

**EFFECTOS DE LOS METALES PESADOS ASOCIADOS AL PROCESO DE
EXTRACCIÓN Y OBTENCIÓN DE ORO EN LA CALIDAD DE LOS CUERPOS DE
AGUA SUBTERRÁNEOS EN EL PÁRAMO DE SANTURBÁN REPORTADOS EN
LA LITERATURA**



LAURA CATALINA RUIZ DUARTE

Microbióloga Industrial

TRABAJO DE GRADO

Presentado como requisito para optar al título de Magister en Gestión Ambiental

Marcela Franco Correa M.Sc, Ph.D.

Directora

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C., COLOMBIA,**

2021

ARTÍCULO 23, RESOLUCIÓN #13 DE 1946.

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará porque no se publique nada en contra del dogma y la moral católica y porque las tesis no tengan ataques personales contra alguna persona, antes bien se vean en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mis padres y mi familia por brindarme las herramientas necesarias para poder alcanzar este logro, por creer en mis capacidades y animarme a trabajar por mis sueños, por darme la confianza necesaria para emprender este camino y superar todas las adversidades que se presentan, por siempre estar dispuestos a darme su apoyo en cada proyecto y meta que me propongo.

A la doctora Marcela, por siempre tenerme en cuenta en proyectos en pro de mi formación académica y mi crecimiento personal, por su guía y palabras de fortaleza ante las adversidades que se presentaron y me motivaron a seguir luchando por mis sueños, por tenerme paciencia durante este proceso, por brindarme todo su conocimiento y tiempo para esta aventura.

Infinitas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	8
1. Introducción.....	9
1.1. Planteamiento del Problema.....	9
1.2. Justificación.....	9
1.3. Pregunta de investigación.....	11
2. Objetivos.....	11
2.1. Objetivo general.....	11
2.2. Objetivos específicos.....	11
3. Marco Referencial.....	12
3.1. Marco conceptual.....	12
3.2. Marco Teórico.....	13
3.2.1. Actividades extractivistas.....	13
3.2.2. El oro en la extracción minera.....	14
3.2.3. Impactos Ambientales de la extracción de oro.....	19
3.2.3.1. Impactos en el suelo.....	22
3.2.3.2. Impactos en el recurso hídrico.....	22
3.3. Marco Legal.....	26
3.4. Antecedentes.....	32
3.4.1. Actividades extractivistas en América Latina.....	32
3.4.2. Proyectos mineros en países de América Latina.....	37
3.4.3. Proyectos auríferos en Colombia.....	41
3.4.3.1. Muriel Mining Corporation en el departamento del Chocó.....	41
3.4.3.2. Páramo de Santurbán en los departamentos de Santander y Norte de Santander.....	42
3.4.3.3. Proyectos trasnacionales canadienses en Caramanta – Antioquia.....	45
3.4.3.4. Campesinos del suroeste de Antioquia en contra de Anglo Gold Ashanti.....	46
3.4.3.5. Minería de oro en la Reserva Natural de Zaragoza, Valle del Cauca.....	47
3.4.3.6. Resistencia en el Tolima contra la invasión del proyecto La Colosa.....	47
4. Área De Estudio.....	48
5. Materiales Y Métodos.....	52
6. Resultados.....	53
6.1. Efectos ambientales de los metales pesados derivados de la extracción minera.....	53

6.1.1. Impactos en la atmósfera.	55
6.1.2. Impactos en el suelo.	55
6.1.3. Impactos en el agua.	57
6.2. Efectos ambientales de los metales pesados derivados de la extracción minera en el Páramo de Santurbán.....	64
6.2.1. Afectaciones en el área de influencia a causa del proyecto minero.	69
6.2.2. Estudios de Impacto Ambiental de Empresas Mineras en el Páramo de Santurbán.....	74
6.2.2.1. Anglo Gold Ashanti Colombia.	74
6.2.2.2. Minesa.	74
6.2.3. Estudio físico químico del agua en el municipio de California – Santander.	74
6.3. Mecanismo para la socialización de los efectos ambientales con la comunidad.	79
7. Discusión de Resultados.	80
8. Conclusiones Y Recomendaciones.	89
8.1. Conclusiones.	89
8.2. Recomendaciones.	91
9. Referencias.....	92

TABLA DE TABLAS.

Tabla 1: Impactos ambientales en el recurso hídrico	64
Tabla 2. Títulos mineros.....	67
Tabla 3: Compilación de impactos ambientales en el páramo de Santurbán.....	79

TABLA DE FIGURAS.

Figura 1 Localización geográfica del páramo de Santurbán (Instituto Humboldt, 2012)	50
Figura 2 diagrama de flujo de la metodología	53

Resumen.

El complejo Jurisdicciones-Santurbán-Berlín o Páramo de Santurbán es un ecosistema estratégico que se encuentra ubicado entre los departamentos de Santander y Norte de Santander, comprende 142.608 hectáreas entre los 3.000 y 4.290 m.s.n.m, las fuentes hídricas que nacen en este ecosistema brindan el consumo de agua de más de 3 millones de personas incluyendo las áreas metropolitanas de Bucaramanga y Cúcuta.

La principal actividad económica que se ha desarrollado a lo largo del tiempo es la extracción de oro de manera artesanal, pequeña y mediana escala; en el año 1995 llegan las primeras multinacionales con mega proyectos mineros, acelerando los impactos negativos en los recursos naturales, la economía, la cultura y la salud de los ciudadanos; dentro de estos impactos se encuentran: alteraciones en la calidad hídrica, en los suelos, en el aire, sumado a los cambios en los ciclos biogeoquímicos, en la salud de los ciudadanos, su economía y la cultura que han desarrollado a lo largo de la historia.

Si bien los impactos sobre el medio ambiente se seguirán presentando, es necesario fortalecer la educación ambiental para que los ciudadanos directamente afectados comprendan verídicamente lo que está sucediendo, formulen cambios que beneficien al ecosistema y a ellos; así como también, puedan defender su territorio de los mega proyectos extractivistas que se encuentran en la zona.

Este documento, al compilar la información existente relacionada con este tema, puede servir de guía a medioambientalistas, líderes sociales, población afectada y unidades de gestión ambiental de las diversas empresas interesadas en el medio ambiente de la zona, así como factor motivacional que lleven a investigadores a realizar estudios fisicoquímicos directamente sobre las aguas subterráneas, necesarios para argumentar la situación sobre datos científicamente analizados.

1. Introducción.

1.1. Planteamiento del Problema.

La minería en el Páramo de Santurbán se realiza a través de socavones o de forma subterránea, mediante la construcción de grandes túneles en múltiples extensiones y longitudes de kilómetros, con varios metros de diámetro y uso de maquinaria pesada, dinamita, intensiva en actividad y capital para la remoción de roca y material que se trata para extraer y separar los distintos minerales (Callejas, 2016).

Dentro de los compuestos químicos utilizados para la extracción de oro se encuentran: mercurio, cobre, plomo, zinc, arsénico, selenio, cadmio, cianuro y bismuto (Peña, 2020); estos elementos presentan una alta toxicidad ocasionando diversos impactos ambientales como: alteraciones en el paisaje, consecuencia de la destrucción de ambientes nativos, plantas y animales, pérdida de las propiedades fisicoquímicas del suelo, generación de depósitos y residuos mineros, generación de compuestos de cianuro con alto riesgo de contaminación, acidificación por acumulación y oxidación de sulfuros, alteración de cuencas hídricas superficiales y subterráneas, acidificación de los acuíferos, drenaje ácido de minas, variaciones en el pH del agua, peligrosidad de inundaciones, incremento en las tasas de sedimentación, emisión de gases que provienen de la combustión de la maquinaria, formación de aerosoles, así como impactos graves en la salud humana, (INDEPAZ, 2017; Lillo, 2018) siendo necesario estudiarlos al detalle.

1.2. Justificación.

El proceso de extracción y obtención final del oro en Colombia se denomina atomizada, es decir, existen múltiples actividades de extracción en diferentes zonas, la mayoría de las cuales no cuenta con una legalidad o formalización de su actividad (Casallas, 2014); para la extracción de oro en Colombia se presentan tres (3) técnicas: el bateo, la amalgamación con mercurio y la extracción con cianuro; estas dependen de la cantidad de oro

a extraer, la ubicación geográfica y los productores que se encuentran a cargo de estas actividades.

Dentro de los impactos que se generan como producto del proceso de extracción de oro, se encuentran la deforestación, contaminación de fuentes hídricas, eutrofización de cuerpos de agua, drenaje ácido de minas, aumento de material particulado en la atmósfera de la zona, pérdida de hábitat de especies endémicas, contaminación del suelo, disminución de la diversidad, daño general del medio ambiente y afectaciones de salud pública (Casallas, 2015); debido al uso de metales pesados y compuestos tóxicos para la extracción de este metal, que en muchas ocasiones no son debidamente tratados y terminan siendo desechados, alterando en gran porcentaje la calidad de los cuerpos de agua subterráneos en el Páramo de Santurbán; muchas de estas afectaciones no son del todo claras por parte de la comunidad, como consecuencia de la desinformación, se ve afectada la protección y defensa del territorio por parte de sus pobladores, siendo importante trasladar el conocimiento científico de las aulas hacia la población directamente afectada y complementarlo con el conocimiento que aporta la misma comunidad, sin generar sesgos políticos o activistas y en pro del bienestar de la población y el medio ambiente, permitiendo una participación justa y equitativa de todos los eslabones y actores involucrados en los procesos; para un adecuado desarrollo sostenible es necesario, una alianza entre la ciencia y conocimiento tradicional, tal como lo mencionó la Doctora Susana Fiorentino en el coloquio Ortíz-Chardin de la Facultad de Ciencias: “¿Cómo puede la ciencia moderna entrar en diálogo con el conocimiento tradicional” organizado por la Pontificia Universidad Javeriana el 17 de febrero del 2022 (Fiorentino, 2022).

En el presente documento no se diferencia la minería legal de la ilegal debido a que en ambas situaciones se presenta una contaminación del territorio y sus recursos naturales; así mismo se busca un diálogo de saberes entre el conocimiento científico y el conocimiento

tradicional valorando a la comunidad y aportando desde la ciencia, a su conocimiento y al desarrollo integral del territorio.

