy inflamable, Mt: Muy toxico, li: Irreversible inmediato, Exp: Explosiva, Inf: Inflamable, Cor: Corrosiva y Com: Combustible										

Fuente Guía ambiental Perú

De acuerdo a las fuentes de peligro identificadas, se tuvo en cuenta la peligrosidad de cada una de las sustancias utilizadas para la extracción de oro como también sus propiedades fisicoquímicas. Como se puede observar las dos sustancias son utilizadas como materia prima (Mp) para la extracción de oro, plata que aflora sin estas sustancias no se puede capturar el oro; por otra parte, gran cantidad queda como residuo (R) de los procesos y son vertidos al suelo y fuentes hídricas sin ningún tipo de tratamiento a pesar de su alto, lo que agrava aún más la problemática además es severamente toxico (Mt) para la vida del hombre y demás seres vivos. De este modo se muestra una vez más el peligro al que están expuestos los diferentes recursos que está involucrados en la actividad minera.

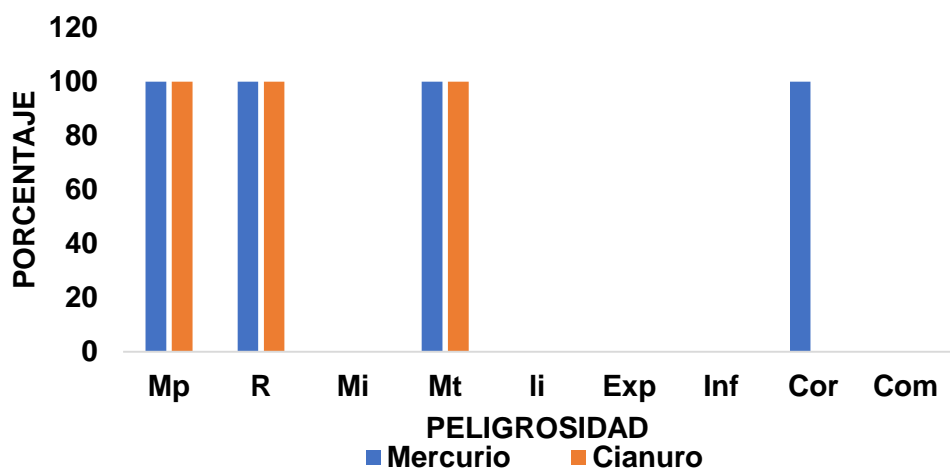


Gráfico 5. Fuentes de peligro

En la gráfica 5 se puede apreciar el nivel de peligrosidad de las dos sustancias utilizadas para la extracción de oro.

Según las propiedades de cada una de las sustancias se muestra nuevamente el deterioro causado a las diferentes especies que interactúan en los ecosistemas como lo son especies silvestres de animales, vegetales y el impacto causado a la calidad del agua y suelo por la liberación de estas sustancias 100% tóxicas para la salud del ambiente. Igualmente se muestra en los estudios realizados por Weiner G, y colaboradores en donde han encontrado variación de paisaje acompañado de un deterioro del entorno ecológico, bioacumulación de mercurio en especies silvestres acuáticas, además el flujo del agua tuvo una amplia influencia en la bioacumulación en los ecosistemas, mientras que los impactos de minería estuvieron relativamente localizados; lo que indica que las especies de peces que se encuentran en el Embalse la Salvajina muy seguramente presentan acumulación de mercurio. [35]

4.3.4 Inventario de procesos

Al realizar el inventario de procesos se tuvieron en cuenta, las diferentes actividades que realizan los trabajadores en los entables mineros para la producción de oro en el municipio de Suárez.

Para describir cada uno de las etapas de extracción de oro, se recolectó la información por medio de instrumentos diseñados con base a la guía de evaluación ambiental, donde se tiene como resultado el proceso de extracción de oro.

Tabla 19. Inventario de procesos

N°	PROCESO	ACTIVIDADES	LABOR	LUGAR
1	Excavación	Excavación	Excavación	Mina
2	Transporte	Transporte	Transporte	Carretera
3	Producción	Preparación y Trituración de roca	Pasar la roca por la machadora	Entable - Casa
			Obtención de arena	Entable - Casa
			Depositar arena a barriles de 3-4 @	Entable - Casa
4	Producción	Generación de lodo	Adicionar mercurio entre 2-3 onzas	Entable - Casa
			Remoler arenas y mercurio por 3 h aprox	Entable - Casa
5	Producción	Relave de lodos	Extraer el lodo de los barriles	Entable - Casa
			Depositar lodos a la marrana	Entable - Casa
			Recoger lodo en recipiente	Entable - Casa
6	Producción	Recolección de oro	Recoger el residuo de arenas en un trapo	Entable - Casa
			Secado de residuo de arena y oro	Entable - Casa
7	Quema	Quema de amalgama	Depositar amalgama en recipiente	Entable - Casa
			Depositar en quemador de alta temp	Entable - Casa

Fuente propia de estudio

Una vez recolectada la información en campo, se observó que la mayoría de los procesos que hacen parte de la extracción de oro se desarrollan en dos espacios principalmente:

4.3.4.1 *Mina:* Al visitar cada uno de los entables se observó que las minas son los lugares de los cuales se extrae la roca directamente de la montaña, el cual previamente se le han hecho estudio para determinar la cantidad de material presente. Es con la ayuda de la pólvora que se detona la roca para después ser extraído manualmente.



Fotografía 12. Mina maribeles



Fotografía 13. Roca para extracción de mineral.

4.3.4.2 *Entable*. La mayor parte de actividades realizadas en la extracción de oro son ejecutadas en los entables, gran número de ellos son cercanos a las viviendas o son viviendas adaptadas para realizar procesos de extracción de oro de forma artesanal; dentro de estos procesos encontramos en su orden : trituración de roca, adición de mercurio (manipulado sin ningún tipo de medida de protección) seguido por la extracción de lodo donde se origina las escorrentías de este material erosionando el suelo y las fuentes de agua aledañas y cultivos a su paso, además también el proceso de quema de amalgama que es una de las principales fuentes de contaminación de aire por la emisión de gases residuales con mercurio que afectan la comunidad.



Fotografía 14. Entable Lavadero



Fotografía 15. Entable Roncal

4.4 Evaluación de riesgo ambiental

Obtenidos los resultados de los peligros ambientales se tabuló la información ver tablas 16 y 17, donde se observan los diferentes escenarios de riesgo con base al peligro o factor identificado, ahí se muestran las causas y consecuencias generadas en los diferentes entornos social, biológico y económico para los 20 entables estudiados (ver anexo 2 matriz de riesgo ambiental), en donde fueron evaluados por medio de la estimación de riesgo de 1 – 5, siendo 1 el valor menor catalogado de como Leve, 3 Moderado, 4 Grave y por último 5 Crítico, de acuerdo a los 8 procesos realizados en la extracción de oro artesanal.

4.4.1 Análisis de riesgos ambientales

Después de analizar los resultados de la identificación de peligros, se procedió a determinar los escenarios de riesgo, que permiten catalogar los criterios de evaluación; la probabilidad es estimada basándose en el tiempo de exposición al mercurio en cada proceso del entable y en cada una de las actividades que se realizan en la extracción de oro; igualmente se calculó la gravedad de las consecuencias aplicando las fórmulas según la guía de evaluación ambiental (MINSa), por otro lado se obtuvo la severidad de los efectos de la exposición a mercurio, finalmente se calculó el riesgo ambiental, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Nivel de Riesgo Ambiental} = \text{Probabilidad} \times \text{Gravedad de la consecuencia}$$

Para el cálculo del nivel de riesgo en cada uno de los escenarios (social, biológico, social), se procedió a separar los 20 entables de acuerdo a su tamaño dado por el número de barriles de la siguiente manera entables pequeños (0-9 barriles), entables medianos (10-17 barriles), entables grandes (18-25 barriles); por lo tanto, se procedió a realizar el cálculo del nivel de riesgo en cada uno de los escenarios.

Los tres escenarios, los entables pequeños, medianos y grandes; fueron evaluados según la guía de evaluación ambiental (MINSa) en cuanto a la probabilidad se procedió a asignar un valor entre 1 y 5, el cual permite medir el nivel de probabilidad de que

ocurra el evento en cada una de los escenarios de acuerdo a los procesos de extracción de oro, seguidamente se calcula la gravedad de la consecuencia de acuerdo a cada escenario; el cálculo se obtuvo teniendo en cuenta factores como cantidad, peligrosidad y extensión.

La cantidad se refiere al probable volumen de sustancia emitida al entorno, teniendo en cuenta la cantidad de mercurio utilizado en los entables independientemente de su tamaño se encontró que un 90% de los entables utiliza cantidades pequeñas la cual está relacionada con la calidad de la roca por ejemplo entre más calidad tenga la roca más mercurio será adicionado, por lo tanto, los valores varían entre 1 y 4.

La peligrosidad se refiere a la capacidad que tiene el mercurio para hacer daño a la salud humana y ambiental; por ende, se clasifican en los valores más altos 3 y 4 según la guía. La extensión hace referencia al espacio de influencia del impacto del entorno, en este caso el impacto causado por los desechos generados por la actividad minera es bastante contaminante y evidente debido a la escorrentía de desechos y erosión del suelo por lo tanto los valores se encuentran entre 1 y 4, según las tablas 9, 10 y 11

A continuación, se mostrarán los diferentes escenarios de riesgo de acuerdo a cada uno de los entornos para los tres tamaños de entables:

Tabla 20. Evaluación del riesgo, entorno social- Entables pequeños

ENTORNO SOCIAL - ENTABLES PEQUEÑOS											
Ei	PROCESO	PROBABILIDAD	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENCION	POBLACION AFECTADA	GRAVEDAD	VALORACION DE GRAVEDAD	ESTIMADOR DE RIESGO	RIESGO	%
E1	Extracción de material de la mina	3	2	3	2	2	12	3	9	Moderado	36
E2	Transporte de piedra hasta entable	3	2	2	1	1	9	2	6	Leve	26
E3	Trituración de roca (Machadora)	3	3	3	2	2	13	3	9	Moderado	38
E4	Molienda de material en Barriles	3	3	3	3	2	14	3	9	Moderado	40
E5	Adición de mercurio	4	3	4	2	3	16	4	16	Grave	52
E6	Lavado de lodo (Marrana)	4	3	4	2	2	15	4	16	Grave	50
E7	Recolección de lodos (tanques)	2	2	3	3	3	13	3	6	Moderado	35
E8	Quema de amalgama	2	2	4	3	3	14	3	6	Moderado	37

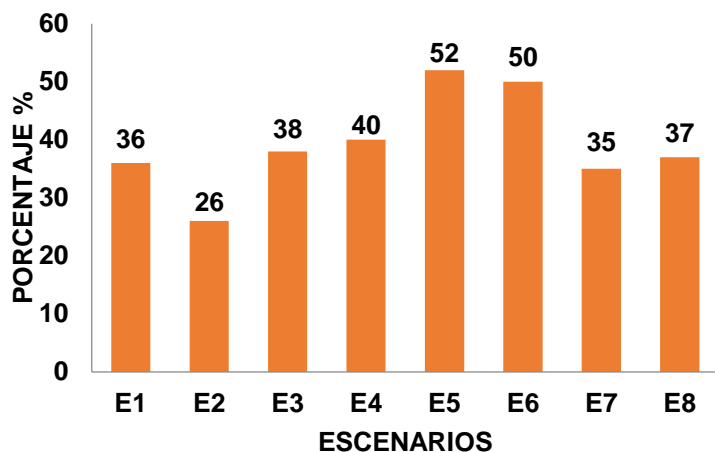


Gráfico 6. Entorno social- Entables pequeños



Fotografía 16. Extracción artesanal

Para el caso del entorno social, el factor diferenciador en este caso es la población afectada, y según lo observado en las visitas existe viviendas cercanas a los entables esto debido a que el uso anteriormente era residencial además teniendo en cuenta la peligrosidad de las sustancias los valores se encuentran entre alto y muy alto (2 y 4) ; por otro lado en el 95% de los entables el número de las familias es de más de una y como en los lugares de trabajo no existen duchas para su aseo personal, estos llevan sus ropas contaminadas a sus hogares bajo medias de protección nulas. Para este caso el escenario E5 (Adición de mercurio) es el que presenta mayor porcentaje del 52% y un riesgo Grave, por lo que es el momento donde se adiciona mercurio puro a los barriles para la afloración de oro.

Según estudios realizados por Renzoni A, y colaboradores en donde se han realizado estudios en los últimos 20 años sobre las cargas emitidas de mercurio por fuentes antropogénicas en las costas de Madeira – Portugal, tales niveles altos de mercurio se encontraron en mariscos los cuales están por encima ($0,5 \mu\text{g} / \text{g}$) según lo recomendado por la OMS, dichos niveles fueron encontrados en poblaciones pesqueras ubicadas 5 km después de los vertimientos; por medio de pruebas de laboratorio como cabello, orina y sangre [33]; lo cual indica que las personas que se viven cerca a los entables muy seguramente están más expuestas a mercurio teniendo en cuenta que las distancias son más pequeñas que del artículo en discusión. [33]

Tabla 21. Evaluación del riesgo, entorno biológico- Entables pequeños

ENTORNO BIOLÓGICO - ENTABLES PEQUEÑOS											
Ei	PROCESO	PROBABILIDAD	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENCION	CALIDAD DE MEDIO	GRAVEDAD	VALORACION DE GRAVEDAD	ESTIMADOR DE RIESGO	RIESGO	%
E1	Extracción de material de la mina	3	2	3	2	3	13	3	9	Moderado	38
E2	Transporte de piedra hasta entable	2	2	2	1	1	8	2	4	Leve	22
E3	Trituración de roca (Machadora)	2	2	3	1	1	9	2	4	Leve	24
E4	Molienda de material en Barriles	2	3	3	2	2	12	3	6	Moderado	33
E5	Adición de mercurio	3	2	4	3	3	15	4	12	Grave	46
E6	Lavado de lodo (Marrana)	3	2	4	3	4	16	4	12	Grave	48
E7	Recolección de lodos (tanques)	2	3	4	3	4	16	4	8	Grave	44
E8	Quema de amalgama	2	2	4	3	3	14	3	6	Moderado	37

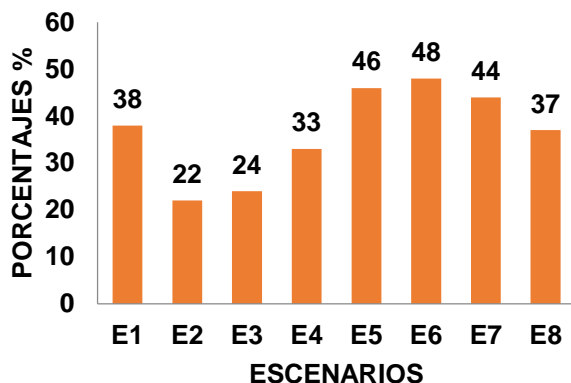


Gráfico 7. Entorno biológico- Entables pequeños

Fotografía 17. Acumulación de lodos

Para el entorno biológico, el factor diferenciante se tiene la calidad del medio ambiente, en donde se evalúa el riesgo que se presenta el uso de sustancias en este caso mercurio teniendo en cuenta su peligrosidad, en este caso el mayor escenario de riesgo E6 (Lavado de lodo) con un porcentaje de 48% Grave con un valor entre 3 y 4, debido a que los daños causados a los recursos naturales especialmente a fuentes y calidad de agua además del uso de suelo son irreversibles, debido a que es en este proceso en donde se produce la escorrentía de lodos mezclados con mercurio y en el 98% de los entables visitados no se observa ningún tratamiento.

En cuanto al nivel de riesgo menor se tiene el escenario E2 (transporte de material), con un porcentaje del 22% de riesgo Leve, debido a que el transporte de material no se adiciona ninguna sustancia que represente un riesgo para el ambiente solo se lleva la piedra como se extrae de la mina. Igualmente, en la investigación realizada por Suchanek T, y colaboradores en donde se pudo determinar que el mercurio toma tres formas una vez es emitido al medio ambiente como metil-Hg (MeHg), HgO y Hg₂, las tres formas contaminan negativamente el medio y representan un riesgo para la salud humana, al ser vertido por medio de desechos al suelo estos son capturados por vegetales que se cultivan en la zona y bioacumulan dentro de las redes alimentarias, por lo tanto se han propuesto métodos para eliminar Hg del suelo y del sistema acuático por medio de la fitorremediación, ya que esta técnica proporciona una alternativa económica y fácil de implementar y amigable con el medio ambiente [36], lo que se convierte en una alternativa para implementar los entables visitados con el ánimo de disminuir la contaminación de las fuentes de agua y suelo cercanas a los entables.[36].

Tabla 22. Evaluación del riesgo, entorno económico- Entables pequeños

ENTORNO ECONOMICO - ENTABLES PEQUEÑOS											
Ei	PROCESO	PROBABILIDAD	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENCION	PATRIMONIO Y CAPITAL DE TRABAJO	GRAVEDAD	VALORACION DE GRAVEDAD	ESTIMADOR DE RIESGO	RIESGO	%
E1	Extracción de material de la mina	2	3	3	2	2	12	3	6	Moderado	33
E2	Transporte de piedra hasta entable	1	2	3	1	2	9	2	2	Leve	22
E3	Trituración de roca (Machadora)	2	2	3	2	2	11	3	6	Moderado	31
E4	Molienda de material en Barriles	3	3	3	2	3	14	3	9	Moderado	40
E5	Adición de mercurio	3	3	4	3	4	17	4	12	Grave	50
E6	Lavado de lodo (Marrana)	2	3	3	2	3	13	3	6	Moderado	35
E7	Recolección de lodos (tanques)	2	2	4	3	3	14	3	6	Moderado	37
E8	Quema de amalgama	2	2	4	3	3	14	3	6	Moderado	37

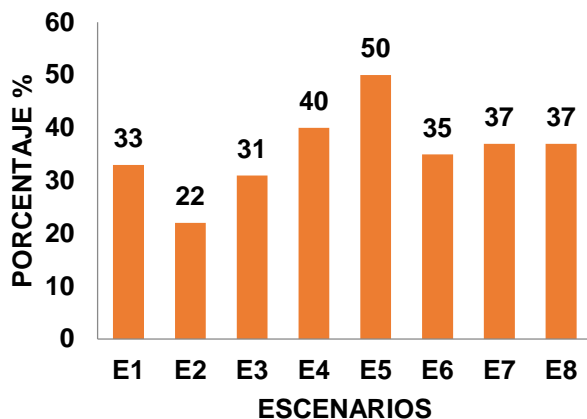


Gráfico 8. Entorno económico- Entables pequeños

Fotografía 18. Vivienda aledaña a entable

Para el caso del entorno social el factor diferencial se refiere a Patrimonio y Capital Productivo, en donde se evalúa el riesgo al que está sometida por la extracción de oro en los entables identificados, en donde se encontró que el escenario que más pone en riesgo dicho factor es E5 (adición de mercurio), con un porcentaje del 50% y riesgo Grave con valores entre 3 y 4, esto según lo argumentado por trabajadores de los entables en donde expresan lo difícil que es para ellos conseguir y transporta el mercurio debido a que se acerca su prohibición ya no se consigue en la zona y debe ser traído de ciudades como Medellín y Cali a precios muy altos según la cantidad por ejemplo: una pipeta de 36 kg cuestan 16 millones; igualmente afecta el paisaje que está dentro del patrimonio teniendo en cuenta el potencial turístico de la zona, al riesgo más bajo se tiene (transporte de material), con un porcentaje del 22%, debido a que con el transporte de materiales no pone en riesgo recursos naturales.

De acuerdo a lo anterior es evidente la pérdida de mercurio en los procesos de extracción de oro, especialmente por el alto costo y su transporte, caso que se ve reflejado en el estudio realizado por García M y colaboradores, que entre los años 2010 a 2013, se evaluaron las emisiones de mercurio vertidos al ambiente por diferente medio en donde encontraron que más del 50% de la sustancia no es recuperada y llega al ambiente alterando su estado normal y dejando a las poblaciones cercanas en riesgo

de intoxicación, por lo tanto entre diferentes organizaciones como la Universidad de Antioquia y la University de Culumbia Británica, se unieron para iniciar el proyecto Colombia Mercury con el fin de eliminar las pérdidas de mercurio por medio de técnicas de sedimentación, carbono activado y métodos limpios de minería artesanal generando 39 plantas de procesamiento sin mercurio lo que con llevo a reducir en un 63% y una cantidad entre 46 – 70 toneladas por lo tanto menos mercurio en el ambiente [39], según lo anterior se deja un precedente que las acciones no están por fuera del alcance de las actuales entidades solo se hace necesario el compromiso para acompañar a estas comunidades para hacer la transición y eliminar el uso de mercurio. [39]

Tabla 23. Evaluación del riesgo, entorno social- Entables medianos

ENTORNO SOCIAL - ENTABLES MEDIANOS											
Ei	PROCESO	PROBABILIDAD	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENCION	POBLACION AFECTADA	GRAVEDAD	VALORACION DE GRAVEDAD	ESTIMADOR DE RIESGO	RIESGO	%
E1	Extracción de material de la mina	2	3	3	3	2	13	3	6	Moderado	35
E2	Transporte de piedra hasta entable	1	2	2	1	2	8	2	2	Leve	20
E3	Trituración de roca (Machadora)	3	3	3	2	2	13	3	9	Moderado	38
E4	Molienda de material en Barriles	3	3	4	3	3	16	4	12	Grave	48
E5	Adición de mercurio	3	2	4	3	4	16	4	12	Grave	48
E6	Lavado de lodo (Marrana)	2	2	4	2	3	13	3	6	Moderado	35
E7	Recolección de lodos (tanques)	1	3	4	3	3	14	3	3	Moderado	34
E8	Quema de amalgama	2	3	4	3	2	15	4	8	Grave	42

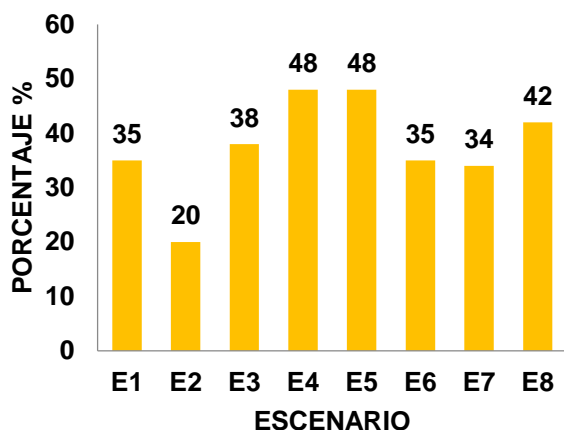


Gráfico 9. Entorno social- Entables medianos

Fotografía 19. Vivienda interior entable

Para el caso de los entables medianos estamos hablando de los que tienen 10 y 17 barriles, el cual fueron evaluados empezando por el entorno social siendo el factor principal la población afectada, donde se presenta un mayor impacto debido a que el número de trabajadores aumenta hasta 10 personas por entable, por lo tanto son más las familias que se ven expuestas a la contaminación por mercurio además se observan un mayor porcentaje de viviendas cerca a estos entables lo que aumenta el riesgo de inhalación de mercurio debido a que uno de los entables realiza el proceso de quema de amalgama, por lo tanto los escenarios con un mayor porcentaje de riesgo son E4 (molienda de material), E5 (adición de mercurio) con un porcentaje los dos de 48%, con riesgo catalogado como Grave ubicados entre 3 y 4 según la escala; el porcentaje más bajo es de 20% con un nivel de riesgo Leve para el escenario E2 (transporte de material), debido a que no representa un riesgo para el ambiente ni la salud humana.

Teniendo en cuenta que la actividad minera en el municipio de Suarez es la principal actividad económica, además de los precedentes de contaminación encontrados; se hace necesario la sensibilización por medio de capacitaciones; así como lo reportado por Veiga M y colaboradores, en donde se reportaron capacitaciones a cerca de 46 pequeños mineros peruanos, 50 colombianos, y 115 ecuatorianos, los cuales suman

una población cercana a los 10.000 mineros artesanales involucrados entre (2010 – 2013), en métodos para reducir y eliminar el mercurio aumentando la recuperación de oro por concentración de gravedad, flotación, cianuración como también operaciones unitarias, donde se dieron cuenta que sus actuales procesos no eran buenos para sus bolsillos, por lo tanto se generaron plantas piloto, dando como resultado una recuperación de mercurio cercada al 50% de lo registrado en el 2010, por otra parte el oro producido es de una mayor pureza incrementado su costo [38], debido a los niveles de riesgo registrado en los entables estudiados se hace necesario vincular a entidades como academia, corporación ambiental y territoriales ha no solo estigmatizar la actividad sino proponer soluciones a mediano y corto plazo para reducir el riesgo de contaminación del ambiente y la salud humana [38].

Tabla 24. Evaluación del riesgo, entorno biológicos- Entables medianos

ENTORNO BIOLÓGICO - ENTABLES MEDIANOS											
Ei	PROCESO	PROBABILIDAD	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENCION	CALIDAD DE MEDIO	GRAVEDAD	VALORACION DE GRAVEDAD	ESTIMADO R DE RIESGO	RIESGO	%
E 1	Extracción de material de la mina	2	3	4	3	3	15	4	8	Grave	42
E 2	Transporte de piedra hasta entable	1	2	3	2	2	10	2	2	Leve	24
E 3	Trituración de roca (Machadora)	3	3	3	2	2	13	3	9	Moderado	38
E 4	Molienda de material en Barriles	3	2	4	3	3	15	4	12	Grave	46
E 5	Adición de mercurio	3	2	4	3	4	16	4	12	Grave	48
E 6	Lavado de lodo (Marrana)	4	3	4	2	4	17	4	16	Grave	54
E 7	Recolección de lodos (tanques)	3	3	4	3	4	17	4	12	Grave	50
E 8	Quema de amalgama	2	3	4	2	4	15	4	8	Grave	42

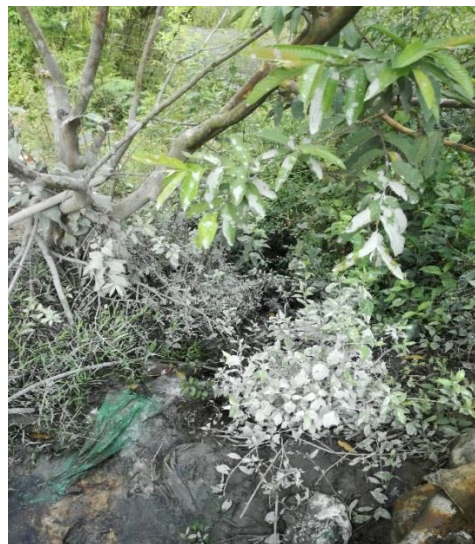
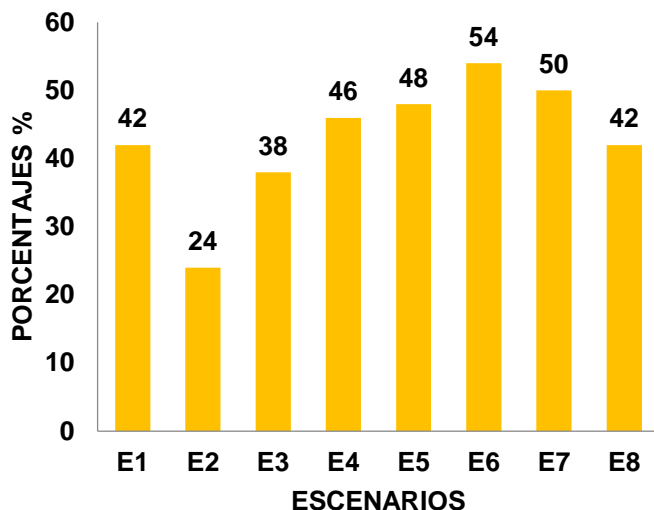


Gráfico 10. Entorno biológico- Entables medianos

Fotografía 20. Afectación a la flora por lodos de minería

Para el entorno biológico el factor diferenciador se tiene la calidad del medio, en el cual se determina el nivel de riesgo al cual están expuestos los recursos naturales que intervienen en la extracción de oro, teniendo en cuenta que esta actividad requiere gasto de una gran cantidad de agua especialmente para el relave de lodos, en donde se observa su impacto negativo a las fuentes de agua y suelo debido a la escorrentía de lodos contaminados de mercurio, según la evaluación realizada el escenario E6 (lavado de lodo) es el que presenta un mayor porcentaje con un 54% y un riesgo Grave, mostrando la necesidad de la implementación de un sistema de tratamiento para los residuos que en la mayoría de los casos contiene oro en gran cantidad con respecto al material extraído de la mina. Para el porcentaje menor de 24% se encuentra en el escenario E2 (transporte de materiales), debido a que hasta el momento no se ha adicionado ninguna sustancia no representa un riesgo significativo para el ambiente y su entorno, debido a que las minas quedan relativamente cercanas.

A nivel mundial la extracción de oro es preocupante por los altos niveles de vertimiento de mercurio al ambiente lo que ha generado la necesidad de implementar procesos

alternativos, y en Colombia se registran grandes avances en Antioquia según lo registra Cordy P, debido a que en los años 2012 – 2014, se evitó el uso y liberación de cerca de 70 toneladas de mercurio por métodos como asistencia técnica, captura de vapor de mercurio, fitorremediación y demás tecnologías limpias debido a que en los diferentes residuos es donde se encuentra la mayor concentración de mercurio, una vez puesto en marcha los diferentes sistemas las concentraciones de vapor de mercurio disminuyeron en un 50% , a pesar de que se registró un aumento del 30% en la producción de oro [40]; por lo anterior se muestran que cualquiera de los métodos que existen para recuperar el mercurio residual proporcionan modelos a seguir por municipios como Suarez – Cauca, en donde la contaminación muy pronto llegara a la población urbana teniendo la cercanía de entables que realizan quema de amalgama. [40].