1.3. Pregunta de investigación.

¿Cuál es el panorama de la afectación ambiental generado por los metales pesados asociados a la actividad minera sobre la calidad de los cuerpos de agua subterráneos en el Páramo de Santurbán reportados en estudios realizados hasta la fecha?

2. Objetivos.

2.1. Objetivo general.

Analizar los efectos de los metales pesados asociados al proceso de extracción y obtención de oro en la calidad de los cuerpos de agua subterráneos en el Páramo de Santurbán reportados en la literatura.

2.2. Objetivos específicos.

2.2.1. Identificar los efectos ambientales de los metales pesados asociados a la extracción y obtención de oro en la calidad de los cuerpos de agua subterráneos.

2.2.2. Correlacionar los efectos ambientales de los metales pesados asociados a la extracción y obtención de oro en la calidad de los cuerpos de agua subterráneos para ser ejemplificados en el Páramo de Santurbán de acuerdo al tipo de minería que se lleva a cabo en la localidad reportados en la literatura.

2.2.3. Determinar el mecanismo para socializar los efectos ambientales de los metales pesados asociados a la extracción y obtención de oro en la calidad de los cuerpos de agua subterráneos con la comunidad del área de influencia de estos proyectos.

3. Marco Referencial.

3.1. Marco conceptual.

Extracción minera de oro (Salva la selva, 2011): en el panorama mundial el oro es un bien de consumo altamente deseado. Para obtener una pequeña cantidad de este metal precioso es necesario remover, romper y tamizar enormes cantidades de rocas; es uno de los elementos más escasos del planeta tierra y presenta concentraciones muy bajas en relación con la cantidad de material necesario para remover.

Compuestos químicos utilizados (Peña, 2020): para lograr una adecuada extracción del oro se utilizan múltiples compuestos químicos como: ácidos, cianuro, sales de ácido cianhídrico, mercurio, cobre, plomo, zinc, arsénico, selenio, cadmio, bismuto, telurio, uranio, entre otros, que al no ser destinados de manera adecuada ocasionan diversos impactos en el ecosistema.

Impactos negativos (Peña, 2020 ; Samaniego, 2010): debido a las grandes cantidades de compuestos químicos utilizados para la extracción del oro y el inadecuado uso de estos, se presentan alteraciones o impactos negativos en los ecosistemas, tales como: deforestación, pérdida de flora y fauna, emisiones de compuestos peligrosos, cambio en el uso del suelo, contaminación del suelo, erosión, acidificación y pérdida de cuerpos de agua, eutrofización, cambio en la microbiota del suelo y afectaciones para la salud de la población debido al uso y consumo de agua contaminada, entre otros.

La **calidad del agua** (Ministerio de Ambiente), se define como aquellas condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y cumpla con objetivos de calidad determinados por características físicas, químicas, biológicas y ecológicas.

3.2. Marco Teórico.

3.2.1. Actividades extractivistas.

Corresponden a trabajos extractivistas todas aquellas actividades de explotación de recursos naturales, donde la mitad o más son comercializados exportados como materias primas, sin procesamiento industrial o procesamientos limitados, en el caso del Páramo de Santurbán, el elemento extractivo es el oro. A partir de la década de los 2000 se presenta un crecimiento e intensificación de la extracción minera en América Latina y, como consecuencia, un aumento en los problemas ambientales y sociales en aquellas regiones donde se presentan estas actividades de extracción, así como denuncias y protestas sociales originadas por el inadecuado uso de los recursos naturales (Gudynas, 2018).

Estos conflictos socio ambientales van en aumento a causa de las políticas extractivistas de los gobiernos, para quienes los recursos naturales constituyen fuentes de riqueza y desarrollo, sin importar que conlleve deterioro de los ecosistemas y la calidad de vida de las poblaciones que habitan en territorio y que han establecido una relación con los recursos naturales; la explotación de estos recursos representa para las comunidades violaciones a su territorio, su autonomía y derechos colectivos (Basto, 2017). En el Seminario Internacional “Extractivismos en México y América Latina: ¿Hay caminos hacia el desarrollo sustentable y la justicia socio-ambiental?” realizado en el Colegio de Sonora el 16 y 17 de Febrero de 2022, el Doctor Eduardo Gudynas afirma: “en América Latina se encuentran 7 de los 10 países donde se presentan asesinatos a líderes socio-ambientales” (Gudynas, 2022).

Dado el carácter intensivo y extensivo de los modelos extractivistas en términos del uso del suelo, el agua y la naturaleza, se generan grandes impactos y conflictos ambientales entre los actores empresariales que expanden sus actividades bajo patrones agresivos en términos tecnológicos y de vida, y las comunidades que tienen otra forma de relacionarse con

la naturaleza y entre sí mismos. La expansión de estas actividades se contrapone frecuentemente con formas de producción campesina, con agricultura familiar, mezcla de cultivos para el autoconsumo y el mercado local, con sociedades híbridas que dependen en buena medida de los servicios ambientales provistos por la naturaleza, ausentes de políticas gubernamentales activas, comunidades con bajo nivel de organización empresarial y en general con poco respaldo institucional. Esta realidad, hace a las comunidades más vulnerables, la expansión de tales actividades potencia los impactos socio-ambientales sobre las mismas, incrementando la exclusión hacia el uso y disfrute de los recursos naturales de los cuales subsisten, afectando sus modos y medios de vida, sus redes sociales, sus estructuras culturales y sus derechos consuetudinarios sobre los bienes comunes de los cuales dependen altamente, generándose un despojo del agua, el suelo, los territorios comunales, la biodiversidad, entre otros (Contraloría General de la República, 2014).

3.2.2. El oro en la extracción minera.

El oro es un elemento que tiene baja reactividad química, es posible encontrarlo como metal puro en forma de pepita (pieza natural de oro nativo) en los cauces de los ríos, lagos y mares; generalmente, se encuentra en pequeñas inclusiones mezclado con algunos minerales como vetas de cuarzo, pizarra, rocas metamórficas, depósitos aluviales y piritas, afirmando la presencia de oro como algo común, sin embargo, hallar concentraciones que hacen rentable su explotación es un reto que involucra amplios conocimientos geológicos. Según la Contraloría General de la República, en Colombia hay 17 departamentos y más de 80 municipios en donde se desarrollan procesos de extracción artesanal, pequeña o industrial de oro (Contraloría General de la República, 2014).

En cuanto a los conflictos socio ambientales a nivel global y de acuerdo al libro *“Minería en Colombia: control público, memoria y justicia socio-ecológica, movimientos sociales y posconflicto de la Contraloría General de la República”* (Contraloría General de

la República, 2014) el 40% de estos conflictos tienen lugar en América Latina; Colombia, es el país que ocupa el segundo lugar después de la India. Dichos conflictos representan la degradación ambiental de ecosistemas, biodiversidad, bosques, recurso hídrico, así como afectaciones a comunidades campesinas, indígenas y grupos étnicos. En Colombia, se presentan 72 conflictos inventariados, de los cuales 23 involucran la extracción de oro y como principal recurso afectado o en disputa es el agua (30%), la mayor parte de estos conflictos (85%) se desarrollan en las regiones Andina (43 casos) y Costa Caribe (20 casos), los departamentos más afectados son Cauca, Valle, Caldas, Antioquia, Santander, Córdoba, Bolívar, Magdalena, Cesar, la Guajira; en estos territorios se concentran el 90% de los habitantes del país (Contraloría General de la República, 2014).

En Colombia, el sector minero en el tercer trimestre del 2021 registra una participación del 10,43% en el PIB (ACM, 2021); es necesario tener en cuenta que estos minerales se exportan tal como se extraen, es decir, no se genera un valor agregado que dinamice la economía del territorio y si desencadena impactos ambientales negativos que no equivalen a dichas ganancias económicas. La explotación a cielo abierto o subterránea, de minerales, necesariamente implica impactos sobre el suelo, agua, aire, fauna y comunidades que habitan alrededor de las zonas mineras. No existe minería responsable, verde o inteligente; siempre se presentará un impacto ambiental negativo y aunque se trate de compañías con muchos recursos y tecnologías avanzadas, siempre habrá efectos sobre el medio ambiente irreversibles; al terminar la concesión, las compañías se van y los pasivos quedan, la remediación correrá por cuenta de los ciudadanos que nada tienen que ver con los derechos y títulos entregados por el gobierno nacional (Pardo, 2020), beneficiados en parte económicamente pero perjudicados en los efectos que se generan de esta actividad económica, y que en su mayoría desconocen, el dinero no compensa el daño ambiental que ocasiona con este tipo de actividad extractiva. Tal como lo mencionó el doctor Eduardo

Gudynas en el Seminario Internacional “Extractivismos en México y América Latina: ¿Hay caminos hacia el desarrollo sustentable y la justicia socio-ambiental?” cuando se evalúan los impactos del extractivismo se deben realizar en clave, es decir un análisis integral del proceso de extracción y obtención del metal, y las afectaciones que se presentan en los ecosistemas, la economía, la política, la cultura y la salud de los ciudadanos afectados con esta actividad (Gudynas, 2022).

La industria minera y metalúrgica es un importante consumidor de agua, por lo que tiene un papel importante en la gestión sostenible de los recursos hídricos en los territorios en los que operan (ICMM, 2021). Para el Consejo Internacional de Minería y Metales el agua es un recurso compartido y finito que posee un alto valor social, cultural, medioambiental y económico. Es un derecho humano fundamental y un requisito básico de los ecosistemas. El agua es, además, un componente esencial de todas las operaciones mineras y metalúrgicas. No obstante, los recursos hídricos mundiales se encuentran sometidos a una presión creciente y existe un amplio reconocimiento en torno al hecho de que es preciso adoptar un enfoque holístico en cuando a la gestión del agua con el fin de lograr la sostenibilidad de los recursos y garantizar el acceso a todos los usuarios del agua en el futuro (ICMM, 2021).

Dada la creciente competencia por el agua, las industrias que dependen de ella, como la minera, se enfrentan a una vigilancia cada vez más intensa, sobre todo cuando desarrollan sus actividades en zonas de nacimiento de este recurso hídrico. Dentro de los usos del agua en la minería, están los procesos de exploración, explotación, concentración por flotación, fusión y electro refinación, procesos hidro metalúrgicos y extracción por solventes, entre otros (CEPAL, 2009), ocasionando innumerables impactos ambientales sobre el recurso hídrico.