Tabla 25. Evaluación del riesgo, entorno económico- Entables medianos

ENTORNO ECONOMICO - ENTABLES MEDIANOS											
Ei	PROCESO	PROBABILIDAD	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENCION	PATRIMONIO	GRAVEDAD	VALORACION DE GRAVEDAD	ESTIMADOR DE RIESGO	RIESGO	%
E1	Extracción de material de la mina	3	2	4	3	2	14	3	9	Moderado	40
E2	Transporte de piedra hasta entable	3	2	3	1	1	10	2	6	Leve	28
E3	Trituración de roca (Machadora)	2	3	3	1	2	11	3	6	Moderado	31
E4	Molienda de material en Barriles	3	3	4	2	2	14	3	9	Moderado	40
E5	Adición de mercurio	2	3	4	3	3	15	4	8	Grave	42
E6	Lavado de lodo (Marrana)	3	2	4	3	3	15	4	12	Grave	46
E7	Recolección de lodos (tanques)	1	3	4	3	3	14	3	3	Moderado	34
E8	Quema de amalgama	2	4	4	3	2	15	4	8	Grave	42

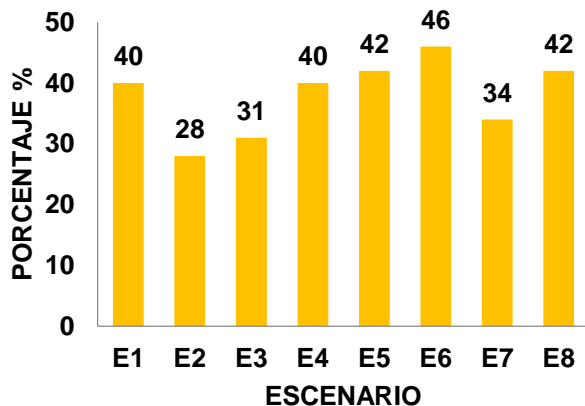


Gráfico 11. Entorno económico- Entables medianos



Fotografía 21. Equipos de extracción artesanal en entable

En el caso del entorno económico se tiene factor diferenciador patrimonio y capital de trabajo, el cual se refiere con lo que cuentan los entables un 90% de los entables visitados su construcción es artesanal donde lo único indispensable son los equipos necesarios para la extracción de oro, sin importar los espacios naturales propios del entorno y el gran potencial turístico de la zona por el embalse la Salvajina; el mayor porcentaje se encuentra en el escenario E6 (lavado de lodo) con un 46% y un riesgo Grave, debido a que con el paso del tiempo el paisaje se deteriora por la falta de sistemas de tratamiento para los desechos propios de la actividad; igualmente el menor porcentaje es para el escenario E2, del 28% con un riesgo Leve, por lo que no representa un riesgo para el patrimonio de la zona ni el entable.

Una vez observada la zona de estudio se evidencia su fuerte potencial económico para generar recursos por medio de otras actividades entre ellas la pesca, el cual se encuentra en riesgo desde aproximadamente 8 años en adelante que fue cuando se empezó a utilizar mercurio en esta zona según lo expresan habitantes del municipio, son los peces los que muy seguramente se encuentran contaminados como lo encontrado en los estudios realizados en la amazonia peruana por Moreno M y colaboradores, en donde inicialmente se analizaron muestras de materia suspendida, sedimentos de la orilla de ríos como el Tambopata y en peces de la especie (piscívoros); registrando variaciones considerables especialmente en peces en un 5% de las recomendaciones dadas por la OMS para el consumo humano (500ng g-1), otro

dato importante en cuanto a los sedimentos de los ríos, es que una vez evaluados no exhiben acumulación de Hg, lo que indica que el mercurio se liberado por escorrentía se retiene en el sitio de derrame o se transporta a áreas más alejas de las minas aguas abajo [50]. Para nuestro caso de estudio de presentarse acumulación de mercurio en peces representaría un riesgo crítico para los habitantes del municipio puesto que el embalse es la fuente de alimento de la mayoría de pobladores, y en cuanto al transporte de mercurio aguas abajo aún más riesgoso puesto que se del rio Cauca se toma el agua para el acueducto para ciudades como Cali, y demás centros poblados del norte del Cauca y sur del Valle.

Tabla 26. Evaluación del riesgo, entorno social- Entables grandes

ENTORNO SOCIAL - ENTABLES GRANDES											
Ei	PROCESO	PROBABILIDAD	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENCION	POBLACION AFECTADA	GRAVEDAD	VALORACION DE GRAVEDAD	ESTIMADOR DE RIESGO	RIESGO	%
E1	Extracción de material de la mina	2	3	3	3	3	14	3	6	Moderado	37
E2	Transporte de piedra hasta entable	2	2	4	2	2	12	3	9	Moderado	33
E3	Trituración de roca (Machadora)	2	3	4	3	3	15	4	8	Grave	42
E4	Molienda de material en Barriles	3	2	4	2	2	13	3	9	Moderado	38
E5	Adición de mercurio	2	3	4	2	3	14	3	6	Moderado	37
E6	Lavado de lodo (Marrana)	3	2	3	2	2	12	3	6	Moderado	36
E7	Recolección de lodos (tanques)	1	3	4	3	3	14	3	3	Moderado	34
E8	Quema de amalgama	4	3	4	3	3	17	4	16	Grave	54

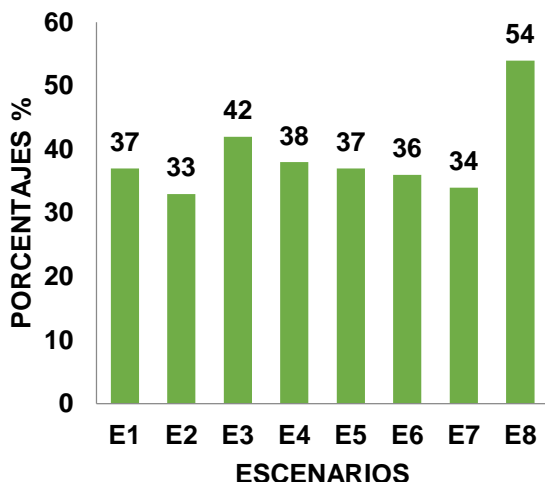


Gráfico 12. Entorno social- Entables grandes



Fotografía 22. Quemadora de amalgama

Al momento de evaluar los entables grandes se tuvo en cuenta especialmente el E8 (quema de amalgama), debido a que un 80% de ellos se realiza la quema de amalgama directamente en el entable, lo que indica que el riesgo por contaminación por mercurio se incrementa tanto para el ambiente como para la salud de las personas que intervienen en los procesos, como para las personas asentadas cerca los entables; para el entorno social el factor más importante es la población afectada, debido a que el número de trabajadores se aumenta además según lo observado la quema se realiza a cielo abierto sin ningún tipo de protección y cerca de las casas, por este motivo el E8 con un porcentaje del 54% es el que representa un riesgo grave para la población involucrada, el E2 representa un riesgo moderado con un porcentaje del 33%, debido a que la cantidad de material transportado no presenta riesgo para población aledaña.

Una vez evaluados los entables más grandes los cuales corresponden a un porcentaje del 20% del total visitados se hace necesarios tomar correctivos, puesto que dos de los presentes entables que realizan la quema de amalgama se encuentran ubicados en la zona urbana, como lo muestra Tornero V, y colaboradores en el estudio realizados a raíz de las contaminantes vertidos por fuentes antrópicas al medio en donde la mayoría de las sustancias se movilizan especialmente en el aire convirtiéndose en fuente de contaminación potencial para poblaciones enteras que no están involucradas en los

procesos mineros [49], por lo que el objetivo principal es informar sobre los estados actuales de los conocimientos con respecto de los niveles presentes, acompañado de un monitoreo y detección de puntos críticos, para determinar así las medidas correctivas [49].

Tabla 27. Evaluación del riesgo, entorno biológico- Entables grandes

ENTORNO BIOLÓGICO - ENTABLES GRANDES											
Ei	PROCESO	PROBABILIDAD	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENCION	CALIDAD DE MEDIO	GRAVEDAD	VALORACION DE GRAVEDAD	ESTIMADOR DE RIESGO	RIESGO	%
E1	Extracción de material de la mina	3	4	3	3	4	17	5	15	Grave	54
E2	Transporte de piedra hasta entable	2	3	3	2	3	13	3	6	Moderado	35
E3	Trituración de roca (Machadora)	2	3	4	2	3	14	3	6	Moderado	37
E4	Molienda de material en Barriles	3	2	4	3	2	14	3	9	Moderado	40
E5	Adición de mercurio	3	3	4	2	3	15	4	12	Grave	46
E6	Lavado de lodo (Marrana)	3	2	4	3	3	15	4	12	Grave	46
E7	Recolección de lodos (tanques)	2	4	4	4	4	18	5	10	Critico	51
E8	Quema de amalgama	3	3	4	4	4	18	5	15	Critico	56

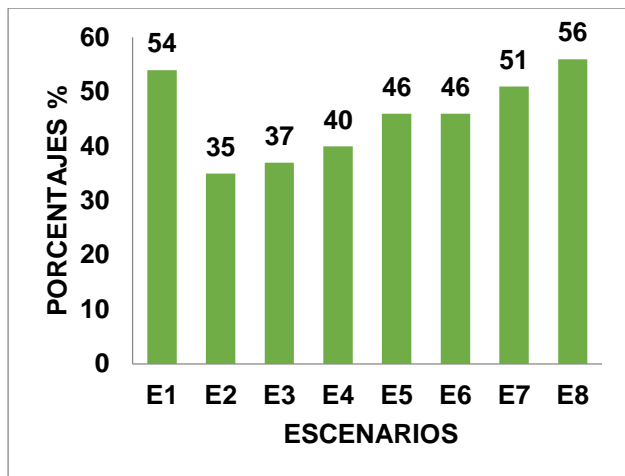


Gráfico 13. Entorno biológico- Entables grandes

Fotografía 23. Erosión de suelo por sedimentos de minería

Para el entorno biológico el factor de evaluación es la calidad del medio, en este caso se ve afectada especialmente por la quema de amalgama seguido por la recolección de lodos teniendo en cuenta que los entables grandes se caracterizan por estar en funcionamiento la mayor parte del día, lo que indica que la producción de residuos es mayor y por ende la contaminación de los recursos se incrementa; el E8 (quema de amalgama) representa un riesgo Critico para el ambiente con un porcentaje del 56%, mostrando una de más actividades más peligrosas para el ambiente y la salud humana, el E2 presenta riesgo moderado con un porcentaje del 35% para el medio teniendo en cuenta que hasta el momento se transporta sin ninguna adición de sustancias.

En cuanto a los recursos que registran un mayor porcentaje de riesgo se tiene fuentes de agua y suelo, especialmente por escorrentía de lodos contaminados altas concentraciones de mercurio; en el 100% de los entables visitados estos no presentan sistemas de tratamiento por lo tanto se requiere de la implementación de tratamiento como el realizado por Muibat O, y colaboradores, en donde se comienza por identificar a las actividades mineras como la responsable de generar grandes cantidades de desechos cargados de mercurio y demás metales pesados, las concentraciones superiores a los niveles permitidos causan efectos nocivos sobre la salud humana y la

biota; por lo tanto se analizaron especies de bacterias como (*Thiobacillus ferroxidans* y *Thiobacillus thiooxidans*), capaces de soportar altas concentraciones de metales pesados, las cuales se encuentran en el ambiente como producto de mecanismos bioquímicos en procesos conocidos como biorremediación [41]; por lo tanto se convierte en una salida para tratar y limpiar , los entornos que se encuentran contaminados por metales pesados para el caso mercurio como fuentes de agua superficial.

Tabla 28. Evaluación del riesgo, entorno económico- Entables grandes

ENTORNO ECONOMICO - ENTABLES GRANDES											
Ei	PROCESO	PROBABILIDAD	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENCION	PATRIMONIO	GRAVEDAD	VALORACION DE GRAVEDAD	ESTIMADOR DE RIESGO	RIESGO	%
E1	Extracción de material de la mina	2	3	3	2	2	12	3	6	Moderado	33
E2	Transporte de piedra hasta entable	2	2	3	2	3	12	3	6	Moderado	33
E3	Trituración de roca (Machadora)	2	3	3	2	2	12	3	6	Moderado	33
E4	Molienda de material en Barriles	3	3	2	3	2	13	3	9	Moderado	38
E5	Adición de mercurio	3	3	4	3	3	16	4	12	Grave	48
E6	Lavado de lodo (Marrana)	3	3	4	2	2	14	3	9	Moderado	40
E7	Recolección de lodos (tanques)	1	3	4	3	3	14	3	3	Moderado	34
E8	Quema de amalgama	3	2	4	3	3	15	4	12	Grave	46

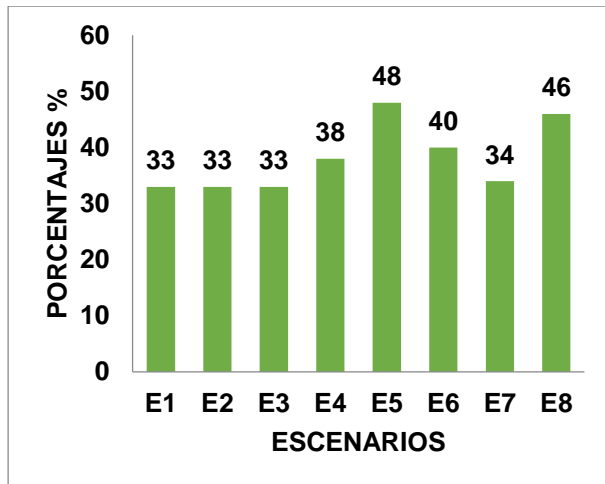


Gráfico 14. Entorno económico- Entables grandes



Fotografía 24. Riveras de los ríos erosionadas por lodos de minería

En el caso del entorno económico se tiene factor diferenciador patrimonio y capital de trabajo, el cual se refiere con lo que cuentan los entables un 90% de los entables visitados su construcción es artesanal donde lo único indispensable son los equipos necesarios para la extracción de oro, sin importar los espacios naturales propios del entorno y el gran potencial turístico de la zona por el embalse la Salvajina; el mayor porcentaje se encuentra en el escenario E5 (adición de mercurio) con un 48% y un riesgo Grave, debido a que con el paso del tiempo el paisaje se deteriora por la falta de sistemas de tratamiento para los desechos propios de la actividad; igualmente el menor porcentaje es para el escenario E2, del 33% con un riesgo Leve, por lo que no representa un riesgo para el patrimonio de la zona ni el entable.

Una vez realizada la estimación de riesgo a los diferentes entornos se observa que a medida que los entables van creciendo en cuanto a su tamaño, el cual hace referencia al número de barriles y a su vez en su funcionamiento en el día, se encuentra que los niveles de riesgo van en aumento pasando de un riesgo Grave a Crítico, especialmente en los escenarios E6, E7, E8, debido a que las actividades se incrementan y por ende los lodos generados, la escorrentía de agua con mercurio es diario igualmente para adición de mercurio en donde su manipulación es realizada sin ningún tipo de elementos de protección personal.

En cuanto al escenario E quema de amalgama es el más riesgoso para los tres entornos en los diferentes tamaños con porcentajes entre 40% y 56% con riesgo Crítico, esto debido a que estas quemadas son realizadas sin ningún tipo de control ni medidas de protección personal, una variable que incrementa el riesgo de que unas mayores personas se vean afectadas es por la cercanía de las viviendas a los entables, además en todos los escenarios los trabajadores llegan a sus casas con la misma ropa con la que trabajaron todo el día incrementado el riesgo por contaminación de mercurio.

Para el entorno biológico en los tres tamaños se muestran los escenarios E6, E7, se tiene porcentajes entre 35% y 54% de riesgo Grave como Crítico para el ambiente debido a que son los residuos producto de la actividad los que están poniendo en riesgo los recursos naturales, por infiltración de contaminantes, turbiedad de las fuentes de agua superficial, escorrentía, pérdida de capa vegetal, erosión de suelo, migración de especies por alto ruido principalmente, el cual está relacionado con la falta de tratamiento para los desechos, aguas residuales industriales y lodos, por lo cual se hace necesarios la implementación de sistemas de tratamiento en los diferentes escenarios los cuales a simple vista se puede decir que se pueden reutilizar en el área de la construcción y vías; generando así un aprovechamiento de recursos y un valor adicional, a la extracción de oro.

Una vez obtenidos los resultados de los tres entornos se procede a pasar la información a las tablas 13, 14, en donde de acuerdo al valor de la probabilidad y a la gravedad de la consecuencia donde los valores se encuentran entre 1 y 5, el cual nos va a dar como resultado los escenarios que requieren de un mayor control en este caso de la asociación de mineros, con el fin de mitigar y reducir el impacto mientras que se sustituye el uso de mercurio en la zona.

4.4.2 Estimador del riesgo ambiental

4.4.2.1 Estimador del riesgo ambiental en Entables pequeños

Tabla 29. Estimador entorno social- entable pequeño

		GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD D	1					
	2			E7, E8		
	3		E2	E1, E3, E4		
	4				E5, E6	
	5					

Tabla 30. Estimador entorno biológico - entable pequeño

		GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2		E2, E3	E4, E8	E7	
	3			E1	E5, E6	
	4					
	5					

Tabla 31. Estimador entorno económico - entable pequeño

		GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1		E2			
	2			E1, E3, E6, E7, E8		
	3			E4	E5	
	4					
	5					

Al observar la evaluación de riesgo ambiental para los entables de tamaño pequeño, donde se relacionan la probabilidad y gravedad de la consecuencia una vez ubicados los escenarios el 90% se encuentran en riesgo moderado, lo que quiere decir que el riesgo no es suficientemente grave para ser catalogado como significativo; sin embargo, se deben tomar las medidas correctivas con el fin de evitar que se sigan incrementado y buscar su reducción, puesto que su porcentaje es del 52% ver tabla 30. En cuanto al entorno social en los escenarios E5, E6 se presenta un riesgo significativo, debido a que son en las dos actividades en donde se tiene contacto directo con el mercurio sin ningún tipo de protección personal, igualmente para los recursos naturales los residuos son vertidos directamente al suelo y fuentes de agua superficial. Según el estudio realizado en la Amazonia Brasileña, se muestra como las fuentes de agua más cercanas a las extracciones de oro artesanal son contaminadas con mercurio debido a que los muestreos en la zona superan los recomendados por la OMS (Hg 0,5 µg / g), peces y mineros que viven cerca como también lejos de los entables [37].

4.4.2.2 Estimador del riesgo ambiental en Entables medianos

Tabla 32. Estimador entorno social- entables medianos

		GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1		E2	E7		
	2			E1, E6	E8	
	3			E3	E4, E5	
	4					
	5					

Tabla 33. Estimador entorno biológico - entables medianos

		GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1		E2			
	2				E1, E8	
	3			E3	E4, E5, E7	
	4				E6	
	5					

Tabla 34. Estimador entorno económico - entables medianos

		GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1			E7		
	2			E3	E5, E8	
	3		E2	E1, E4	E6	
	4					
	5					

Al revisar la evaluación de riesgo ambiental para los entables catalogados como medianos se evidencia un notable incremento en el entorno biológico, debido que está directamente relacionado con el funcionamiento en el día del entable de acuerdo al disponibilidad de material de mina, de esta manera se tiene el escenario E6 con un porcentaje del 54% de riesgo para el ambiente significativo teniendo en cuenta que es en este proceso en donde los residuos de lodo contaminado con mercurio es vertido a tanques que en la mayoría están colapsados por la cantidad de material que se produce diariamente representando un riesgo significativo para los recursos como agua superficial y el suelo ver tabla 33. El 90% de los escenarios en los entornos se encuentran ubicados en riesgo moderado, por lo tanto, no se convierte en un riesgo alto para el ambiente, lo que no quiere decir que no se deben tomar las medidas correctivas para su reducción o eliminación; por lo anterior se hace necesario la implementación de sistemas de tratamiento para los lodos los cuales contienen grandes cantidades de

mercurio residual, como es el caso del estudio realizado en USA, a los procesos naturales realizados por bacterias llamado Biorremediación, el cual consiste eliminación de metales pesados por mecanismos bioquímicos, fisiológicos el cual se adaptan los medios para crear un efecto natural, en donde los organismos logren remover la mayor cantidad de contaminantes presentes en el medio [41], convirtiendo así en una tecnología apropiada para aplicar en los entables objeto de estudio.

4.4.2.3 Estimador del riesgo ambiental en Entables grandes

Tabla 35. Estimador entorno social - entables grandes

		GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1			E7		
	2			E1, E2, E5	E3	
	3			E4, E6		
	4				E8	
	5					

Tabla 36. Estimador entorno biológico - entables grandes

		GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2			E2, E3		E7
	3			E4	E5, E6	E1, E8
	4					
	5					

Tabla 37. Estimador entorno económico - entables grandes

		GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1			E7		
	2			E1, E2, E3		
	3			E4, E6	E5	
	4				E8	
	5					

Una vez realizada la evaluación de riesgo ambiental para los entables de tamaño grande se muestra que un 95% de los escenarios representan un riesgo moderado para los recursos naturales involucrados en la actividad minera debido a que algunos de ellos se encuentran en el proceso de sustitución de mercurio por otra sustancia menos contaminante y se estaban tomando medidas para no verter directamente los residuos a las fuentes de agua y suelo, lo que no indica que el riesgo sea bajo y no se tomen las medidas correctivas del caso. Teniendo en cuenta los riesgos anteriormente nombrados por el uso de mercurio en la actividad minera, se requiere de la implementación de sistemas alternativos que reduzcan y eliminen su utilización, es el caso del uso de Cianuro en los relaves con mercurio utilizado en minería artesanal en Ecuador en donde el mas del 60% del mercurio a verter fue recuperado y generando un aumento en el precio del oro en un 42%, debido a que los costos de producción se redujeron de forma considerable [34].

Para los escenarios E8 en los entornos social y económico se tiene un riesgo significativo alto con un porcentaje del 56%, teniendo en cuenta que en estos entables se realiza la quema de amalgama proceso que representa el mayor porcentaje de riesgo tanto para los trabajadores del entables como para las viviendas cercanas a los entables por evaporación de mercurio, debido a que es realizado sin ningún tipo de protección y dichas personas salen directamente para sus viviendas sin el aseo personal adecuado; en cuanto a los recursos involucrados se ven afectados por el constante vertimiento de desechos contaminados por mercurio en gran cantidad al día.

Una vez obtenidos los resultados de la estimación de riesgo ambiental para los diferentes tamaños de entables se tiene que en un 85% los entables presentaron riesgo moderado teniendo como resultado de una baja consecuencia de la gravedad con una alta probabilidad, por lo tanto:

Para el caso de la probabilidad se tuvo en cuenta que la frecuencia era alta en los diferentes escenarios, teniendo en cuenta que a medida que crece en tamaño los entables también se aumentan las actividades diarias en los mismos (ver gráfica 2), en gran parte causado por la ausencia de metodologías de tratamiento para los residuos producidos por la actividad minera lo que ha aumentado de manera considerable el impacto negativo a las fuentes de agua, suelo como flora y fauna. Por otro lado se tienen algunos escenarios como E2, E3, los cuales no representan un riesgo para el ambiente debido a que estas son realizadas ocasionalmente de acuerdo a la disponibilidad de la zona, en donde los porcentajes de gravedad varían según cada entorno, para el caso de la peligrosidad es donde se obtiene el mayor puntaje teniendo en cuenta que la sustancia utilizadas en los entables son bastante peligrosas; por ultimo para los entornos biológicos y social es donde se encuentra un mayor porcentaje de riesgo debido a que no se cuenta con los con los implementos de protección personal y en cuanto al ambiente carece de sistemas de tratamiento para los residuos.

4.4.3 Valoración de la gravedad para los 20 entables estudiados

A continuación, se muestran los análisis estadísticos para los 20 entables objeto de estudio teniendo en cuenta los tres entornos y de acuerdo a los escenarios realizados en el proceso de extracción de oro, como también las actividades que generan una mayor gravedad para los recursos naturales:

En la tabla 38 y el gráfico 17 se muestra una valoración Grave en el 95% de los 20 entables, debido a que en la mayoría de los procesos se pone en riesgo la continuidad y la calidad de vida de personas involucradas o no en la extracción de oro; los procesos con un mayor porcentaje de gravedad como grave con un 100% son Adición de mercurio y lavado de lodo, teniendo en cuenta la interacción que se presentó entre los

recursos naturales, humanos y el uso de mercurio, con una Gravedad crítica y un porcentaje de 30% se encuentran los escenarios de recolección de lodos y quema de amalgama, debido a que no se cuenta con sistemas de tratamiento de los desechos y los trabajadores no utilizan elementos de protección, lo que representa un riesgo para las familias de los trabajadores puesto que, no se cambian de ropa y es llevado el mercurio hasta las viviendas, en cuanto al transporte de material es el escenario que presenta una gravedad moderada con un 60% de riesgo tanto para las personas involucradas como para las que habitan cerca a los entables, en donde lo más vulnerables son las mujeres embarazadas, niños y personas de la tercera edad.

Según el estudio realizado por la Unión Europea sobre los contaminantes antrópicos se encontró que las 276 sustancias evaluadas con gran potencial de riesgo para la salud humana y el ambiente, en la mayoría de los casos no se encuentran secuelas en comunidades cercanas muy seguramente debido a que estas sustancias se movilizan lejos de la zona de contacto, por lo tanto se debe hacer un estudio más profundo por medio de monitoreos constantes para así detectar los puntos críticos [48], lo que muestra por qué se encuentran escenarios con una gravedad Leve, moderada.

Tabla 38. Cruce de procesos y riesgo en entorno social

Proceso		Leve	Moderado	Grave	Critico	total
<i>Extracción de material de la mina</i>	Recuento	0	8	12	0	20
	% dentro de Procesos	0,0%	40,0%	60,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno Humano	0,0%	19,0%	12,2%	0,0%	12,5%
	% del total	0,0%	5,0%	7,5%	0,0%	12,5%
<i>Transporte de piedra hasta entable</i>	Recuento	8	12	0	0	20
	% dentro de Procesos	40,0%	60,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno Humano	100,0%	28,6%	0,0%	0,0%	12,5%
	% del total	5,0%	7,5%	0,0%	0,0%	12,5%
<i>Trituración de roca</i>	Recuento	0	14	6	0	20
	% dentro de Procesos	0,0%	70,0%	30,0%	0,0%	100,0%

<i>(Machadora)</i>	% dentro de Valor Entorno Humano	0,0%	33,3%	6,1%	0,0%	12,5%
	% del total	0,0%	8,8%	3,8%	0,0%	12,5%
<i>Molienda de material en Barriles</i>	Recuento	0	8	12	0	20
	% dentro de Procesos	0,0%	40,0%	60,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno Humano	0,0%	19,0%	12,2%	0,0%	12,5%
	% del total	0,0%	5,0%	7,5%	0,0%	12,5%
<i>Adición de mercurio</i>	Recuento	0	0	20	0	20
	% dentro de Procesos	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno Humano	0,0%	0,0%	20,4%	0,0%	12,5%
	% del total	0,0%	0,0%	12,5%	0,0%	12,5%
<i>Lavado de lodo (Marrana)</i>	Recuento	0	0	20	0	20
	% dentro de Procesos	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno Humano	0,0%	0,0%	20,4%	0,0%	12,5%
	% del total	0,0%	0,0%	12,5%	0,0%	12,5%
<i>Recolección de lodos (tanques)</i>	Recuento	0	0	14	6	20
	% dentro de Procesos	0,0%	0,0%	70,0%	30,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno Humano	0,0%	0,0%	14,3%	50,0%	12,5%
	% del total	0,0%	0,0%	8,8%	3,8%	12,5%
<i>Quema de amalgama</i>	Recuento	0	0	14	6	20
	% dentro de Procesos	0,0%	0,0%	70,0%	30,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno Humano	0,0%	0,0%	14,3%	50,0%	12,5%
	% del total	0,0%	0,0%	8,8%	3,8%	12,5%
TOTAL	Recuento	8	42	98	12	160
	% dentro de Procesos	5,0%	26,3%	61,3%	7,5%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno Humano	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	% del total	5,0%	26,3%	61,3%	7,5%	100,0%

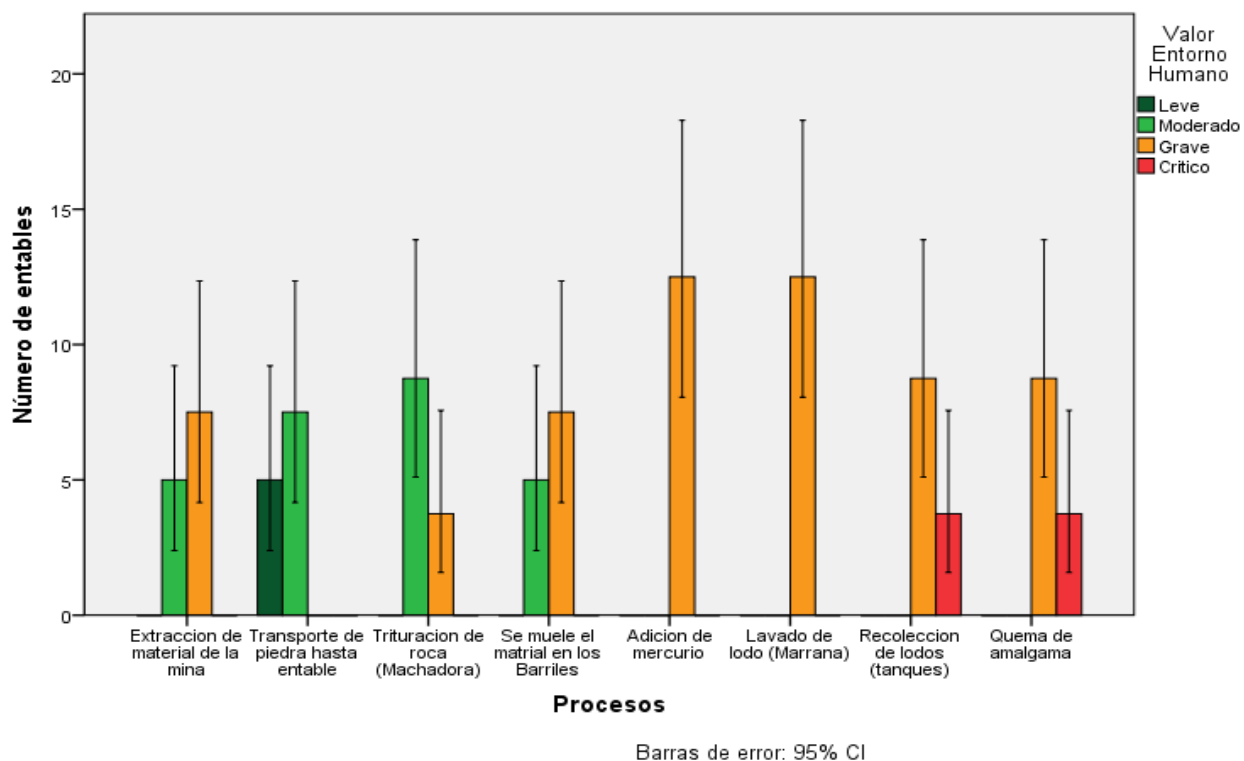


Gráfico 15. Valoración de gravedad entorno social

De acuerdo al gráfico 18, se hace evidente la gravedad marcada como grave en el 95% de los entables, en los procesos de extracción de material de mina y adición de mercurio con porcentajes de 60%, lo que pone una vez más en peligro los recursos naturales como el suelo y agua debido a que el daño causado es irreversible o se requiere de mucho tiempo para ser reparado, en cuanto a la valoración de gravedad crítica se tiene los procesos lavado de lodo y recolección de lodo con los porcentajes más altos de 77%, debido a que es en estos procesos en donde se pone en riesgo los recursos como suelo y agua, teniendo en cuenta que en el 100% de los entables no cuentan con sistemas de tratamiento necesarios para remover el mercurio residual presente en los lodos y agua, por lo tanto se hace necesario la implementación de tecnologías que contribuyan a reducir y eliminar el mercurio de los diferentes residuos, y de acuerdo a los estudios realizados en China se muestran un sistema basado en procesos biológicos, debido a los riesgos para la seguridad ecológica y bienestar humano que representa los relaves de metales pesados producidos por la industria

minera; la investigación se precisa en proceso llamado Fitorremediación realizados por una especie de plantas como (Erigeron canadensis), donde su objetivo es remover metales pesados presentes en agua, lodos [49], lo que se convierte en una tecnología fácil de implementar para el tratamiento de los residuos de minería.