Se reconoce un aumento en los desafíos del agua a nivel mundial, los recursos de agua dulce en nuestro planeta Tierra son finitos y están bajo la presión de la industrialización, la urbanización, el cambio climático y las necesidades de una población mundial en crecimiento. Para satisfacer la demanda, se necesita cambiar la forma en la que se usa, gestiona y comparte el agua; esto requerirá una colaboración y acción concertada de todas las partes, incluido el gobierno, la sociedad civil, las empresas y comunidades locales (Alliance for responsible Mining, 2018).

Con la firma del acuerdo de paz en Colombia, se promueve la profundización del sector minero (extractivismos) responsable de la degradación y pérdida de ecosistemas, desplazamiento de comunidades, desabastecimiento hídrico en algunas regiones, además se avanza en acciones para la privatización de los bienes comunes (OCMAL, 2017). En el artículo 173 de la ley 1753 del 2015, se establece la protección y delimitación de páramos, en estas áreas no se podrán adelantar actividades agropecuarias ni de exploración o explotación de recursos naturales no renovables, ni la construcción de refinerías de hidrocarburos (Congreso de la República, 2015). A través de la Sentencia C-035 de 2016, se establece que en las áreas conjuntas a la delimitación no se estará permitido otorgar títulos mineros para la exploración y explotación de hidrocarburos, ni el desarrollo de actividades agropecuarias; estas áreas serán objeto de ordenamiento y manejo integral por parte de las entidades territoriales de conformidad con los lineamientos que establezcan las Corporaciones Autónomas Regionales, con el fin de atenuar y prevenir las perturbaciones sobre el área delimitada como páramos y contribuir con la protección y preservación de estas; así mismo, se busca ajustar la “política minera” con cara a la “economía verde” para poder enfrentarse a la movilización social frente a los daños ambientales y sociales de la minería y la consulta previa con la participación de las comunidades (Corte Constitucional, 2016).

En el Páramo de Santurbán, el metal extraído es el oro, este se concibe como un metal estratégico cuya explotación se ha insertado en los denominados “Proyectos de Interés Nacional y Estratégico -PINES-” debido a que sus explotaciones a gran escala “generarán grandes recursos económicos” (EITI, 2016) pese a su ubicación en ecosistemas estratégicos como lo son los páramos o bosques alto andinos provocando impactos ambientales difíciles de remediar. A esto se adjuntan los “Proyectos de Interés Regional y Estratégico -PIRE-” en donde se plantea la expansión de la frontera extractivista o la implementación en zonas de protección ambiental como lo es el Páramo de Santurbán; con el fin de cumplir la visión “Colombia país minero 2019” que busca cuadruplicar la producción de oro en el país (OCMAL, 2017). Permitir minería subterránea en ecosistemas como el Páramo de Santurbán va en contra de las grandes preocupaciones mundiales en materia climática, los compromisos adquiridos por el gobierno en el Acuerdo de Paris, entre otros, y al anhelo y exigencias de miles de ciudadanos del gran Santander para que se preserve el páramo y el agua, como fuentes de vida (Pardo, 2020).

El proceso de obtención de oro consta de varias etapas: la exploración consiste en ubicar zonas donde exista la presencia de oro, se toman rocas del suelo para conocer los minerales y elementos que las conforman, si los análisis dan positivos se procede a la perforación donde se sacan muestras de diferentes profundidades para determinar tipo, cantidad, profundidad y otras características del mineral. La segunda etapa consiste en la extracción y transporte del material que contiene oro hasta las pilas de lixiviación, en esta etapa se llevan a cabo procesos netamente mecánicos; el material es descargado en las pilas de lixiviación y lavado por soluciones con distintos compuestos químicos para recuperar el oro, posteriormente en el proceso Merrill Crowe en donde se limpia y filtra el material, se elimina el oxígeno y se añade el polco de Zinc par precipitar el oro y hacerlo sólido,

finalmente el oro obtenido es sometido a operaciones de secado en hornos a 650°C y procesos de fundición en horno a 1.200°C para obtener el producto final (Weebly, 2010).

El oro en el país también se ha vinculado a la financiación de la violencia y a la extracción por parte de los mineros informales, que, pese a no pagar impuestos, regalías ni contraprestaciones, los materiales extraídos entran en la cadena de trazabilidad del oro. La situación de la minería no formal ha llevado a que el gobierno plantee proyectos para formalizar la pequeña minería. En el 2010 se creó la Dirección de formalización minera que busca legalizar la explotación minera de subsistencia y la pequeña minería, a la cual se le ha asignado los mayores impactos socio ambientales (OCMAL,2017).

3.2.3. Impactos Ambientales de la extracción de oro.

Los impactos ambientales que se presentan en la extracción aurífera, dependen en gran medida de la técnica utilizada para la extracción, el tipo de minería y la cantidad de material a extraer; dentro de las principales técnicas están: el bateo, la amalgamación con mercurio y la extracción con cianuro. El bateo, consiste en el uso de utensilios denominados bateos, que permiten movimientos circulares, separando los materiales de mayor peso como el oro de una matriz de arena y agua del río, mientras que la arena superficial se retira con el agua por la misma densidad, esta técnica es utilizada principalmente por mineros artesanales y de pequeña escala. De acuerdo con el doctor Eduardo Gudynas, la minería de oro es de las actividades extractivas que mayores afectaciones genera en los ríos y selvas de la región andino amazónica (Gudynas, 2022).

La amalgamación con mercurio aprovecha las propiedades químicas del oro, las mezclas de arenas finas con oro se mezclan con mercurio, provocando que este último atrape el mineral en una masa moldeable denominada amalgama; finalmente, esta amalgama se somete a presión y a altas temperaturas para retirar el mercurio que posteriormente se elimina y obtener el oro para la exportación. Otra manera de hacer la extracción de oro es utilizando

la técnica de cianuración, evitando el uso del mercurio; consiste en utilizar cianuro concentrado, cloruros o nitratos como solución lixivante y ponerlo en contacto con el material que contiene el oro que previamente ha sido molido finamente, en esta fase acuosa se desprenden los otros compuestos presentes en el material, los cuales son retirados de la mezcla a través de precipitaciones químicas, recuperando el oro, dejando la solución con cianuro y otros subproductos que debe ser manejada de forma adecuada para evitar la contaminación (Contraloría General de la República, 2014).

En el caso de la minería subterránea, a medida que se perfora la montaña, se generan fenómenos asociados a la presencia de oxígeno, aguas subterráneas, microorganismos y sulfuros presentes en el mineral y las rocas, que al entrar en contacto con el exterior, producen distintos ácidos como el ácido sulfúrico, contribuyendo en gran medida a la producción de lluvia ácida, fenómeno importante a nivel mundial, convirtiendo en zonas inhabitables muchas regiones en el mundo; se estima que por cada tonelada de material removido se forman 72 kilos de este ácido, llevando el pH del agua presente a valores inferiores a 2 impidiendo la vida de cualquier especie animal, vegetal o microorganismos (Peña, 2020).

En las fases de lixiviación y proceso de Merrill Crowe se utilizan grandes cantidades de elementos químicos tóxicos como el arsénico, cadmio, cianuro, plomo, selenio, cobre, zinc, molibdeno, telurio, uranio y mercurio que no cumplen con una función biológica conocida, son destructores y contaminantes de los ecosistemas. El desarrollo de actividades extractivistas en ecosistemas estratégicos como lo son los páramos, conlleva el desplazamiento violento de poblaciones, no producción de alimentos, carencia de agua potable, exposición a sustancias tóxicas, desertificación irreversible, deforestación, aumento de la temperatura, graves impactos en la salud humana, destrucción de flora y fauna y aumento de gases carbónicos, entre otros impactos (Peña, 2020).

El desarrollo de proyectos mineros trae consigo diversos impactos ambientales que se presentan en la atmósfera, el suelo, el agua, la salud de las comunidades; así como también impactos económicos, sociales y culturales. Dentro de las afectaciones que se presentan en la atmósfera están: emisiones de gases (CO_2 , NO , SO , SO_2) originarios de la combustión y la actividad minera, formación de aerosoles (NaCN) durante la explotación y la formación de las pilas de material a extraer, estos gases en el aire alteran la calidad de este, así como la salud de las comunidades que se encuentran aledañas al proyecto minero (Lilo, 2018). El dióxido de carbono (CO_2) es el gas de mayor influencia en el efecto invernadero, puesto que es el responsable del 70% del calentamiento de la tierra, el incremento del nivel del mar, tormentas más intensas, aumento de sequías y acidificación de los cuerpos de agua. Por su parte, el óxido nítrico, óxido de nitrógeno o monóxido de nitrógeno (NO) al reaccionar con sustancias químicas producidas por la luz solar genera ácido nítrico (constituyente de la lluvia ácida), así como ozono y smog contribuyendo a los gases efecto invernadero; de la misma forma que lo hacen el óxido de azufre (SO) y dióxido de azufre (SO_2), principales causantes de la lluvia ácida, estos compuestos al ser inhalados se hidratan con la humedad de las mucosas, generando un riesgo para la salud de las personas y otros seres vivos al producir constricción bronquial, dificultad para respirar e irritación ocular (Vladimir *et al.*, 2019). El cianuro de sodio (NaCN) tiene alta capacidad de combinación con metales como el Oro (Au), Plata (Ag), Hierro (Fe), Mercurio (Hg), por esto es altamente utilizado en procesos de lixiviación con el oro, esta sal es soluble en agua, pudiendo “movilizar” metales tóxicos para los seres vivos, ocasionando muerte celular, irritación de mucosas, dolores de cabeza, náuseas, taquicardia, edema pulmonar y coloración de la piel roja o rosa, dermatitis, agrandamiento de la glándula tiroides, entre otros.