Tabla 39. Cruce de procesos y riesgo en entorno biológico

Procesos		Leve	Moderado	Grave	Critico	Total
<i>Extracción de material de la mina</i>	Recuento	0	8	12	0	20
	% dentro de Procesos	0,0%	40,0%	60,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno biológico	0,0%	23,5%	14,3%	0,0%	12,5%
	% del total	0,0%	5,0%	7,5%	0,0%	12,5%
<i>Transporte de piedra hasta entable</i>	Recuento	8	12	0	0	20
	% dentro de Procesos	40,0%	60,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno biológico	50,0%	35,3%	0,0%	0,0%	12,5%
	% del total	5,0%	7,5%	0,0%	0,0%	12,5%
<i>Trituración de roca (Machadora)</i>	Recuento	8	6	6	0	20
	% dentro de Procesos	40,0%	30,0%	30,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno biológico	50,0%	17,6%	7,1%	0,0%	12,5%
	% del total	5,0%	3,8%	3,8%	0,0%	12,5%
<i>Molienda de material en los Barriles</i>	Recuento	0	8	12	0	20
	% dentro de Procesos	0,0%	40,0%	60,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno biológico	0,0%	23,5%	14,3%	0,0%	12,5%
	% del total	0,0%	5,0%	7,5%	0,0%	12,5%
<i>Adición de mercurio</i>	Recuento	0	0	20	0	20
	% dentro de Procesos	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno biológico	0,0%	0,0%	23,8%	0,0%	12,5%
	% del total	0,0%	0,0%	12,5%	0,0%	12,5%
<i>Lavado de lodo (Marrana)</i>	Recuento	0	0	20	0	20
	% dentro de Procesos	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno biológico	0,0%	0,0%	23,8%	0,0%	12,5%
	% del total	0,0%	0,0%	12,5%	0,0%	12,5%

<i>Recolección de lodos (tanques)</i>	Recuento	0	0	0	20	20
	% dentro de Procesos	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno biológico	0,0%	0,0%	0,0%	76,9%	12,5%
	% del total	0,0%	0,0%	0,0%	12,5%	12,5%
<i>Quema de amalgama</i>	Recuento	0	0	14	6	20
	% dentro de Procesos	0,0%	0,0%	70,0%	30,0%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno biológico	0,0%	0,0%	16,7%	23,1%	12,5%
	% del total	0,0%	0,0%	8,8%	3,8%	12,5%
<i>Total</i>	Recuento	16	34	84	26	160
	% dentro de Procesos	10,0%	21,3%	52,5%	16,3%	100,0%
	% dentro de Valor Entorno biológico	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	% del total	10,0%	21,3%	52,5%	16,3%	100,0%

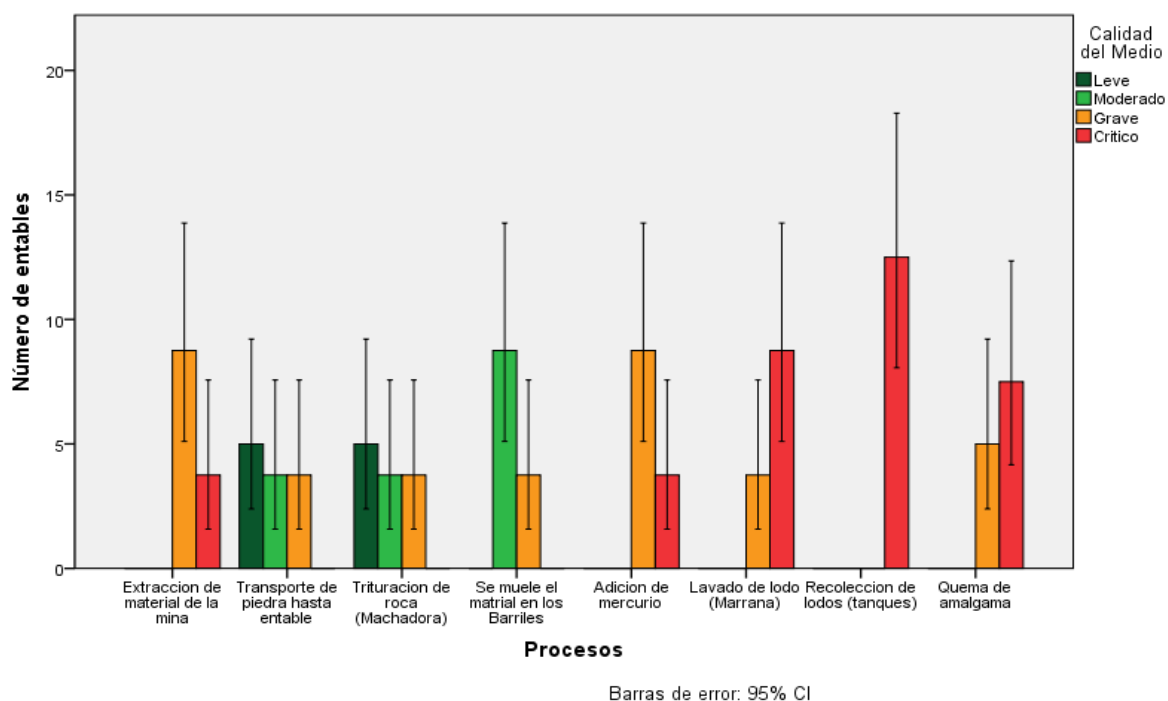


Gráfico 16. Valoración de gravedad entorno biológico

En el gráfico 19 y tabla 40, se hace evidente la gravedad marcada como grave en este entorno para la mayoría de entables, especialmente para los procesos de adición de mercurio y lavado de lodos con porcentajes de 100% grave para los dos escenarios, debido al riesgo que representa en primera instancia para los trabajadores y para el ambiente el contacto directo con mercurio. Para los escenarios de extracción de material en la mina, molienda de material se obtuvo un porcentaje de 60% respectivamente debido al daño causado al recurso suelo, el cual se vio reflejado en los residuos producidos sin ningún tratamiento y la molienda donde se mezcla el mercurio con el material minero sin elementos de protección personal.

En cuanto a Gravedad crítica se observa en los procesos de recolección de lodos y quema de amalgama, con un porcentaje del 70% especialmente por la relación con el riesgo químico, uso de mercurio y el daño causado a los recursos de suelo, agua por la esorrentía de lodos contaminados por mercurio, posteriormente la quema de amalgama se realiza directamente en los entables donde en la mayoría de los casos se encuentran viviendas cercanas. Como se muestra en el estudio realizado en la ciudad de Madeira – Portugal donde se encontraron altos niveles de mercurio en poblaciones que viven cerca, empresas que utilizan como materia prima mercurio, especialmente en mujeres embarazadas en muestras de cabello y sangre [33].

Tabla 40. Cruce de procesos y riesgo en entorno económico

Proceso		Leve	Moderado	Grave	Critico	Total
<i>Extracción de material de la mina</i>	Recuento	0	8	12	0	20
	% dentro de Procesos	0,0%	40,0%	60,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Entorno Socioeconómico	0,0%	19,0%	12,2%	0,0%	12,5%
	% del total	0,0%	5,0%	7,5%	0,0%	12,5%
<i>Transporte de piedra hasta entable</i>	Recuento	8	12	0	0	20
	% dentro de Procesos	40,0%	60,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Entorno Socioeconómico	100,0%	28,6%	0,0%	0,0%	12,5%
	% del total	5,0%	7,5%	0,0%	0,0%	12,5%
<i>Trituración de roca (Machadora)</i>	Recuento	0	14	6	0	20
	% dentro de Procesos	0,0%	70,0%	30,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Entorno Socioeconómico	0,0%	33,3%	6,1%	0,0%	12,5%
	% del total	0,0%	8,8%	3,8%	0,0%	12,5%
<i>Molienda de material en Barriles</i>	Recuento	0	8	12	0	20
	% dentro de Procesos	0,0%	40,0%	60,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Entorno Socioeconómico	0,0%	19,0%	12,2%	0,0%	12,5%
	% del total	0,0%	5,0%	7,5%	0,0%	12,5%
<i>Adición de mercurio</i>	Recuento	0	0	20	0	20
	% dentro de Procesos	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Entorno Socioeconómico	0,0%	0,0%	20,4%	0,0%	12,5%
	% del total	0,0%	0,0%	12,5%	0,0%	12,5%
<i>Lavado de lodo (Marrana)</i>	Recuento	0	0	20	0	20
	% dentro de Procesos	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	% dentro de Entorno Socioeconómico	0,0%	0,0%	20,4%	0,0%	12,5%
	% del total	0,0%	0,0%	12,5%	0,0%	12,5%
<i>Recolección de lodos (tanques)</i>	Recuento	0	0	14	6	20
	% dentro de Procesos	0,0%	0,0%	70,0%	30,0%	100,0%
	% dentro de Entorno Socioeconómico	0,0%	0,0%	14,3%	50,0%	12,5%
	% del total	0,0%	0,0%	8,8%	3,8%	12,5%
<i>Quema de amalgama</i>	Recuento	0	0	14	6	20
	% dentro de Procesos	0,0%	0,0%	70,0%	30,0%	100,0%

<i>Total</i>	% dentro de Entorno Socioeconómico	0,0%	0,0%	14,3%	50,0%	12,5%
	% del total	0,0%	0,0%	8,8%	3,8%	12,5%
	Recuento	8	42	98	12	160
	% dentro de Procesos	5,0%	26,3%	61,3%	7,5%	100,0%
	% dentro de Entorno Socioeconómico	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	% del total	5,0%	26,3%	61,3%	7,5%	100,0%

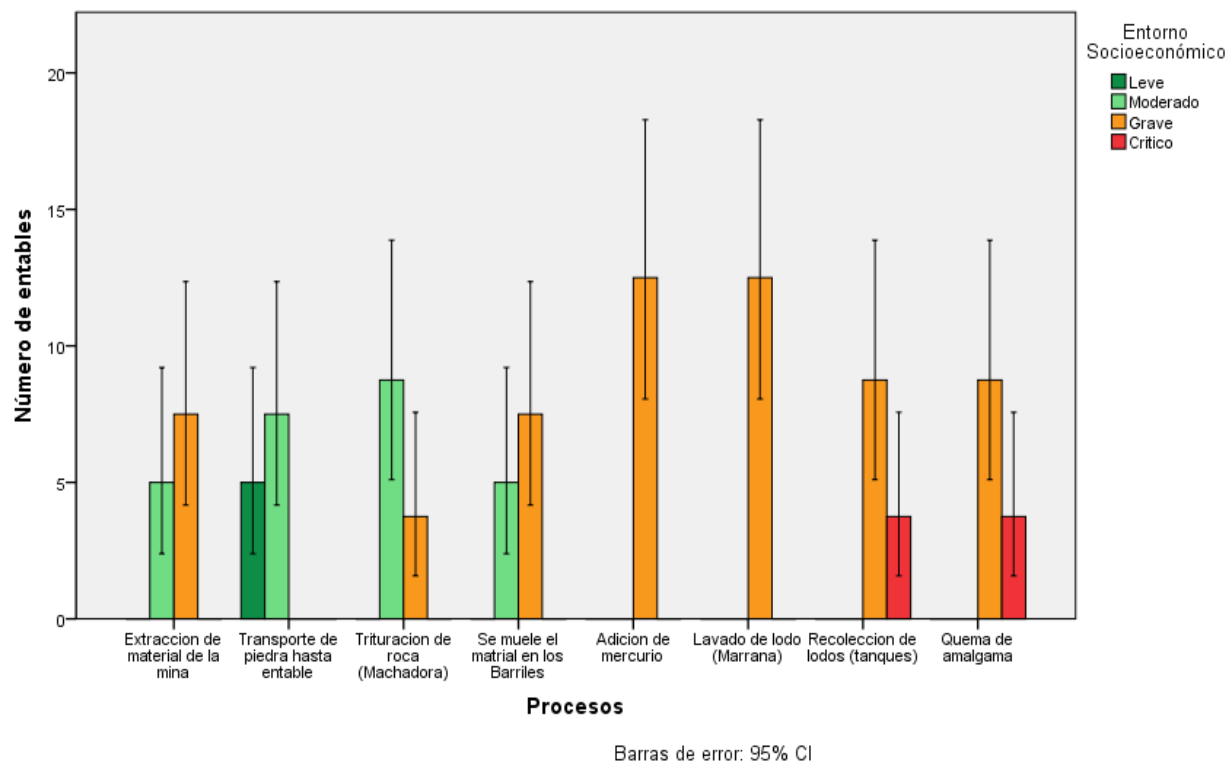


Gráfico 17. Valoración de gravedad entorno Económico

4.4.4 Caracterización del riesgo ambiental

4.4.4.1 Caracterización de entables pequeños

$$CR = \%ES + \%EB + \%EE / 3$$

$$CR = 39\% + 36\% + 35\% / 3 = \underline{37.1\%}$$

Una vez realizada la caracterización de riesgo ambiental, obteniendo el promedio de los tres entornos se obtuvo como resultado un 37.1% y al ubicarlo en la escala de evaluación de riesgo ambiental (ver tabla 13) se tiene un riesgo Moderado, el cual está relacionado con la frecuencia del uso en el día, en este caso de los entables pequeños que fue bajo, por lo tanto en cuanto a los residuos su cantidad es baja en el 80% de los entables, igualmente en el 100% de los entables no se cuenta con elementos de protección personal, de esta forma se hacen necesarias el establecimiento de las medidas de control por parte de la asociación de mineros con el fin de sustituir el uso de mercurio y monitorear el tratamiento de los residuos.

4.4.4.2 Caracterización de entables medianos

$$\text{CR} = \%ES + \%EB + \%EE / 3$$
$$\text{CR} = 37\% + 43\% + 37\% / 3 = \underline{39.4\%}$$

Al realizar la caracterización del riesgo ambiental, se obtiene como resultado un promedio del 39.4%, el cual se encuentra en un riesgo moderado, lo que no quiere decir que no se presente contaminación de los recursos que se ven afectados por la actividad minera como fuentes de agua y suelos, lo cual no está lejos de subir a riesgo significativo, y perder las fuentes de agua superficial, por lo tanto es necesarios que las autoridades se concienticen en la oportunidad de se presenta actualmente en detener los daños causados por esta actividad económica.

4.4.4.3 Caracterización de entables grandes

$$\text{CR} = \%ES + \%EB + \%EE / 3$$
$$\text{CR} = 38\% + 45\% + 38\% / 3 = \underline{40.8\%}$$

Una vez realizada la caracterización de riesgo para los entables grandes se obtuvo un promedio del 40.8% con un riesgo moderado, para este caso el escenario E8 presenta

un riesgo crítico en el entorno biológico (ver tabla 27) con un porcentaje del 56%, teniendo en cuenta que el 90% de estos entables se realiza la quema de amalgama directamente en el entable, lo que necesita una mayor vigilancia de la entidades involucradas debido a la presencia de viviendas cerca a estos entable de hecho el entable nombrado como “Lavadero”, está ubicado en la zona urbana del municipio de Suarez, y se encuentra incluido dentro de los entables grandes lo que agudiza el riesgo de contaminación de mercurio por diferentes fuentes.