3.2.3.1. Impactos en el suelo.

Dentro de los impactos que se presentan en el suelo están: pérdida de propiedades físicas (variaciones en la textura como porosidad y permeabilidad por procesos de esponjamiento, compactación, deposición de partículas y formación de costras), pérdida de la estructura edáfica por compactación, mezcla de horizontes, deposición de partículas y horizontes, variaciones en el régimen hídrico del suelo por alteraciones en el nivel freático y variaciones texturales y estructurales, acumulación de vertidos como escombreras o construcción de infraestructuras, contaminación por metales pesados como Cobre (Cu), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg) e hidrocarburos generados por efluentes líquidos y sólidos, acidificación por acumulación y oxidación de sulfuros y drenajes ácido de minas, adición de sales al suelo en forma de sulfatos, deforestación, erosión, pérdida de suelo fértil, modificación del relieve, alteración de la dinámica de los procesos de ladera que conllevan peligros geotécnicos y alteraciones en el nivel freático, subsidencia por huecos, cambios en el uso del suelo, alteraciones y pérdida de cultivos que conllevan a problemas económicos y desplazamiento de la población afectada buscando nuevas formas de subsistir (Lilo, 2018).

3.2.3.2. Impactos en el recurso hídrico.

El agua es crucial para los procesos mineros, para los trabajadores y sus familias, para el saneamiento básico y la existencia de miles de organismos; el agua como subproducto de la minería debe ser tratada antes de ser descargada al medio ambiente, para disminuir de esta manera los impactos ambientales como: presión en acuíferos subterráneos, alteraciones en la dinámica fluvial (variación del perfil y trazado de la corriente fluvial, variaciones en el nivel de base local, alteración en la dinámica y perfil por excavaciones, dique y represas), cambio en el caudal de los ríos, aumento de la peligrosidad de inundación, alteraciones en el régimen hidrogeológico, variaciones en el nivel freático, variaciones en el régimen de recarga y modificaciones en el flujo subterráneo por efectos barrera, drenajes inducidos, infiltración restringida, compactación, modificación del relieve (Lilo, 2018; Echavarría, 2018).

Así mismo, en las técnicas mineras se liberan sedimentos en los lechos y riveras de los ríos; las altas cargas de sedimentos y la mayor turbidez presentan un impacto en los atributos espectrales del campo de luz en el agua. La suspensión de partículas arcillosas atenúa activamente la penetración de la luz porque la dispersa y elimina importantes componentes del espectro de radiación fotosintética activa. Esta pérdida de porción de luz visible tiene un impacto negativo en la capacidad fotosintética a través de la productividad primaria y de la columna de agua como el fitoplancton y las plantas vasculares que sustentan la estructura trófica de los hábitats. Por otro lado, la deposición abundante de sedimentos en suspensión en el cauce del río reduce la textura del substrato que es crucial para mantener una comunidad diversa de organismos. Se ha demostrado que los sedimentos en suspensión afectan el comportamiento de los peces cuando buscan su alimento, sobre todo el de los depredadores ápice, porque alteran la visibilidad y el rendimiento cardiovascular (Hammond, 2013). Así mismo, el aumento de dichos sedimentos ocasiona procesos de eutrofización de fuentes hídricas, además el uso de esta agua contaminada trae consigo alteraciones a las propiedades físico químicas del suelo, así como en la calidad y productividad de cultivos que son regados con estas aguas, trayendo implicaciones en la soberanía alimentaria y la economía de la región.

La explotación de oro es de las fuentes puntuales más comunes de la contaminación por metales pesados en todo el mundo (Hammond, 2013), sobre todo cuando no se manejan adecuadamente los efluentes de las colas de minerales sulfurosos. La contaminación ambiental por mercurio se ha convertido en una problemática global, pues representa un inmenso riesgo sobre la salud de la población, el equilibrio del ecosistema y sobre la sostenibilidad a mediano y largo plazo de los procesos productivos (Ministerio de Salud y Protección social, 2018).

La facilidad de su uso y su bajo costo han hecho de la amalgamación con mercurio el método preferido en las explotaciones de oro; la cantidad de mercurio que se utiliza por cada kilogramo de oro producido oscila entre 1 a 4 kilogramos (Hammond, 2013), es por esto que la cantidad de mercurio que se esparce en el ambiente dependen de la cantidad de oro producido. En la región, se ha utilizado el mercurio para refinar oro y plata desde la década de 1550. Se estima que, en la producción de oro, realizada en el periodo comprendido entre los años 1900 a 2010, se utilizaron 203.700 toneladas de mercurio (Hammond, 2013). Si bien en los últimos años, los pequeños mineros han decidido reemplazar el mercurio en el proceso extractivo, afirman que el porcentaje de oro que obtienen sin utilizar el mercurio es inferior que, al utilizarlo, razón por la cual este elemento es de gran importancia en el proceso extractivo. Es un elemento muy estable que puede mantenerse en el medio ambiente durante miles de años una vez liberado de la litósfera; en estudios realizados en suelos y lechos de quebradas en la Zona Minera Miraflores (Municipio de Quinchía, Risaralda – Colombia), se observa la presencia de mercurio en el suelo de estas zonas, a pesar que hace más de 20 años que se cerraron las minas (Camargo, 2014). La exposición a mercurio representa una amenaza directa para la salud de entre diez y quince millones de personas que participan en la extracción de oro, principalmente en países de África, Asia y Sudamérica. Colombia es probablemente la tercera fuente de emisión de mercurio después de China e Indonesia (Ministerio de Salud y Protección social, 2018).

Por otra parte, se presentan drenajes ácidos de minas por la oxidación de los sulfuros contenidos en los minerales, a través de la exposición al aire y al agua, este efecto se produce naturalmente (drenaje ácido de las rocas –DAR-), pero que se agrava y magnifica por el grado de molienda y remoción de enormes cantidades de rocas (drenaje ácido de minas –DAM-). Las soluciones ácidas pueden alcanzar aguas superficiales o subterráneas de acuerdo a la hidrología del lugar. El potencial para la generación de ácido y la liberación de otros

metales pesados aumenta por la exposición de las rocas a la atmósfera y la presencia o ausencia de microorganismos como *Thiobacillus ferrooxidans* que oxidan los metales que contienen sulfuros, provocando una acelerada generación del ácido (Hammond, 2013) generando una disminución del pH (valores de 2 o 3) cargadas en aniones en las que generalmente son más solubles los metales pesados como el Cobre (Cu), Plomo (Pb), Zinc (Zn), Astatato (As) y Cadmio (Cd) (Peña, 2020).

El uso de suelo y aguas contaminadas traen consigo implicaciones económicas, culturales y de salud en las comunidades del área de influencia del proyecto. Dentro de las afectaciones a la salud se encuentran las enfermedades producidas por mercurio, plomo, cianuro y cadmio, que han sido ampliamente estudiadas siendo productoras de enfermedad pulmonar crónica, trastornos cerebrales degenerativos como alzhéimer, esclerosis múltiple, cáncer especialmente cerebral y pulmonar, enfermedades autoinmunes como lupus y malformaciones congénitas. Sin embargo, el elemento más tóxico es el arsénico, productor de diversas enfermedades incurables.

En el proceso de extracción del oro, el arsénico se utiliza en el proceso de la tostación, en donde se liberan grandes cantidades de arsénico, hierro y azufre; por cada tonelada de tierra extraída se producen 356 gramos de arsénico y 72 kg de ácido sulfúrico (Peña, 2020); no se conoce un sistema que impida la presencia de arsénico en las aguas subterráneas generando agua ácida y tóxica. Este elemento presenta alta toxicidad en procesos celulares como: alteración de procesos enzimáticos (impide la respiración de las células, el metabolismo de la glucosa y acelera el proceso de oxidación), lesiones en el DNA provocando diversas mutaciones, lesión y destrucción de mitocondrias (Peña, 2020).

Dentro de las afectaciones a la salud que podrían presentarse dentro de la comunidad del área de influencia están: neuropatías, encefalopatías, trastornos de aprendizaje,

disminución de actividades motoras, inhibición o proliferación de células inmunes, inducción de enfermedades autoinmunes, lesiones cardíacas, daño en el sistema vascular, disfunción renal, cáncer de riñón y vejiga, anemia hemolítica, trombocitopenia, fibrosis hepática, cirrosis, disfunción pulmonar, aumento de enfermedades respiratorias, infertilidad en ambos sexos, disfunción y necrosis en gónadas masculinas, cáncer de próstata, en el caso del feto se presenta retraso de crecimiento, malformaciones congénitas y hasta la muerte; en el sistema endocrino se presenta diabetes mellitus T2 y cáncer de páncreas, a nivel muscular se presenta debilidad, progresiva disminución de movilidad funcional, adicionalmente, se desarrolla melanososis queratosis, cambios de pigmentación de la piel y cáncer dérmico (Peña, 2020). En numerosos estudios se han documentado niveles desconcertantemente elevados de mercurio en personas que residen en la región y cuyo sustento depende de los sistemas de agua dulce, así mismos se generan pérdidas económicas por la contracción del mercado debido a las restricciones que imponen a la venta de pescado contaminado con mercurio (Hammond, 2013).

3.3. Marco Legal.

La **Ley 685 de 2001** o Código Minero (Congreso de la República, 2001) en su artículo 34, establece aquellas zonas excluibles de la minería: no podrán ejecutarse trabajos y obras de exploración y explotación minera en zonas declaradas y delimitadas conforme a la normatividad vigente como de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables o del ambiente y que, de acuerdo con las disposiciones legales sobre la materia, expresamente excluyan dichos trabajos y obras. Estas zonas deberán ser delimitadas geográficamente por la autoridad ambiental con base en estudios técnicos, sociales y ambientales con la colaboración de la autoridad minera.

Para esa fecha el Páramo de Santurbán no se encontraba delimitado, permitiendo la actividad minera en este territorio; es hasta el año 2012 cuando el Ministerio de Ambiente y

la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga solicitan al Instituto Alexander Von Humboldt un estudio que permitiera establecer el límite inferior de este ecosistema para así protegerlo de actividades extractivistas.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el año 2014 emite la **resolución 2090** (Ministerio de Ambiente, 2014) por medio de la cual se delimita el Páramo Jurisdicciones - Santurbán - Berlín y se adoptan otras determinaciones. En el artículo 1, se establecen los límites del Páramo que se encuentra en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) y la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR) en conformidad con los estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales elaborados por las corporaciones y los aportes del Instituto Alexander Von Humboldt, se constituye un área de Páramo de 98.994 hectáreas aproximadamente y un límite inferior de 3.200 m.s.n.m aclarando que existen algunas zonas cuya delimitación desciende hasta los 2.800 m.s.n.m debido a las características de la vegetación.

En el artículo 5 de la ya mencionada resolución, se especifican las directrices para actividades mineras: a partir del 9 de febrero del 2010 está prohibido por ley celebrar contratos de concesión mineros, otorgar nuevos títulos mineros en el ecosistema de páramo o expedir nuevas licencias ambientales que autoricen el desarrollo de actividades mineras en estos ecosistemas. Las actividades mineras que cuenten con contratos de concesión o títulos mineros, así como licencia ambiental o el instrumento de control y manejo ambiental equivalente, otorgados antes del 9 de febrero de 2010, que se encuentren ubicadas en el interior del área identificada como “Área de Páramo Jurisdicciones - Santurbán - Berlín” podrán seguir ejecutándose hasta su terminación, sin posibilidad de prórroga, sujetas a un estricto control por parte de la autoridad minera y ambiental, así como de las entidades territoriales. El proyecto propuesto por la empresa MINESA en el año 2015 y que fue

presentado al Estado y a la comunidad, establece que la parte más alta de intervención del proyecto (boca del túnel) se encuentra a 2.640 m.s.n.m es decir 460 metros por debajo del límite establecido en ese momento.

Así mismo, en el artículo 12 de dicha resolución, se plantea la gestión participativa: la implementación de las directrices establecidas por parte de las Autoridades Ambientales Regionales, las entidades territoriales y demás entidades públicas que tengan que concurrir en la gestión integral de dicho territorio, deberán incentivar y promover la participación de los pobladores de la región.

En el año 2016, con la delimitación realizada al Páramo de Santurbán y la **Sentencia C-035** (Corte Constitucional, 2016) se prohíbe cualquier tipo de actividad minera en las áreas delimitadas como páramos. Así mismo, establece que una delimitación inadecuada o que no consulte sólidos criterios científicos puede llegar a afectar los ecosistemas de páramo, causando un riesgo para la disponibilidad y continuidad de servicios ambientales de los cuales dependen el derecho fundamental al agua; más aún una delimitación inadecuada, podría llegar a permitir la utilización de suelo de los páramos para actividades mineras y de hidrocarburos.

En ese mismo año, la Corte Constitucional mediante la **sentencia T-445** (Corte Constitucional, 2016), ordenó al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, al Ministerio del Interior, a la Unidad de Parques Nacionales Naturales, al Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y a la Contraloría General de la República, la conformación de una mesa de trabajo interinstitucional con el objetivo de generar investigación científica y sociológica y se precisen las conclusiones gubernamentales respecto a los impactos de la actividad minera en los ecosistemas del territorio colombiano. En cuanto a la extracción del oro, existen grandes proyectos de exploración con un potencial

interesante para el país; sin embargo, algunos de estos presentan dificultades derivadas de la percepción de la sociedad por los impactos ambientales y sociales que pueden generar los proyectos en etapas posteriores, que ha llevado a la oposición temprana a su ejecución, incluso antes que se determine la viabilidad técnica, ambiental, económica, social y cultural.

Así mismo, es prioritario que los proyectos mineros de todas las escalas realicen sus procesos siguiendo los más altos estándares técnicos, ambientales y sociales (incluyendo el respeto por los derechos humanos), y es deber de la Agencia Nacional de Minería -ANM- asegurar que el seguimiento y fiscalización se desarrolle en forma óptima; es por esto que diseñó y puso en marcha una iniciativa que busca que en todos los proyectos mineros implementen de manera obligatoria un Plan de Gestión Social como instrumento de gestión sistemática, continua, ordenada e integral, que consolida los programas, proyectos y actividades que desarrolla un concesionario minero para prevenir, mitigar y atender los riesgos sociales generados por el desarrollo del proyecto minero; así como incrementar las oportunidades y beneficios generados por el mismo (Corte Constitucional, 2016).

En el año 2017 la Corte Constitucional consideró que la delimitación realizada en el año 2014 había vulnerado el derecho a la participación ciudadana, debido a la falta de socialización y concertación con la comunidad de los 30 municipios que tienen jurisdicción dentro del Páramo, es por eso por lo que se promulga la **Sentencia T-361 del 2017** (Corte Constitucional, 2017). En la primera delimitación no se contemplaron las características sociales y económicas de los municipios relacionados con el ecosistema, miles de campesinos y mineros de la región de Soto Norte – Santander- tuvieron que dejar de realizar las actividades que desarrollaron por años debido a que sus predios quedaron por dentro de la delimitación del páramo, lo que implica que el suelo solo se puede usar para conservación y contemplación. Holmes Valbuena, exalcalde de California, Santander afirmó: “las personas que viven en los territorios delimitados se quedaron sin poder realizar ninguna actividad

económica, sin tener de que vivir; ellos nos han recibido ni siquiera una visita, el llamado que se hace para la nueva delimitación es que se pongan en los zapatos de la gente que ha vivido ahí por generaciones y que de un momento a otro le vienen a decir que no puede criar una gallina o tener una vaca; ellos no viven del aire”. Así mismo, Edwin Esteban, líder social y ex asesor de la alcaldía de Suratá, aseguró “lo que se busca como provincia es que se excluyan las zonas que ya están intervenidas, esto no quiere decir que no haya conservación, nosotros somos los que hemos cuidado el medio ambiente durante años, es la gente con su sabiduría; sacarlos del páramo significaría un desplazamiento de la población”. “El país le cargó la responsabilidad del páramo a un Ministerio y debería ser un trabajo integral del Estado, la comunidad, las empresas y todas las instituciones en donde se piense el páramo como un territorio complejo y no como un objeto al que hay que hacerle algo por cumplir una orden” Juan Carlos Alemán, biólogo marino y director de la Corporación Itzea (El Tiempo, 2020).

En el año 2018, el Congreso de la República promulga la **Ley 1930** (Congreso de la República, 2018) que tiene como objetivo establecer como ecosistemas estratégicos los páramos, así como fijar directrices que propendan por su integralidad, preservación, restauración, uso sostenible y generación de conocimiento. En el artículo 2, se establece que los páramos se entienden como territorios de protección especial que integran componentes biológicos, geográficos, geológicos, hidrográficos, sociales y culturales; así mismo, son indispensables en la provisión del recurso hídrico, se consideran de prioridad nacional e importancia estratégica para la conservación de la biodiversidad del país. En el artículo 5, se presentan las obras y actividades que se prohíben desarrollar en los páramos, tales como: desarrollo de actividades de exploración y explotación minera, en este caso, el Ministerio de Minas y Energía en coordinación con las autoridades ambientales y regionales con base en los lineamientos que expida el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamentará los lineamientos para el programa de sustitución que involucre el cierre, desmantelamiento,

restauración y reconfiguración de las áreas intervenidas por las actividades mineras y diseñará, financiará y ejecutará los programas de reconversión o reubicación laboral de los pequeños mineros tradicionales que cuenten con título mineros y autorización ambiental procurando el mejoramiento de sus condiciones de vida; así mismo se prohíbe la disposición final, manejo y quema de residuos sólidos y/o peligrosos, las talas, con excepción de aquellas que sean necesarias para garantizar la conservación de los páramos, siempre y cuando cuenten con la autorización y lineamientos de la autoridad ambiental; se prohíbe la degradación de cobertura vegetal nativa.

En el artículo 10 de la ley mencionada anteriormente, los Ministerios de Agricultura y Desarrollo Rural, Minas y Energía y sus entidades adscritas o vinculadas y las entidades territoriales, en coordinación con las Corporaciones Autónomas Regionales, y bajo las directrices del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible concurrirán para diseñar, capacitar y poner en marcha programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias de alto impacto y pequeños mineros tradicionales que se veían desarrollando con anterioridad al 16 de Junio de 2011 previa definición y que se encuentren al interior del área de páramo delimitada, con el fin de garantizar la conservación de los páramos y el suministro de servicios ecosistémicos. Se deberá brindar a las comunidades el tiempo y los medios para que puedan adaptarse a la nueva situación, para lo cual se deberán tener en cuenta los resultados de caracterización de los habitantes del páramo para lograr una transición gradual y diferenciada por tipo de actor. De igual manera, en el artículo 13 - restauración- se deberán vincular a los habitantes tradicionales de los páramos en los procesos de restauración que se desarrollen en dichos ecosistemas, para lo cual se adelantarán las acciones de acompañamiento, capacitación, asistencia técnica y remuneraciones necesarias.

3.4. Antecedentes.

Hoy en día el agua en la minería encabeza las agendas de los gobiernos, los mineros y las comunidades; requiere ser abordada con seriedad. Según el Consejo Internacional de Minería y Metales, el agua es un preciado recurso compartido con un alto valor social, cultural, ambiental y económico. El acceso al agua ha sido reconocido como un derecho, que es parte integral del bienestar, de los medios de vida y las prácticas espirituales y culturales de muchas comunidades; también es esencial para el funcionamiento saludable de los ecosistemas y los servicios que ellos brindan. Así mismo, reconocen que los desafíos del agua van en aumento en todo el mundo. Los recursos de agua dulce de la Tierra son finitos y están bajo la presión de la industrialización, la urbanización, el cambio climático y las necesidades de una población mundial en crecimiento; estos desafíos se comparten entre países, sectores industriales y la sociedad. Para satisfacer la demanda, es necesario cambiar la forma en que se usa, se gestiona y se comparte el agua, siendo necesaria la colaboración y acción concreta de todas las partes, incluidos el gobierno, la sociedad civil, las empresas y las comunidades locales (OCMAL, 2019). Se requiere que cada empresa minera, cualquiera que sea su tamaño, implemente un plan efectivo de gestión del agua dentro de su área minera.

3.4.1. Actividades extractivistas en América Latina.

Con su abundancia y variedad de minerales, América Latina atrae gran parte de la inversión y explotación a nivel mundial. De acuerdo con datos de la CEPAL, Chile es el principal productor de cobre, Brasil el tercero de hierro, México el mayor productor de plata y Perú está entre los primeros de plata, cobre, oro y plomo; en la región se encuentra además el 61% de las reservas de litio. Brasil, Chile, México y Perú concentran el 85% de las exportaciones de minerales y metales de la región; donde existe minería invariablemente surge un conflicto. Según la CEPAL, América Latina es la zona con más conflictos socio ambientales de explotación minera. Esta región cuenta con 284 conflictos mineros, 5 transfronterizos, 301 proyectos mineros involucrados, 264 casos de criminalización de la

protesta, 39 consultas sobre minería y 162 conflictos relacionados con el agua (Deutsche, 2019).