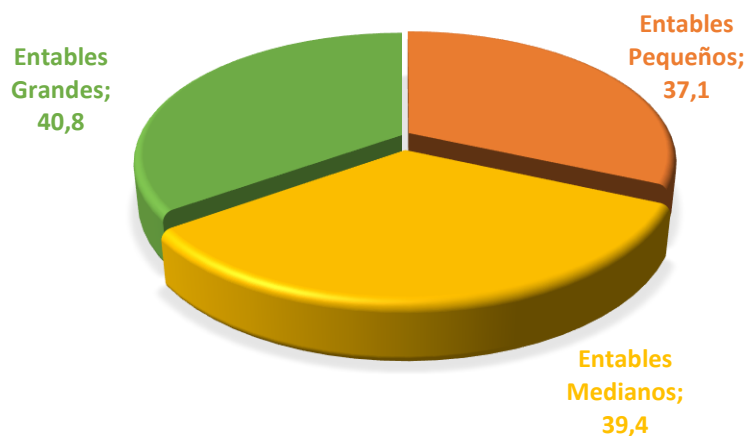


Gráfico 18. Caracterización del riesgo ambiental.

Una vez caracterizados los tres tamaños de entable, se observa que presentan riesgo moderado, lo que indica que se está a tiempo para tomar las medidas correctivas con el fin de reducir y eliminar los impactos causados por la utilización de mercurio en la extracción de oro, sin dejar de lado la necesidad inmediata de la implementación de sistemas de tratamiento para los diferentes residuos, como también la asociación de mineros el establecimiento de un programa de gestión ambiental para utilización de elementos de protección personal.

4.5 Medidas de control para riesgos ambientales

Antes de establecer las medidas de control se deben tener en cuenta los resultados ya obtenidos en la evaluación de riesgo debida a que deben ser priorizadas en este caso primero que todo la asociación de mineros y cada uno de los dueños, de acuerdo a las

sugeridas por la Guía de evaluación de riesgos ambientales de Lima – Perú las cuales se relacionan a continuación de acuerdo a cada uno de los escenarios:

4.5.1 Escenario 1, Extracción de material de la mina

Cuadro 1. Escenario 1. Extracción de material de la mina - medida de control



Socavón mina maribeles, conexiones artesanales

Fuente propia



Medida de control, moto bomba


Fuente: Mina Segovia Antioquia

MEDIDA DE CONTROL

En cuanto a la extracción de material directamente de la mina E1, en el entorno que presenta un mayor riesgo es en el Biológico con un porcentaje promedio del 40% y catalogado como grave, debido a los estancamientos de aguas, como también material pétreo generando erosión, por lo tanto se hace necesario la implementación de redes de drenaje para las aguas generadas como producto de la perforación, en cuanto al material rocoso realizar un análisis a su composición con el fin de buscar alguna clase de uso como por ejemplo para construcción. Sin dejar de lado la utilización de elementos de protección personal ya que ninguno de los trabajadores lo usa y la generación de olores es fuerte.

4.5.2 Escenario 2, Transporte de material hasta el entable

Cuadro 2. Escenario 2, Transporte de material hasta el entable - Medida de control

 <p><i>Transporte artesanal</i></p> <p><i>Fuente. Propia</i></p>	<p>Para el escenario E2 del transporte de material se tiene un porcentaje en promedio del 30% en los tres entornos con un riesgo leve, lo que indica que su gravedad no requiere medida de control, se propone velar por la salud de los animales los cuales en el 95% de los entables el transporte se hace a lomo de mula, debido a los largos trayectos que deben recorrer para llegar hasta el entable con pesos grandes, en muchos de los casos no llega hasta la zona otro tipo de transporte.</p>
--	--

4.5.3 Escenario 3, Trituración de roca

Cuadro 3. Escenario 3, Trituración de roca-Medida de control



Machadora artesanal

Fuente. Propia



Medida de control. Machadora Caterpillar tecnificada

Fuente. <http://www.trituradoraspedra.com>

En cuanto al escenario E3, el mayor porcentaje se tiene en el entorno social con 35% y un riesgo moderado, debido a que el proceso como tal no representa un riesgo para el ambiente debido a que hasta el momento no se le ha agregado ninguna sustancia, por lo tanto, la medida de control en este caso es utilizar elementos de protección personal debido a la fuerza que maneja el equipo y el riesgo latente para la persona encargada de la maquina como su ayudante.

4.5.4 Escenario 4, Molienda de material

Cuadro 4. Escenario 4, Molienda de material-medida de control



Barril artesanal

Fuente propia.



Barril Tecnificado

Fuente web

Para el escenario E4 molienda de material en barriles, teniendo en cuenta su porcentaje de 40% con riesgo moderado en los entornos social, debido al peligro que representa para los trabajadores del entable este proceso ligado al ruido debido a que estos mantienen en funcionamiento como mínimo 4 horas al día, generando problemas auditivos, de esta manera se propone utilizar elementos de protección como realizar una revisión de los barriles, puesto que según lo informado solo es evidente cuando dejan de funcionar; igualmente se propone utilizar un equipo más tecnificado.

4.5.5 Escenario 5, Adición de mercurio

Cuadro 5. Escenario 5, Adición de mercurio- medida de control



Pipeta de mercurio para extracción de mineral



Extracción por batea

Fuente entable Segovia Antioquia

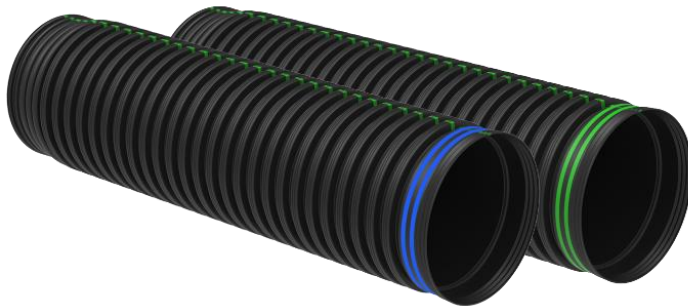
En el caso del E5 para la adición de mercurio se presenta un riesgo grave con un porcentaje del 50%, en los entables social y económico, debido principalmente a que en el momento de su adición no es utilizado ningún tipo de protección y es realizada directamente, por otro lado, es difícil su consecución el cual debe ser traído desde Medellín, y su transporte es ilegal, por lo tanto, se propone buscar sustituir el uso de mercurio.

4.5.6 Escenario 6, lavado de oro en marrana

Cuadro 6. Escenario 6, lavado de oro en marrana- medida de control



Lavado artesanal de oro con residuos líquidos y metales.



Tubos utilizados para canalización de aguas con presencia de metales

En cuanto a las medidas de control para el E6, se presenta un riesgo grave con un porcentaje del 48% para el entable biológico y social, debido a que es en este proceso en donde se empiezan a observar las primeras escorrentías de efluentes contaminados por mercurio, en algunos casos aislados se pueden observar alguna clase de tanques desarenadores pero en el 100% se encuentran colmatados y no cumple con su función por lo tanto los efluentes escurren aguas abajo por fuentes de agua o se seca en su camino; para el caso del entorno social se presenta riesgo moderado pero es de importancia su cuidado debido a su contacto con mercurio. De este modo se propone la utilización de elementos de protección y canalización de aguas.

4.5.7 Escenario 7, Recolección de lodos

Cuadro 7. Escenario 7, Recolección de lodos-medida de control



Escorrentía de lodos contaminados

Fuente. Propia



Planta de tratamiento para lodos

Fuente.

Para el escenario E7 que se refiere a la recolección de lodos el cual presenta una porcentaje en promedio de 48% de riesgo grave para el entorno biológico tenido en cuenta que lo sistemas de tanques no cumplen ninguna función solo como lechos de secado, mientras esto pasa se produce escorrentía de agua contaminada con mercurio afectan la capa orgánica del suelo y fuentes de agua superficial, por lo tanto se hace necesario la implementación de sistemas de tratamiento para estos efluentes campo también realizar un estudio para su utilización en otro campo como la construcción.

4.5.8 Escenario 8, Quema de amalgama

Cuadro 8. Escenario 8, Quema de amalgama-medida de control



Quema artesanal de amalgama



Elementos de protección personal

Para el escenario E8 en donde se relaciona la quema de amalgama con un porcentaje del 50% con un riesgo crítico para el entorno social, debido a que este proceso es realizado directamente en los entables grandes primero sin ningún tipo de protección segundo en la zona urbana contaminando personas que no tienen relación con la actividad, por lo tanto, se hace necesario que la asociación de mineros tome medidas preventivas especialmente en los elementos de protección personal.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

- El riesgo ambiental por utilización de mercurio en la extracción de oro del municipio de Suarez – Cauca, se estableció como un riesgo moderado, dejando claro que escenarios como E7 (recolección de lodos), E8 (quema de amalgama) en el 60% de los entables se obtuvo riesgo grave, para los recursos naturales involucrados.
- Para los peligros ambientales por uso de mercurio en entables mineros del municipio de Suarez se identificó que los escenarios adición de mercurio, lavado de lodo, recolección de lodo y quema de amalgama, como los procesos en donde se requiere un mayor control y cuidado debido a que ponen en riesgo el ecosistema de la zona y su supervivencia.
- En cuanto a las medidas de control fueron establecidas según el porcentaje y su nivel de riesgo por el uso de mercurio en los entables mineros de extracción de oro, igualmente fueron dadas las recomendaciones pertinentes según cada proceso.
- Una vez aplicada la Guía Peruana de Evaluación de Riesgo Ambiental, se obtuvo como resultado un riesgo moderado con un porcentaje entre 37% y 40% para los 20 entables objeto de estudio en el municipio de Suarez Cauca.
- Se logró documentar a la Asociación de mineros del municipio de Suarez, con fin de proponer medidas de control para mitigar y/o eliminar la contaminación causada por el uso de mercurio, teniendo en cuenta que es la actividad económica de más auge en el municipio de esta manera dichas medidas correctivas son necesarias, garantizando una minería limpia.
- Se observó que las familias involucradas en la actividad minera se encuentran en mayor riesgo y vulnerabilidad por el uso descontrolado de mercurio en la extracción de oro, especialmente para los niños y mujeres gestantes lo cual

puede causar mal formaciones que se pueden transmitir de generación en generación, además bioacumular mercurio por medio del alimento, teniendo en cuenta que el 95% de los entables están establecidos cerca de los entables y dos entables están ubicados en la zona urbana del municipio lo que pone en riesgo a las personas.

- Se determinó el peligro alto por el uso de mercurio y al cual están expuestos las comunidades ubicadas en las veredas de Tamboral, Maribeles, Porvenir y Gelima teniendo en cuenta la cercanía de los entables a las viviendas en los cuales es practicado la quema de amalgama sin ningún control y a aire libre.
- Se logró identificar que los recursos naturales como fuentes de agua, suelo los cuales presenta mayor estimación de riesgo, relacionados a los escenarios de E6 (lavado de lodo) y E7 (recolección de lodo), los cuales se encuentra entre Moderado – Critico.
- Con la anterior estimación de riesgo y según los estudios evaluados, se evidencia el peligro que representa para las comunidades cercanas al embalse la Salvajina el consumo de pescado, porque si bien es cierto que en este estudio no se tomaron muestras de peces en otros lugares del continente si han realizado en el cual se han encontrado resultado niveles relativamente altos en peces [50], lo que pone en riesgo el consumo de este alimento.

ALCANCES

La realización de este tipo de estudios se hace necesario en municipio de Suarez teniendo en cuenta que en el norte del Cauca es el principal productor de oro, y la extracción de oro es la fuente principal de la economía, lo que indica que el riesgo de contaminación por mercurio es alto tanto para la salud de las personas como para los recursos naturales, igualmente, existen otros corregimientos del municipio en donde se requiere la aplicación de este tipo de evaluaciones, como por ejemplo **La Toma**, en donde según lo informado por la ESE I, a inicios del año 2017 habían llegado niños con laceraciones en la piel, muy seguramente por efecto del mercurio (sin confirmar).

De acuerdo a los resultados obtenidos del presente estudio surge la necesidad de encaminar estudiantes y orientarlos a la apertura en el campo de investigación para otras tesis en las cuales se pueda evaluar específicamente en cada medio, aire, agua, suelo, donde se pueden evaluar tecnologías que busquen la reducción o eliminación del uso de mercurio en la actividad minera, teniendo en cuenta que en el 2023, vence el plazo para eliminar el uso de mercurio, buscando alianzas entre la asociación de mineros y la academia

Por último, se espera que este informe de investigación sea tenido en cuenta por instituciones que controlan y vigilan el ambiente y la salud, para que se puedan formular programas preventivos, criterios que logren impactar en las políticas públicas ambientales del municipio de Suarez y del departamento de Cauca.

CAPITULO VI. REFERENCIAS

1. Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, Ministerio del Ambiente – MINAM, 2009. Lima, Perú.
2. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, UNEP, 2015. USA.
3. Estrategia Sanitaria Nacional de Vigilancia y Control de Riesgos por Contaminación con Metales Pesados y Otras sustancias Químicas. MINSA, 2015. Lima, Perú.
4. Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible Dirección De Asuntos Ambientales, Sectorial Y Urbana - PLAN ÚNICO NACIONAL DE MERCURIO, 2014, Bogota, Colombia.
5. Diagnostico ambiental en municipio de Suarez, área de influencia corregimientos de Mindala y la Toma, 2010, Suarez. Cauca.
6. Aspecto minero en el Municipio de Suarez, área de influencia; corregimientos de Mindala y la Toma, 2010, Suarez. Cauca.
7. Consejo Nacional De Política Económica Y Social República De Colombia Departamento Nacional De Planeación. CONPES, Política De Gestión Del Riesgo Asociado Al Uso De Sustancias Químicas. 2016, Bogotá, Colombia.
8. Niveles De Exposición A Mercurio En Población De Huepetuhe-Madre De Dios Y Factores De Riesgo De Exposición, MINSA, 2010. Lima, Perú.
9. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Diagnostico Nacional de Salud Ambiental, 2012, Bogotá, Colombia
10. VERBEL J, O. Efectos De La Minería En Colombia Sobre La Salud Humana, 2014, Bogotá, Colombia.
11. Agencia Nacional de Minería - Caja de Herramientas para la implementación del Plan de Gestión Social, 2014 Bogotá, Colombia.
12. ESPAÑOL S, Contaminación con mercurio por la actividad minera; El Espectador, 2014, Bogotá, Colombia.
13. Corporación Autónoma regional del Cauca – Contaminación por mercurio y otros Distrito Minero de Buenos Aires Cauca, 2007, Popayán, Cauca.
14. VARONA F, Minería en el Cauca, El Nuevo Liberal 2014, Popayan, Cauca

15. LOPEZ P, E, Evaluación Minero – Ambiental del distrito minero de Suarez, 2013, Popayan, Cauca.
16. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. PNUMA, El uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala, 2008, Ginebra, Suiza.
17. Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para consumo humano. 2014, Bogotá, Colombia.
18. Ministerio de Ambiente vivienda y desarrollo territorial - Cuantificación De Liberaciones Antropogénicas De Mercurio En Colombia, 2010, Bogotá, Colombia.
19. El Convenio de Minamata sobre el Mercurio y su implementación en la región de América Latina y el Caribe – PNUMA, 2014, Uruguay.
20. IBAÑEZ A, M; LAVERDE M, Los Municipios Mineros en Colombia: características e impactos sobre el desarrollo, 2013. Bogotá, Colombia.
21. Producción Más Limpia En La Minería Del Oro En Colombia Mercurio, Cianuro Y Otras Sustancias - Subdirección De Planeación Minera, 2007. Bogotá, Colombia.
22. Ministerio de minas y energía - Unidad de planeación minero energético y Universidad de Córdoba, Estudio De La Cadena Del Mercurio En Colombia Con Énfasis En La Actividad Minera De Oro Tomo 1, 2014. Bogotá, Colombia
23. Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible Dirección De Asuntos Ambientales, Sectorial Y Urbana - PLAN DE ACCION NACIONAL PARA LA GESTION DE SUSTANCIAS QUIMICAS EN COLOMBIA, 2014, Bogotá, Colombia.
24. Ministerio de Minas y Energía - Plan Estratégico Sectorial Para La Eliminación Del Uso Del Mercurio, La ruta hacia un beneficio sostenible del oro. 2016 Bogotá, Colombia.
25. Rodríguez Jiménez, J.J. (2010). Eliminación de iones metálicos pesados. Documentación Curso de Verano UCLM “Procesos tecnológicos en el tratamiento de aguas”. El espectador, Bogotá, Colombia.

26. Alianza Mundial de Derecho Ambiental (ELAW), Eugene OR 97403 - 2010 por la Alianza Mundial de Derecho Ambiental; Guía Para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros, primera edición, USA
27. MANCERA N, J; ALVAREZ R, Departamento de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Fundación GeoSur. Estado Del Conocimiento De Las Concentraciones De Mercurio Y Otros Metales Pesados En Peces Dulceacuícolas De Colombia, 2006, Bogotá, Colombia.
28. BARBA A, A, Universidad Carlos III, Determinación De Los Parámetros Físico - Químicos De Calidad De Las Aguas 2010, Madrid, España.
29. OJEDA M,O, Universidad Industrial de Santander, Caracterización Físicoquímica y parámetros de calidad del agua potable de tratamiento de agua potable de Barrancabermeja 2012, Bucaramanga, Santander.
30. Secretaría Distrital De Salud - Mapa De Riesgo De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano Acueducto Auacact – Mochuelo Bajo, Localidad De Ciudad Bolívar, 2015, Bogotá, Colombia.
31. ARANGO J, A. Proyecto de minería de oro la Colosa, identificación ambiental de la zona de explotación y sus impactos, 2014. Bogotá Colombia.
32. CORTOLIMA, Plan de Ordenamiento y Mantenimiento de la Cuenca; calidad del agua, 2014 Ibagué, Tolima
33. A Renzoni, F Zino & E Franchi; Mercury Levels along the Food Chain and Risk for Exposed Populations, 2015 China
34. Patricio, C Velásquez, et al; Cyanidation of mercury rich tailings in artisanal and small-scale gold mining: identifying strategies to manage environmental risks in Southern Ecuador, 2015 Ecuador.
35. Collin, A Eagles, et al; Mercury in western North America: A synthesis of environmental contamination, fluxes, bioaccumulation, and risk to fish and wildlife, 2016 USA.
36. Anderson, D Suchanek, et al; Health risk and significance of mercury in the environment, 2010 New York USA

37. Akagi, H Nishimura, et al; Human exposure and risk assessment associated with mercury contamination in artisanal gold mining areas in the Brazilian Amazon, 2013 Brazil.
38. Marcello, M Veiga, et al; Reducing mercury pollution by training Peruvian artisanal gold miners, 2010 Peru.
39. Osvaldo, E Suescún et al; Artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: a successful case of mercury reduction, 2013 Colombia
40. Paul I, Cordy, *et al*; Successful airborne mercury reductions in Colombia, 2012 Colombia
41. Olubukola, O Babalola, et al; Heavy Metal Pollution from Gold Mines: Environmental Effects and Bacterial Strategies for Resistance, 2016 USA
42. Movimiento Mundial para el Cuidado de la Salud libre de Mercurio, Publicación de Salud sin Daño, PNRQ – Proyecto BANHG – 2007 Buenos Aires Argentina
43. Evaluación del riesgo ambiental por la presencia de mercurio en relaves mineros dentro de la ciudad de Andacollo, Chile; Ricardo A, Zamorreño, Paulina N, Gonzales, 2013 La Serena Chile
44. Evaluación de riesgos ambiental del mercurio en la actividad aurífera, Ministerio de Salud alta Dirección, 2001 Lima Perú
45. Introducción a la contaminación por mercurio para ONG, Red Internacional De Eliminación De Contaminantes Persistentes IPEN; Weinber, Jack, 2010 USA
46. Mercurio, Cianuro, Minería y Contaminación, a toxics – free future, 2012 Montevideo Uruguay
47. La contaminación por mercurio en Mexico; secretaria de ambiente y recursos naturales, Yarto M, Ramirez; 2014 Ciudad de Mexico, Mexico
48. Georghanke T, Victoria; Chemical contaminants entering the marine environment from sea-based sources: A review with a focus on European seas, 2013 Union European
49. RanXiao, S Wang ; et al; Soil heavy metal contamination and health risks associated with artisanal gold mining in Tongguan, Shaanxi, China; 2015 Tongguan, Shaanxi, China

50. MORENO, M Brush et al; Is mercury from small-scale gold mining prevalent in the southeastern Peruvian Amazon; 2014 Peru Amazonia.

ANEXOS

Anexo 1. Instrumento para recolección de información

CARACTERISTICAS DEL ENTABLE		
NOMBRE Y NUMERO DEL ENTABLE		
UBICACIÓN GEORREFERENCIACION:	MUNICIPIO, CORREGIMIENTO, VEREDA:	
USO ACTUAL DE SUELO:	USO EN EL PASADO DEL SUELO:	
TIPO VIA DE ACCESO:	DISTANCIA DE LA CARRETERA PRINCIPAL:	
ENTORNO FISICO		
POSEE RED DE DRENAJE:	CLIMA:	
AFECCION FLORA	AFECCION FAUNA	
RELIEVE:	A QUE SE ENCUENTRA VULNERABLE EL ENTABLE:	
SEÑALIZACION:	PIGTOGRAMAS:	
SE OBSERVAN VIVIENDAS CERCA AL ENTABLE:		
CARACTERISTICAS DE LOS TRABAJADORES (ENTORNO SOCIAL)		
# DE TRABAJADORES	#HOMBRES	EDAD
# DE FAMILIAS BENEFICIARIAS	#MUJERES	
NIVEL DE ESCOLARIDAD	MENORES DE EDAD	
CUENTAN CON EPP		
CARACTERISTICAS DE LOS PROCESOS		
AREA DE PRODUCCION	CANTIDAD DE MATERIAL	
CANTIDAD DE MERCURIO UTILIZADO	FRECUENCIA	
NUMERO DE APLICACIONES POR SEMANA:		
PROCESO 1 Y ACTIVIDAD	RECURSO AFECTADO	PELIGRO OBSERVADO
PROCESO2		
PROCESO 3		
PROCESO 4		
PROCESO 5		
TIPO DE DESECHO	MATERIA PRIMA POR PROCESO	
EQUIPOS OBSERVADOS	FUENTES DE AGUA	
TRAMIENTO DE DESECHOS	ZONAS PROTEGIDAS	
ZONAS AGRICOLAS	MEDIO DE TRANSPORTE DE LA MATERIA PRIMA	
SUSTANCIAS QUIMICAS ALMACENADAS U OTRAS:	DEPOSITOS	
MANEJO DE SUSTANCIAS QUIMICAS	EXISTE SISTEMA DE GESTION AMBIENTA	

Anexo 2. Matriz de estimación de riesgo ambiental

ENTORNO BIOLÓGICO, SOCIAL Y ECONÓMICO																							
No	Procesos	Tamaño / Entables	Probabilidad	Cantidad	peligr osidad	Extensión	cali dad de medio	población afectada	patri monio y capital	Grav edad biológica	Grav edad social	Grav edad econ ómica	Valor ación de grave dad biológico	Valor ación de grave dad social	Valor ación de grave dad econ ómico	Esti mad or de riesg o biológico	Esti mad or de riesg o social	Estim ador de riesg o econ ómico	Ries go biológico	riesg o social	riesg o econ ómico	% biológico	
ENTABLE 1	Extracción de material de la mina	MEDIANO	2	3	4	3	3	2	2	17	16	16	4	4	4	8	8	8	Grave	Grave	Grave	44	
	Transporte de piedra hasta entable		1	2	3	2	2	2	1	12	12	11	3	3	3	3	3	3	Moderado	Moderado	Moderado	28	
	Trituración de roca (Machadora)		3	3	3	2	2	2	2	2	13	13	13	3	3	3	9	9	9	Moderado	Moderado	Moderado	38
	Se muele el material en los Barriles		3	2	4	3	3	3	3	2	16	16	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46
	Adición de mercurio		3	2	4	3	4	4	4	3	17	17	16	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	48
	Lavado de lodo		4	3	4	2	4	3	3	3	17	16	16	4	4	4	16	16	16	Grave	Grave	Grave	54

	(Marra na)																						
	Recol ección de lodos (tanques)	3	3	4	3	4	3	3	18	17	17	4	4	4	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	50		
	Quem a de amalg ama	2	3	4	2	4	3	2	17	16	15	4	4	4	8	8	8	Grav e	Grav e	Grave	42		
ENT ABL E 2	MEDIA NO	Extrac ción de materi al de la mina	2	3	4	3	3	2	2	17	16	16	4	3	4	8	6	8	Grav e	Grav e	Grave	42	
		Transp orte de piedra hasta establ e	1	2	3	2	2	2	1	12	12	11	3	3	3	3	3	3	Mod erado	Mod erado	Moder ado	24	
		Tritura ción de roca (Mach adora)	3	3	3	2	2	2	2	2	13	13	13	3	3	3	9	9	9	Mod erado	Mod erado	Moder ado	38
		Se muele el materi al en los Barrile s	3	2	4	3	3	3	2	16	16	15	4	4	4	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	46	
		Adició n de mercurio	3	2	4	3	4	4	3	17	17	16	4	4	4	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	48	
		Lavad o de lodo (Marra na)	4	3	4	2	4	3	3	17	16	16	4	4	4	16	16	16	Grav e	Grav e	Grave	54	

	Recol ección de lodos (tanqu es)		3	3	4	3	4	3	3	18	17	17	5	4	4	15	12	12	Critic o	Grav e	Grave	50
	Quem a de amalg ama		2	3	4	2	4	3	2	17	16	15	4	4	4	8	8	8	Grav e	Grav e	Grave	42
ENT ABL E 3	MEDIA NO	Extrac ción de materi al de la mina	2	3	4	3	3	2	2	17	16	16	4	4	4	8	8	8	Grav e	Grav e	Grave	42
		Trans porte de piedra hasta entabl e	1	2	3	2	2	2	1	12	12	11	3	3	3	3	3	3	Mod erado	Mod erado	Moder ado	24
		Tritura ción de roca (Mach adora)	3	3	3	2	2	2	2	13	13	13	3	3	3	9	9	9	Mod erado	Mod erado	Moder ado	38
		Se muele el materi al en los Barrile s	3	2	4	3	3	3	2	16	16	15	4	4	4	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	46
		Adició n de mercu rio	3	2	4	3	4	4	3	17	17	16	4	4	4	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	48
		Lavad o de lodo (Marra na)	4	3	4	2	4	3	3	17	16	16	4	4	4	16	16	16	Grav e	Grav e	Grave	54
		Recol ección de	3	3	4	3	4	3	3	18	17	17	5	4	4	15	12	12	Critic o	Grav e	Grave	50

	lodos (tanques)																					
	Quema de amalgama	2	3	4	2	4	3	2	17	16	15	4	4	4	8	8	8	Grave	Grave	Grave	42	
ENTABLE 4	PEQUEÑO	Extracción de material de la mina	3	2	3	2	3	2	2	13	12	12	3	3	3	9	9	9	Moderado	Moderado	Moderado	38
		Transporte de piedra hasta estable	2	2	2	1	1	1	2	8	8	9	2	2	2	4	4	4	Leve	Leve	Leve	22
		Trituración de roca (Machadora)	2	2	3	1	1	2	2	10	11	11	2	3	3	4	6	6	Leve	Moderado	Moderado	24
		Se muele el material en los Barriles	2	3	3	2	2	2	3	13	13	14	3	3	3	6	6	6	Moderado	Moderado	Moderado	33
		Adición de mercurio	3	2	4	3	3	3	4	16	16	17	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46
		Lavado de lodo (Marraña)	3	2	4	3	4	2	3	17	15	16	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	48
		Recolección de lodos (tanques)	2	3	4	3	4	3	3	18	17	17	5	4	4	10	8	8	Critico	Grave	Grave	44

	Quem a de amalgama		2	2	4	3	3	3	3	16	16	16	4	4	4	8	8	8	Grav e	Grav e	Grave	37	
ENT ABL E 5	Extrac ción de materi al de la mina	MEDIA NO	2	3	4	3	3	2	2	17	16	16	4	4	4	8	8	8	Grav e	Grav e	Grave	42	
	Trans porte de piedra hasta entabl e		1	2	3	2	2	2	1	12	12	11	3	3	3	3	3	3	Mod erado	Mod erado	Moder ado	24	
	Tritura ción de roca (Mach adora)		3	3	3	2	2	2	2	2	13	13	13	3	3	3	9	9	9	Mod erado	Mod erado	Moder ado	38
	Se muele el materi al en los Barrile s		3	2	4	3	3	3	2	16	16	15	4	4	4	12	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	46
	Adició n de mercu rio		3	2	4	3	4	4	3	17	17	16	4	4	4	12	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	48
	Lavad o de lodo (Marra na)		4	3	4	2	4	3	3	17	16	16	4	4	4	16	16	16	16	Grav e	Grav e	Grave	54
	Recol ección de lodos (tanqu es)		3	3	4	3	4	3	3	18	17	17	5	4	4	15	12	12	12	Critic o	Grav e	Grave	50
	Quem a de amalg		2	3	4	2	4	3	2	17	16	15	4	4	4	8	8	8	8	Grav e	Grav e	Grave	42

	ama																						
ENT ABL E 6	Extracción de material de la mina	GRAND E	3	4	3	3	4	3	2	17	16	15	5	4	4	15	12	12	Grave	Grave	Grave	54	
	Transporte de piedra hasta estable		2	3	3	2	3	2	3	14	13	14	3	3	3	6	6	6	Moderado	Moderado	Moderado	35	
	Trituración de roca (Machadora)		2	3	4	2	3	3	2	16	16	15	3	4	4	6	8	8	Moderado	Grave	Grave	37	
	Se muele el material en los Barriles		3	2	4	3	2	2	2	15	15	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	40	
	Adición de mercurio		3	3	4	2	3	3	3	16	16	16	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46	
	Lavado de lodo (Marraña)		3	2	4	3	3	2	2	16	15	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46	
	Recolección de lodos (tanques)		2	4	4	4	4	3	3	20	19	19	5	5	5	10	10	10	Critico	Critico	Critico	51	
	Quema de amalgama		3	3	4	4	4	3	3	19	18	18	5	5	5	15	15	15	Critico	Critico	Critico	56	
ENT	Extrac	MEDIA	2	3	4	3	3	2	2	17	16	16	4	4	4	8	8	8	Grav	Grav	Grave	42	