Se registra un número considerable de casos de descalificación, obstrucción y criminalización de defensores de derechos humanos y la naturaleza. Una muestra de esto son los casos en Colombia, Ecuador, Perú, Guatemala, Honduras y El Salvador, países en los que se puede observar como la criminalización de la protesta social está dirigida a intentar callar las voces de las comunidades campesinas, pueblos indígenas, poblaciones rurales o urbanas que están siendo afectadas por actividades extractivas (OCMAL, 2011). La conflictividad se ha intensificado en el último tiempo; estudios de OCMAL (Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina) registran un alza de la criminalización de la protesta, con los mayores casos en Perú, México, Guatemala, Ecuador y Colombia.

La falta de apoyo de las comunidades locales a los proyectos mineros es un hecho innegable y uno de los problemas más graves que enfrentan las empresas mineras en la región; el rechazo se manifiesta de diversas formas, desde expresiones en medios de comunicación, protestas, acciones legales o consultas, no solamente contra los nuevos proyectos, sino también ante los ya existentes; estas manifestaciones se enfrentan con la represión, el atropello a los derechos humanos, la criminalización y judicialización de la protesta. Susanne Friess, asesora en minería y desarrollo sostenible de Misereor (Obra episcopal de la Iglesia Católica Alemana para la cooperación y el desarrollo) afirma: “las comunidades, están a la alerta ante amenazas al medio ambiente, contaminación, problemas de competencia por el uso de agua y suelo y destrucción de zonas protegidas; las comunidades se quedan sin agua o con agua contaminada, además, la minería necesita acceder al territorio y surgen problemas de poca claridad de los títulos de las propiedades. La mayoría de las comunidades que están en torno a proyectos mineros no obtienen muchos beneficios, a veces algún pago, que con el tema de la corrupción tampoco llega a todos o no

se distribuye bien” (Deutsche, 2019). La experta explica que "junto con problemas por el acceso al agua y la tierra, está la falta de participación de la comunidad en todas las etapas del proceso. No pueden opinar sobre nada, más bien tienen que someterse a decisiones que otros toman y, conociendo muchos otros casos en su región o país, no están dispuestos a pagar ese precio sin una lucha” (Deutsche, 2019).

De acuerdo con el Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina (OCMAL), la actividad minera tiene un alto impacto sobre el acceso al territorio y recursos como el agua, en muchos casos las minas están justamente en donde nace el agua, por lo que el conflicto surge ya en el momento en que la empresa pide concesión. La enorme cantidad de desechos y movimiento de tierras que genera la minería es otra causa de rechazo.

A partir de los años noventa, como resultado de una mayor apertura financiera y comercial, aunada a la revisión e implementación de nuevas leyes y normas mineras, los países andinos ampliaron la capacidad de explotación de sus recursos minerales. Bajo este nuevo escenario y gracias también al último auge de precios de las materias primas, observado durante el nuevo milenio, la minería brindó a los países un período de importantes beneficios económicos. Sin embargo, dichos beneficios no fueron aprovechados de forma eficiente para transitar hacia políticas industriales con una visión de largo plazo, que permitieran a los países aminorar su dependencia de la minería y facilitar una transición estratégica hacia una mayor diversificación productiva (CEPAL, 2018). Si bien la región cuenta con una amplia riqueza mineral que podría perdurar por mucho tiempo, los países deben avanzar hacia un mundo con una mayor proporción de reciclaje que permita eventualmente que los minerales, sin mayor procesamiento, sean sustituidos por los reciclados.

La minería acuífera en América Latina y el Caribe está inmersa en complejos vínculos entre la alta intensidad del valor del oro, su concentración espacial en formaciones geológicas específicas y las condiciones socioeconómicas que convierten a esta actividad de uso del suelo en una de las más atractivas desde el punto de vista financiero y a la vez en una de las más perjudiciales de la región (CEPAL, 2020). El extractivismo minero suele tener un triple impacto directo sobre el agua en los territorios y comunidades: la consume, contamina y destruye las fuentes. Su expansión incontrolada en muchas cuencas hidrográficas sigue dejando fuertes impactos ambientales, cambios culturales, disturbios sociales y preocupaciones para la salud humana. No obstante, en su mejor faceta, el sector minero puede desempeñar un papel significativo en el desarrollo a corto plazo de las economías regionales ya que crea empleo, incrementa los ingresos públicos como caminos y centrales eléctricas. En el largo plazo, la minería mal administrada y regulada puede generar considerables costos ecológicos y sociales; esto ocurre cuando los gobiernos no reinvierten en forma eficaz las ganancias de estas actividades para la mejora de condiciones sociales y ambientales (CEPAL, 2020).

El papel del oro en la economía mundial ha pasado de ser un respaldo monetario para convertirse en un producto primario. Se ha presentado un incremento en los precios de oro y la demanda mundial que dan lugar a un incremento de la explotación de este mineral. Las tecnologías modernas mineras han ocasionado que esta actividad extractiva se realice en zonas que no estaban destinadas para esta actividad. En el caso de la minería a gran escala, por lo general se deben realizar una amplia evaluación de impactos ambientales y sociales, obtener una larga lista de permisos y controlar con planes de gestión y operación; la probabilidad de tomar medidas correctivas es mayor en comparación con la minería a pequeña escala, pero, esto depende de que los gobiernos establezcan y hagan cumplir la normativa establecida.

La región de América Latina y el Caribe es una de las zonas con mayores especies vegetales y animales que cualquier otra región, cuenta con el almacenamiento de carbono más grande del planeta; así mismo, desempeña un papel crucial en los ciclos biogeoquímicos, la productividad de los ecosistemas y la biodiversidad a nivel hemisférico y mundial. Es por esto, que todos aquellos cambios en esta región provocarán un ajuste en comportamientos mundiales; los cambios en el uso del suelo que provocan la actividad minera alteran las tasas y capacidades de almacenamiento generando repercusiones ambientales en una amplia gama de escalas espaciales. Dentro de los impactos ambientales que trae consigo la explotación minera se encuentran: sedimentos en suspensión ya que, en las técnicas mineras se liberan sedimentos en los lechos y riveras de los ríos, las altas cargas de estos y la turbidez en el agua, presentan un impacto en los atributos espectrales del campo de luz en el agua, esta pérdida de porción de luz visible presenta un impacto negativo en la capacidad fotosintética del fitoplancton y las plantas vasculares que sustentan la estructura trófica, así mismo, un aumento de los sedimentos en suspensión en el cauce del río reduce la textura del sustrato crucial para los macro invertebrados (CEPAL, 2020).

Por otro lado, se presenta una contaminación por metales pesados, la explotación de oro es de las fuentes más puntuales y comunes de contaminación por estos compuestos. El mercurio es el metal pesado contaminante más crítico en la minera en toda la región de América Latina y el Caribe. La facilidad de su uso y su bajo costo han hecho de la amalgamación con mercurio el método preferido en las explotaciones de oro; la cantidad de mercurio que se utiliza por cada kilogramo de oro producido oscila entre 1 a 4 kilogramos, por lo que la cantidad de mercurio que se esparce en el ambiente depende de la cantidad de oro producido. En el caso de aguas de corrientes relativamente lentas o estancadas (lagos, embalses, ciénagas, cochas y caletas fluviales), se caracterizan por un pH relativamente bajo y la presencia de altas concentraciones de carbono orgánico disuelto (COD) ofrece las

condiciones ideales para la formación de metilmercurio; en este caso los peces alcanzan niveles elevadísimos en sistemas de agua dulce con estas características, causando una especial preocupación para las poblaciones ícticas de reservorios de tierras bajas y otros embalses artificiales. El mercurio es más dañino durante las primeras etapas del desarrollo, provocando un menor éxito reproductivo, un crecimiento anormal y un deterioro funcional. Adicionalmente, para la construcción de caminos de acceso se crean fuentes puntuales de acumulación de sedimentos en cruces de puentes, bloquean el drenaje cuando el sistema de alcantarillado es inadecuado y estimulan la caza de los caminos y la intrusión agropecuaria (CEPAL, 2020).

En cuanto a las consecuencias socioeconómicas se presentan afectaciones en la salud humana como desnutrición, disentería, silicosis y otros padecimientos respiratorios y de la piel asociados a la exposición a largo plazo al polvo y a productos químicos industriales. En numerosos estudios se han documentado niveles desconcertantemente elevados de mercurio en personas que residen en la región y cuyo sustento depende de los sistemas de agua dulce, así mismo se generan pérdidas económicas por la contracción del mercado debido a las restricciones que imponen a la venta de pescado contaminado con mercurio (CEPAL, 2020).

3.4.2. Proyectos mineros en países de América Latina.

Los conflictos socio ambientales en América Latina enfrentan a los actores de dos modos: por un lado, las empresas mineras y las comunidades; por otro lado, los conflictos entre el gobierno nacionales y las autoridades locales, a causa de la distribución de los ingresos tributarios provenientes de las actividades mineras, las cuales son inequitativas (Basto, 2017).

Respecto a conflictos socio ambientales, en Bolivia, en el momento en el cual se estaba postergando la aprobación de la Ley de Aguas, se estaba aprobando la Ley de Minería y Metalurgia, permitiendo operaciones mineras en cuencas de ríos y lagos, al igual que en

comunidades indígenas y áreas protegidas, esto a razón de la necesidad económica. En la ciudad de Cochabamba, se impulsó un alza en las tarifas de agua potable, debido a la presencia de una empresa multinacional que ocasionaba escases de agua por el abuso en el uso de agua para la extracción minera en esta comunidad; se generó una conciencia popular acerca de la importancia del agua y de la necesidad de contar con una normativa que proteja las fuentes hídricas y priorice el acceso de la población a este recurso natural. En el departamento de La Paz, el 67% de las cooperativas mineras operan sin licenciamiento ambiental, contaminando las fuentes de agua y la salud de la comunidad. En este país, se encuentran comunidades en total desabastecimiento de agua dulce, algunos centros urbanos no cuentan con este recurso hídrico; el derecho al agua es cada vez más vulnerado, en varios proyectos extractivistas se prioriza el agua para la minería mientras que existen poblaciones que no cuentan con este recurso (OCMAL, 2017).

Si bien el precio de los minerales extraídos en Chile ha ido en disminución, las toneladas de extracción de minerales aumentan anualmente, siendo este un modelo extractivista regional, puesto que mientras más baje el precio se agudizará la explotación de los yacimientos, considerando reducir costos económicos sin incorporar los impactos ambientales y socioculturales que se presentan. Organismos técnicos han llevado a cabo procesos sancionatorios sobre proyectos mineros, derivando multas millonarias, pero no la cancelación de la explotación sin tener en cuenta los impactos que se presentan en el ecosistema (OCMAL, 2017). En Chile el extractivismo se ha constituido no solo en un modelo económico, sino en una cultura, en una identidad fomentada por la clase política; anualmente las empresas transnacionales se llevan al exterior el equivalente a un 70% del gasto público total (en algunos años como el 2006 hasta el 80%) (OCMAL, 2017), a costa del agotamiento de los recursos no renovables, sobreexplotar las cuencas hídricas y contaminar el territorio, vulnerando el derecho a la salud y el medio ambiente. En la actualidad, muchas

comunidades afectadas por el extractivismo, han iniciado un proceso de articulación entorno a la falta de agua y la pretensión de los gobiernos y grupos económicos de establecer que los graves problemas ambientales de abastecimiento hídrico tienen como única relación los fenómenos temporales de sequía o el calentamiento global.

La cordillera del Cóndor es zona fronteriza entre Ecuador y Perú, este lugar es el nacimiento de una importante red hídrica cuyos ríos principales son el Santiago, el Zamora y el Coangos. Mirador es un megaproyecto de oro y cobre ubicado aproximadamente a 1.000 metros de altura en la Cordillera del Cóndor, es el proyecto minero a cielo abierto de oro más avanzado del Ecuador. Organizaciones en defensa de la naturaleza han solicitado terminar con el proyecto minero debido a los daños que se generan en las aguas, ríos, bosques y suelo, afectando a las comunidades locales en su soberanía alimentaria y su salud, sus prácticas agrícolas, ganaderas, de pesa y su relación con el entorno. Estudios sobre la calidad de las aguas de los ríos afectados por esta compañía revelaron una contaminación, deterioro de la vida acuática y la pesca, peligro para el consumo humano generando nuevas patologías en la salud de los habitantes; así mismo, el desvío del curso de ciertos ríos para las obras mineras ha generado una contaminación de las agua con sedimentos, afectando negativamente el curso natural de las aguas generando inundaciones y destruyendo los suelos, bosques, viviendas y cultivos. El conflicto en el área de la Cordillera del Cóndor es uno de los más graves del país, además pasó por alto la consulta previa a los pueblos indígenas. La intervención extractiva de la Cordillera del Cóndor está dejando daños irreversibles en su ecosistema, en sus aguas, en el hábitat de las comunidades indígenas que han ocupado estos territorios ancestralmente (OCMAL, 2019).

En mayo del 2016, se dio la apertura “Catastro minero” para la nueva adjudicación de concesiones y proyectos mineros en áreas estratégicas, formando parte de las políticas de promoción de la supuesta riqueza geológica de Ecuador, dando lugar a un proceso de

expansión minera sin precedentes en el territorio. Los principales conflictos socio ambientales ocurridos se desarrollan en zonas de concesiones mineras, de hecho, muchas poblaciones locales se han opuesto a la adjudicación de concesiones mineras en su territorio puesto que atentan contra la agricultura, ganadería y otras actividades económicas; por otro lado, se declara a la minería de utilidad pública siendo permitido expropiar a la comunidad de sus terrenos, para establecer la minería en dicho lugar. El mapa de Catastro Minero abre múltiples preocupaciones debido a la ubicación de las concesiones en zonas de áreas protegidas, fuentes y nacimientos de agua, bosques tropicales, bosques primarios, parques nacionales, páramos, territorios indígenas y áreas de producción campesina. En muchas ocasiones estas concesiones se han otorgado sin haber llevado a cabo una consulta en las poblaciones que serán afectadas; la minería está acompañada de un aumento de la conflictividad social, de retrocesos de las conquistas en políticas ambientales y de despojo territorial y de derechos de los ciudadanos (OCMAL, 2017).

Ahora bien, en Perú se estima que el aumento de proyectos mineros en los próximos 20 años generará una demanda de agua de la gran y mediana minería que se incrementará en un 132% (OCMAL, 2019). El Proyecto Minero Conga, de oro y otros metales que pretende explotar Minera Yanacocha, está ubicado en las nacientes de cuencas hídricas de las provincias de Cajamarca y Celedín, al norte de Perú. De acuerdo a estudios realizados, el estudio de impacto ambiental presentado por la empresa revela un promedio de 85.000 toneladas de relaves tóxicos que generarían al día, durante al menos 17 años, estos residuos serían destinados en 700 hectáreas que constituyen las nacientes del Río Jadibamba, cuyas aguas son utilizadas por la comunidad alto andina en la agricultura, ganadería y consumo humano; así mismo, en inmediaciones del proyecto existen cerca de 40 lagunas y más de 100 hectáreas de humedales, que se perderían para siempre. El aspecto más crítico del conflicto,

para la vida de las comunidades, es el de la provisión de agua ya que se impactaría el equilibrio hidrológico de 3 provincias: Cajamarca, Celendín y Hualgayoc (OCMAL, 2019).

3.4.3. Proyectos auríferos en Colombia.

3.4.3.1. Muriel Mining Corporation en el departamento del Chocó.

En los últimos 10 años en Colombia, la actividad minera ha crecido significativamente. Un ejemplo de esto se presenta en el departamento de Chocó, esta región es el hogar de más de 30 pueblos indígenas y una de las áreas más biodiversas del mundo; sin embargo, es el departamento del país con la mayor cantidad de necesidades básicas insatisfechas. En el norte del Chocó se encuentra el Bajo Atrato, nombrado así por su relación directa con el río Atrato, un afluente de gran importancia para el departamento por la alimentación y navegabilidad que brinda.

Muriel Mining Corporation es una empresa minera estadounidense, responsable del proyecto minero a gran escala Mandé Norte Murindó. Ingeominas y la Gobernación de Antioquia le otorgaron 9 permisos para la exploración, explotación y comercialización de las reservas de cobre, oro y molibdeno que se encuentran en los municipios de Carmen del Darién, Chocó y Murindó, con una duración de 30 años prorrogables por otros 30 años.

En el año 2009, la compañía inició la perforación exploratoria en la zona de La Rica en el Cerro Careperro, lugar sagrado para la comunidad indígena Embera, se encuentra ubicado en las selvas del Medio Atrato, decretado como Reserva Forestal. Además, de las instalaciones propias de la minería, para la ejecución del proyecto se necesitaba la construcción adicional de infraestructura, entre las que se encontraba un mineroducto desde la mina hasta un puente sobre el río Atrato e instalaciones para el tránsito fluvial, lo que evidentemente conllevaría una mayor contaminación de las fuentes de agua de las comunidades Embera; estas comunidades, iniciaron un proceso de resistencia al proyecto minero, acusando que no habían sido convocados a la Consulta Previa estipulada por ley,

además de defender la propiedad de sus aguas y tierras ancestrales, el uso comunitario que ambos tenían hasta entonces y que estaba siendo dañado por la presencia de la minería acompañada por el aparato estatal y paramilitar para asegurar la ejecución del proyecto minero (OCMAL, 2019).

En la madrugada del 30 de enero de 2010, la comunidad Embera de Alto Guayabal fue bombardeada por el ejército colombiano resultando heridos varios miembros de una misma familia: todo apunta a que tras estos hechos se esconde la velada intención de desplazar a los indígenas de su territorio para dejar vía libre a la minería. Los casos de abusos y violación a los derechos humanos del pueblo Embera y de otras comunidades indígenas y afrodescendientes asociados a proyectos mineros no terminan. En marzo de 2010 la Corte Constitucional ordenó suspender el proyecto, pues consideró que alteraba de manera inevitable el equilibrio ecológico de la zona, así mismo, se debía cumplir el requisito de consulta previa con las comunidades afectadas. Desde ese entonces la empresa ha intentado revocar el fallo de la Corte, sin embargo, hoy en día se mantiene la suspensión del proyecto. Este proceso judicial ha sentado precedentes en Colombia relacionado con las comunidades indígenas y su derecho a vivir en sus territorios libre de contaminación -prevaleciendo el derecho a la Consulta Previa Informada- resguardando los derechos ambientales, culturales y económicos de las comunidades indígenas del Chocó (OCMAL, 2019).

3.4.3.2. Páramo de Santurbán en los departamentos de Santander y Norte de Santander.

En los municipios de Vetás y California hacen parte de la Provincia Soto Norte (en el departamento de Santander) constituyen un distrito minero de vieja data. La minería de oro en esta zona ha sido primordialmente de subsistencia, aunque ha sido explotada intermitentemente por pequeñas empresas mineras de índole familiar y algunas extranjeras. Existen también reservas de cobre, plata, manganeso, y manifestaciones de molibdeno y uranio. En este distrito se estima una población minera de 500 a 600 empleos directos, de la

cual gran parte ejerce la minería artesanal, representada por mineros independientes o pequeñas asociaciones de hecho que no poseen licencias o títulos. Las condiciones socioeconómicas que rodean a esta zona son bastante precarias y la minería se ha desarrollado con poca tecnología, debido en gran parte, a la histórica ausencia del Estado; poco a poco han llegado proyectos de Gran Minería a la zona, generando conflictos por las condiciones desiguales de competencia entre los extranjeros y los nativos, ya que mientras a un pequeño minero le dan 1 año de prórroga, a las multinacionales les dan hasta 15 años de prórroga en la nueva reforma del Código Minero. En el año 1995, llegó a la región GreyStar para realizar exploración extensiva de su proyecto aurífero Angostura que se prolongó hasta el 2000, año en que, por problemas de orden público con la guerrilla de las FARC-EP, la multinacional suspendió sus actividades y se retiró de la región. Sin embargo, en 2003, GreyStar reinició sus actividades en la región, ampliando su programa de exploración y asegurando su consolidación territorial en el distrito de Vetas-California (OCMAL, 2014).