ABLE 7	ción de material de la mina	NO																					
	Transporte de piedra hasta entablado		1	2	3	2	2	2	1	12	12	11	3	3	3	3	3	3	3	Moderao	Moderao	Moderado	24
	Trituración de roca (Machadora)		3	3	3	2	2	2	2	13	13	13	3	3	3	9	9	9	9	Moderao	Moderao	Moderado	38
	Se muele el material en los Barriles		3	2	4	3	3	3	2	16	16	15	4	4	4	12	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46
	Adición de mercurio		3	2	4	3	4	4	3	17	17	16	4	4	4	12	12	12	12	Grave	Grave	Grave	48
	Lavado de lodo (Marraña)		4	3	4	2	4	3	3	17	16	16	4	4	4	16	16	16	16	Grave	Grave	Grave	54
	Recolección de lodos (tanques)		3	3	4	3	4	3	3	18	17	17	5	4	4	15	12	12	12	Critico	Grave	Grave	50
	Quema de amalgama		2	3	4	2	4	3	2	17	16	15	4	4	4	8	8	8	8	Grave	Grave	Grave	42
ENTABLE 8	Extracción de material	GRANDE	3	4	3	3	4	3	2	17	16	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	54	

	al de la mina																				
	Transporte de piedra hasta entablado	2	3	3	2	3	2	3	14	13	14	3	3	3	6	6	6	Moderao	Moderao	Moderado	35
	Trituración de roca (Machadora)	2	3	4	2	3	3	2	16	16	15	3	4	4	6	8	8	Moderao	Grave	Grave	37
	Se muele el material en los Barriles	3	2	4	3	2	2	2	15	15	15	3	4	4	9	12	12	Moderao	Grave	Grave	40
	Adición de mercurio	3	3	4	2	3	3	3	16	16	16	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46
	Lavado de lodo (Marraña)	3	2	4	3	3	2	2	16	15	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46
	Recolección de lodos (tanques)	2	4	4	4	4	3	3	20	19	19	5	5	5	10	10	10	Critico	Critico	Critico	51
	Quema de amalgama	3	3	4	4	4	3	3	19	18	18	5	5	5	15	15	15	Critico	Critico	Critico	56
ENTABLE 9	Extracción de material de la mina	3	4	3	3	4	3	2	17	16	15	5	4	4	15	12	12	Grave	Grave	Grave	54
	TECNIFICADO / CIANURO																				

	Transporte de piedra hasta entablado		2	3	3	2	3	2	3	14	13	14	3	3	3	6	6	6	Moderado	Grave	Moderado	35
	Trituración de roca (Machadora)		2	3	4	2	3	3	2	16	16	15	4	4	4	8	8	8	Grave	Grave	Grave	37
	Se muele el material en los Barriles		3	2	4	3	2	2	2	15	15	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	40
	Adición de mercurio		3	3	4	2	3	3	3	16	16	16	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46
	Lavado de lodo (Marraña)		3	2	4	3	3	2	2	16	15	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46
	Recolección de lodos (tanques)		2	4	4	4	4	3	3	20	19	19	5	5	5	10	10	10	Critico	Critico	Critico	51
	Quema de amalgama		3	3	4	4	4	3	3	19	18	18	5	5	5	15	15	15	Critico	Critico	Critico	56
ENTABLE 10	Extracción de material de la mina	PEQUEÑO	3	2	3	2	3	2	2	13	12	12	3	3	3	9	9	9	Moderado	Moderado	Moderado	38
	Transporte de		2	2	2	1	1	1	2	8	8	9	2	2	2	4	4	4	Leve	Leve	Leve	22

	pedra hasta entabl e																				
	Trituraci3n de roca (Mach adora)	2	2	3	1	1	2	2	10	11	11	2	3	3	4	6	6	Leve	Mod erado	Moder ado	24
	Se muele el materi al en los Barrile s	2	3	3	2	2	2	3	13	13	14	3	3	3	6	6	6	Mod erado	Mod erado	Moder ado	33
	Adici3n de mercurio	3	2	4	3	3	3	4	16	16	17	4	4	4	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	46
	Lavad o de lodo (Marra na)	3	2	4	3	4	2	3	17	15	16	4	4	4	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	48
	Recol ecci3n de lodos (tanqu es)	2	3	4	3	4	3	3	18	17	17	5	4	4	10	8	8	Critic o	Grav e	Grave	44
	Quem a de amalg ama	2	2	4	3	3	3	3	16	16	16	4	4	4	8	8	8	Grav e	Grav e	Grave	37
ENT ABL E 11	Extrac ci3n de materi al de la mina	3	2	3	2	3	2	2	13	12	12	3	3	3	9	9	9	Mod erado	Mod erado	Moder ado	38
	Trans porte de piedra hasta entabl e	2	2	2	1	1	1	2	8	8	9	2	2	2	4	4	4	Leve	Leve	Leve	22

	e																					
	Trituración de roca (Machadora)	2	2	3	1	1	2	2	10	11	11	2	3	3	4	6	6	Leve	Moderado	Moderado	24	
	Se muele el material en los Barriles	2	3	3	2	2	2	3	13	13	14	3	3	3	6	6	6	Moderado	Moderado	Moderado	33	
	Adición de mercurio	3	2	4	3	3	3	4	16	16	17	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46	
	Lavado de lodo (Marraña)	3	2	4	3	4	2	3	17	15	16	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	48	
	Recolección de lodos (tanques)	2	3	4	3	4	3	3	18	17	17	5	4	4	10	8	8	Critico	Grave	Grave	44	
	Quema de amalgama	2	2	4	3	3	3	3	16	16	16	6	4	4	12	8	8	Grave	Grave	Grave	37	
ENTABL E 12	PEQUEÑO	Extracción de material de la mina	3	2	3	2	3	2	2	13	12	12	3	3	3	9	9	9	Moderado	Moderado	Moderado	38
		Transporte de piedra hasta entablado	2	2	2	1	1	1	2	8	8	9	2	2	2	4	4	4	Leve	Leve	Leve	22
		Trituración	2	2	3	1	1	2	2	10	11	11	2	3	3	4	6	6	Leve	Mod	Moder	24

	ción de roca (Machadora)																					
	Se muele el material en los Barriles	2	3	3	2	2	2	3	13	13	14	3	3	3	6	6	6	Mod erado	Mod erado	Moder ado	33	
	Adición de mercurio	3	2	4	3	3	3	4	16	16	17	4	4	4	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	46	
	Lavado de lodo (Marraña)	3	2	4	3	4	2	3	17	15	16	4	4	4	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	48	
	Recolección de lodos (tanques)	2	3	4	3	4	3	3	18	17	17	5	3	4	10	6	8	Critic o	Mod erado	Grave	44	
	Quema de amalgama	2	2	4	3	3	3	3	16	16	16	4	4	4	8	8	8	Grav e	Grav e	Grave	37	
ENT ABL E 13	GRAND E	Extracción de material de la mina	3	4	3	3	4	3	2	17	16	15	4	3	4	12	9	12	Grav e	Mod erado	Grave	54
		Transporte de piedra hasta entable	2	3	3	2	3	2	3	14	13	14	3	3	3	6	6	6	Mod erado	Mod erado	Moder ado	35
		Trituración de roca	2	3	4	2	3	3	2	16	16	15	4	4	4	8	8	8	Grav e	Grav e	Grave	37

	(Machadora)																					
	Se muele el material en los Barriles	3	2	4	3	2	2	2	15	15	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	40	
	Adición de mercurio	3	3	4	2	3	3	3	16	16	16	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46	
	Lavado de lodo (Marraña)	3	2	4	3	3	2	2	16	15	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46	
	Recolección de lodos (tanques)	2	4	4	4	4	3	3	20	19	19	5	5	5	10	10	10	Critico	Critico	Critico	51	
	Quema de amalgama	3	3	4	4	4	3	3	19	18	18	5	5	5	15	15	15	Critico	Critico	Critico	56	
ENT ABL E 14	GRAND E	Extracción de material de la mina	3	4	3	3	4	3	2	17	16	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	54
		Transporte de piedra hasta entable	2	3	3	2	3	2	3	14	13	14	3	3	3	6	6	6	Moderado	Moderado	Moderado	35
		Trituración de roca (Machadora)	2	3	4	2	3	3	2	16	16	15	4	4	4	8	8	8	Grave	Grave	Grave	37

	Se muele el material en los Barriles		3	2	4	3	2	2	2	15	15	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	40	
	Adición de mercurio		3	3	4	2	3	3	3	16	16	16	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46	
	Lavado de lodo (Marraña)		3	2	4	3	3	2	2	16	15	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46	
	Recolección de lodos (tanques)		2	4	4	4	4	3	3	20	19	19	5	5	5	10	10	10	Critico	Critico	Critico	51	
	Quema de amalgama		3	3	4	4	4	3	3	19	18	18	5	5	5	15	15	15	Critico	Critico	Critico	56	
ENTABLE 15	PEQUEÑO	Extracción de material de la mina	3	2	3	2	3	2	2	13	12	12	3	3	3	9	9	9	Moderado	Moderado	Moderado	38	
		Transporte de piedra hasta entable	2	2	2	1	1	1	2	8	8	9	2	2	2	4	4	4	Leve	Leve	Leve	22	
		Trituración de roca (Machadora)	2	2	3	1	1	2	2	10	11	11	2	3	3	4	6	6	6	Leve	Moderado	Moderado	24
		Se muele el	2	3	3	2	2	2	3	13	13	14	3	3	3	6	6	6	Moderado	Moderado	Moderado	33	

	materi al en los Barrile s																					
	Adició n de mercu rio	3	2	4	3	3	3	4	16	16	17	4	4	4	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	46	
	Lavad o de lodo (Marra na)	3	2	4	3	4	2	3	17	15	16	4	4	4	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	48	
	Recol ección de lodos (tanqu es)	2	3	4	3	4	3	3	18	17	17	5	4	4	10	8	8	Critic o	Grav e	Grave	44	
	Quem a de amalg ama	2	2	4	3	3	3	3	16	16	16	4	4	4	8	8	8	Grav e	Grav e	Grave	37	
ENT ABL E 16	Extrac ción de materi al de la mina	2	3	4	3	3	2	2	17	16	16	4	4	4	8	8	8	Grav e	Grav e	Grave	42	
	Trans porte de pedra hasta entabl e	1	2	3	2	2	2	1	12	12	11	3	3	3	3	3	3	Mod erado	Mod erado	Moder ado	24	
	Tritura ción de roca (Mach adora)	3	3	3	2	2	2	2	13	13	13	3	3	3	9	9	9	Mod erado	Mod erado	Moder ado	38	
	Se muele el materi al en los	3	2	4	3	3	3	3	2	16	16	15	4	4	4	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	46

	Barriles																					
	Adición de mercurio	3	2	4	3	4	4	3	17	17	16	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	48	
	Lavado de lodo (Marraña)	4	3	4	2	4	3	3	17	16	16	4	4	4	16	16	16	Grave	Grave	Grave	54	
	Recolección de lodos (tanques)	3	3	4	3	4	3	3	18	17	17	5	4	4	15	12	12	Critico	Grave	Grave	50	
	Quema de amalga	2	3	4	2	4	3	2	17	16	15	4	4	4	8	8	8	Grave	Grave	Grave	42	
ENTABL E 17	PEQUEÑO	Extracción de material de la mina	3	2	3	2	3	2	2	13	12	12	3	3	3	9	9	9	Moderado	Moderado	Moderado	38
		Transporte de piedra hasta entable	2	2	2	1	1	1	2	8	8	9	2	2	2	4	4	4	Leve	Leve	Leve	22
		Trituración de roca (Machadora)	2	2	3	1	1	2	2	10	11	11	2	3	3	4	6	6	Leve	Moderado	Moderado	24
		Se muele el material en los Barriles	2	3	3	2	2	2	3	13	13	14	3	3	3	6	6	6	Moderado	Moderado	Moderado	33
		Adición de	3	2	4	3	3	3	4	16	16	17	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46

	mercuro																					
	Lavado de lodo (Marraña)	3	2	4	3	4	2	3	17	15	16	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	48	
	Recolección de lodos (tanques)	2	3	4	3	4	3	3	18	17	17	5	4	4	10	8	8	Critico	Grave	Grave	44	
	Quema de amalgama	2	2	4	3	3	3	3	16	16	16	4	4	4	8	8	8	Grave	Grave	Grave	37	
ENTABLE 18	Extracción de material de la mina	3	4	3	3	4	3	2	17	16	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	54	
	Transporte de piedra hasta entable	2	3	3	2	3	2	3	14	13	14	3	3	3	6	6	6	Moderado	Moderado	Moderado	35	
	Trituración de roca (Machadora)	2	3	4	2	3	3	2	16	16	15	4	4	4	8	8	8	Grave	Grave	Grave	37	
	Se muele el material en los Barriles	3	2	4	3	2	2	2	15	15	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	40	
	Adición de mercurio	3	3	4	2	3	3	3	16	16	16	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46	
	TECNIFICADO / CIANURO																					

	Lavado de lodo (Marraña)		3	2	4	3	3	2	2	16	15	15	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46
	Recolección de lodos (tanques)		2	4	4	4	4	3	3	20	19	19	5	5	5	10	10	10	Critico	Critico	Critico	51
	Quema de amalgama		3	3	4	4	4	3	3	19	18	18	5	5	5	15	15	15	Critico	Critico	Critico	56
ENTABLE 19	PEQUEÑO	Extracción de material de la mina	3	2	3	2	3	2	2	13	12	12	3	4	3	9	12	9	Moderado	Grave	Moderado	38
		Transporte de piedra hasta entable	2	2	2	1	1	1	2	8	8	9	2	2	2	4	4	4	Leve	Leve	Leve	22
		Trituración de roca (Machadora)	2	2	3	1	1	2	2	10	11	11	2	3	3	4	6	6	Leve	Moderado	Moderado	24
		Se muele el material en los Barriles	2	3	3	2	2	2	3	13	13	14	3	3	3	6	6	6	Moderado	Moderado	Moderado	33
		Adición de mercurio	3	2	4	3	3	3	4	16	16	17	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	46
		Lavado de lodo	3	2	4	3	4	2	3	17	15	16	4	4	4	12	12	12	Grave	Grave	Grave	48

	(Marra na)																					
	Recol ección de lodos (tanques)	2	3	4	3	4	3	3	18	17	17	5	4	4	10	8	8	Critic o	Grav e	Grave	44	
	Quem a de amalg ama	2	2	4	3	3	3	3	16	16	16	4	4	4	8	8	8	Grav e	Grav e	Grave	37	
ENT ABL E 20	PEQUE ÑO	Extrac ción de materi al de la mina	3	2	3	2	3	2	2	13	12	12	3	3	3	9	9	9	Mod erado	Mod erado	Moder ado	38
		Trans porte de piedra hasta establ e	2	2	2	1	1	1	2	8	8	9	2	2	2	4	4	4	Leve	Leve	Leve	22
		Tritura ción de roca (Mach adora)	2	2	3	1	1	2	2	10	11	11	2	3	3	4	6	6	Leve	Mod erado	Moder ado	24
		Se muele el materi al en los Barrile s	2	3	3	2	2	2	3	13	13	14	3	3	3	6	6	6	Mod erado	Mod erado	Moder ado	33
		Adició n de mercurio	3	2	4	3	3	3	4	16	16	17	4	4	4	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	46
		Lavad o de lodo (Marra na)	3	2	4	3	4	2	3	17	15	16	4	4	4	12	12	12	Grav e	Grav e	Grave	48

	Recol ección de lodos (tanqu es)	2	3	4	3	4	3	3	18	17	17	5	4	4	10	8	8	Critic o	Grav e	Grave	44
	Quem a de amalg ama	2	2	4	3	3	3	3	16	16	16	6	4	4	12	8	8	Grav e	Grav e	Grave	37