GreyStar afecta a la población de la región, por lo menos, de 4 maneras: la trasnacional es cómplice del desplazamiento, la expropiación territorial y el reordenamiento poblacional que ha causado el conflicto armado y el control militar en la zona; la implementación de un modelo de desarrollo con base en la Gran Minería, sin importar la vocación socioeconómica de los municipios, desconoce los derechos de participación y libre determinación de los habitantes locales; el proyecto minero a gran escala significa la apropiación de los ecosistemas esenciales del ciclo de agua y, por lo tanto, amenaza el derecho al ambiente sano en la región; el uso de prácticas indebidas por parte de la trasnacional atenta contra el derecho al trabajo y las condiciones de sustento y desarrollo endógeno de las comunidades locales. Los cambios en la soberanía alimentaria y el abandono de la agricultura en la región son evidentes. Antes, la región era una gran despensa agrícola donde se cultivaba trigo, cebada, papa, maíz, habas, frutas y hortalizas, pero ahora el

testimonio de las mismas comunidades da cuenta del desarraigo cultural por causa del desplazamiento y la dependencia en la minería (OCMAL, 2014).

El proyecto Angostura genera un impacto irreversible sobre una zona fundamental de recarga hídrica (la microcuenca del río Vetas), la cual se rodea por un ecosistema esencial de páramos. Este ecosistema es considerado como un corredor biológico, caracterizado por una vegetación herbácea que aparece a una altitud que puede variar entre los 3000 y 3800 m.s.n.m. El estudio del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de California propone un área potencial de 26,91 Km² para uso de protección absoluta por ser zonas de ecosistemas frágiles de páramo y bosques alto andinos existentes, ubicados principalmente en las veredas La Baja y Angosturas. Según INGEOMINAS, la producción en el distrito minero Vetas-California es mínima comparada con la que se espera desarrollar. De ahí que surge la inquietud sobre la magnitud de la producción de residuos esperados. Se ha informado que la GreyStar producirá 12 toneladas anuales de oro, es decir, se pasará de unos pocos kilos a 12.000 kg (OCMAL, 2014). GreyStar con el pasar de los años se cambió de nombre a Eco Oro Minerals, para seguir con el proyecto angostura, en donde el Banco Mundial, realizó una inversión en este proyecto, tras las movilizaciones de los habitantes de los distintos municipios de Santander, lograron la delimitación del Páramo, además de una ley que prohibía la minería en estos ecosistemas estratégicos, revocando los títulos mineros de Eco Oro, así mismo, el Banco Mundial decide retirar su inversión en el proyecto por las consecuencias que causaría en el territorio.

Tras esto Eco Oro, demandó al gobierno colombiano por incumplimiento de tratados de libre comercio (TLC) entre Colombia y Canadá, acusando de expropiación indirecta e ilegal, trato injusto y no equitativo. Este territorio todavía sigue en la mira de transnacionales para explotar oro, a manos de una transnacional de los Emiratos Árabes -Minesa- (OCMAL, 2014).

3.4.3.3. Proyectos transnacionales canadienses en Caramanta – Antioquia.

Caramanta ha sido tradicionalmente un municipio de vocación agrícola (producción de café, frutas, caña panelera, plátano), además se presenta minería a pequeña escala. Debido a la presencia de oro, cobre, molibdeno y plata, en el año 2000 llegan transnacionales mineras y con ello problemas para las comunidades presentes. El 71,2% del territorio ha sido titulado para la minería y el 25,7% ha sido solicitado por las transnacionales mineras; a partir del 2002 con la presencia de Kedahda –actualmente Anglo Gold Ashanti- se han generado cambios en las dinámicas sociales y laborales de la zona con consecuencias negativas. Se han presentado diversas acciones como: compra masiva de tierras (donde hay un terrateniente dueño del 70% del territorio municipal), desplazamiento de campesinos, presencia de fuerza pública en las comunidades, presencia paramilitar, compra de nacimientos de agua, daños irreversibles del medio ambiente (principalmente suelo y fuentes de agua) y muertes indiscriminadas (alrededor de 50 personas en 2008), estas acciones están fuertemente influenciadas por los intereses de la Anglo Gold Ashanti (OCMAL, 2012).

En enero de 2006, a través de la Compañía Minera de Caldas, la empresa canadiense Goldfields Limited, actualmente Gran Colombia, anunció que había hecho dos grandes descubrimientos de mineralización de oro en Caramanta. Aunque esta empresa tenía concentrado su interés en Marmato, al mismo tiempo consiguió que el Ministerio de Minas le titulara para exploración terrenos ubicados en el vecino municipio de Caramanta, propiamente la extensión que va del casco urbano de este municipio hasta el río Cauca y que asciende por el río hasta el límite con Marmato. Ni el Gobierno Nacional, ni el Gobierno Departamental, ni la compañía canadiense han suministrado información oportuna y adecuada del proyecto a las comunidades afectadas. Los trabajos de El Salto se ejecutan sobre el predio Sur (en Marmato) y sobre el predio Norte (en Caramanta).

De igual manera, en Caramanta, el desequilibrio entre la compañía multinacional y la comunidad se ve favorecido por la política oficial de restarle todo apoyo oficial a las asambleas constituyentes; esta relación entre multinacional, Estado y fuerzas militares legales e ilegales, parece buscar no solo la derrota militar de las guerrillas, sino también el desalojo de los mineros artesanales y campesinos para garantizar la implementación de los megaproyectos mineros, ha llevado que de a poco los paramilitares tomen el control del territorio, provocando concentración de tierra en manos de unos pocos desencadenando en migraciones y desplazamiento de los lugares. Entre 1991 – 2006, ha habido más de 200 asesinatos en el municipio y un aumento de la violencia. CORIANTOQUIA suspendió de la actividad minera a Caramanta Conde Mine por el uso y contaminación del agua que se presentó en la exploración y extracción del mineral, además de la tala de grandes extensiones de bosques nativos. En la actualidad, los habitantes están defendiendo sus 22 fuentes de agua y su tradición minero agrícola (OCMAL, 2012).

3.4.3.4. Campesinos del suroeste de Antioquia en contra de Anglo Gold Ashanti.

La empresa transnacional Suráfrica Anglo Gold Ashanti en alianza con B2Gold, transnacional canadiense, llegaron a partir del año 2005 al suroeste de Antioquia, para explorar y explotar cobre, oro y plata en los territorios del Suroeste de Antioquia, especialmente en los municipios de Jericó y Támesis. Estos territorios tienen vocación campesina y pecuaria, mas no minera. Desde el año 2008, los habitantes han denunciado daños ambientales que se han generado por el proceso de exploración, se han afectado las fuentes hídricas que abastecen el territorio, principalmente el corregimiento de Palo Cabildo: en la quebrada la Fea se han presentado resto de cianuro; así mismo, se han realizado perforaciones subterráneas. La empresa Anglo Gold se encuentra en proceso sancionatorio por ubicar una plataforma extractiva a 15 metros de una zona de protección ambiental. Para

realizar dicho proyecto se removieron 617 millones de toneladas de rocas en las montañas, dejando en el momento de cierre de la mina 550 millones de toneladas de desechos.

En el mes de junio del 2017, el municipio de Jericó, prohibió la minería en su territorio, al igual que el municipio de Támesis. En mayo del 2018, la comunidad de Palo Cabildo denunció amenazas por parte de la fuerza pública, tras impedir el ingreso de Anglo Gold; los habitantes de Jericó esperan la respuesta a favor del Consejo de Estado para ser tutelares y así prohibir la minería en su territorio (OCMAL, 2011).

3.4.3.5. Minería de oro en la Reserva Natural de Zaragoza, Valle del Cauca.

En el año 2009, llegaron a la reserva natural de Zaragoza, retroexcavadoras con el fin de explotar oro sin tener en cuenta la biodiversidad presente en este territorio y causando inestabilidad en los suelos debido a la apertura de túneles para la búsqueda de oro; por otro lado, se presentó aumento de Malaria debido a los pasivos ambientales y los pozos de agua que se genera por la minería. Dentro de los impactos ambientales que se presentan en el territorio, está la contaminación del recurso hídrico por mercurio y metales pesados, disminución de los caudales, inundaciones por el cambio en el cauce de los ríos, aumento en la sedimentación de la bahía de Buenaventura y la destrucción de bosques primarios.

El aumento de actividades extractivas de oro, ha generado incremento de la violencia en el territorio y fallecimientos por derrumbes, aluviones y conflictos entre los mismos mineros. Las autoridades han tratado de cerrar proyectos mineros legales e ilegales en varias oportunidades, sin tener mucho resultado pues prima la fiebre por el oro y la ilegalidad (OCMAL, 2012).

3.4.3.6. Resistencia en el Tolima contra la invasión del proyecto La Colosa.

Anglo Gold Ashanti transnacional sudafricana en el año 2008 presenta su proyecto 'La Colosa' en Cajamarca, zona reconocida por su actividad agrícola, se pretende explotar un yacimiento aurífero con 26,8 millones de onzas de oro. Desde 2008 empezaron las

exploraciones. La Colosa tiene alcance regional e involucra a otros municipios cercanos, incluyendo títulos mineros al interior de la Reserva Forestal Central, posee 516 hectáreas y es considerado uno de los depósitos auríferos más grande del mundo. La eventual explotación, amenaza con destruir ecosistemas estratégicos (páramo, sub páramo y bosque alto andino), contaminando las fuentes hídricas de la región, comprometiendo el suministro hídrico y amenazando la permanencia de las comunidades en esos territorios.

Los habitantes han considerado este proyecto como un ecocidio, realizando diferentes tipos de acciones y movilizaciones. Habitantes y organismos internacionales denuncian la relación entre la empresa, fuerza pública y paramilitares, que amenazan a los que se oponen a este proyecto. En el año 2011, la Contraloría General de la República exigió al Ministerio de Ambiente y a Cortolima evitar los daños ecológicos al recurso hídrico en el momento de la ejecución del proyecto con el fin de disminuir los impactos en el suministro de agua para la población y sus actividades.

En Julio 2013, el municipio de Piedras, realizó una consulta popular en la cual ganó la no minería en el territorio (99%), llevando a otros municipios como Cajamarca a realizar estas consultas. Actualmente La Colosa, se encuentra detenido (OCMAL, 2010).

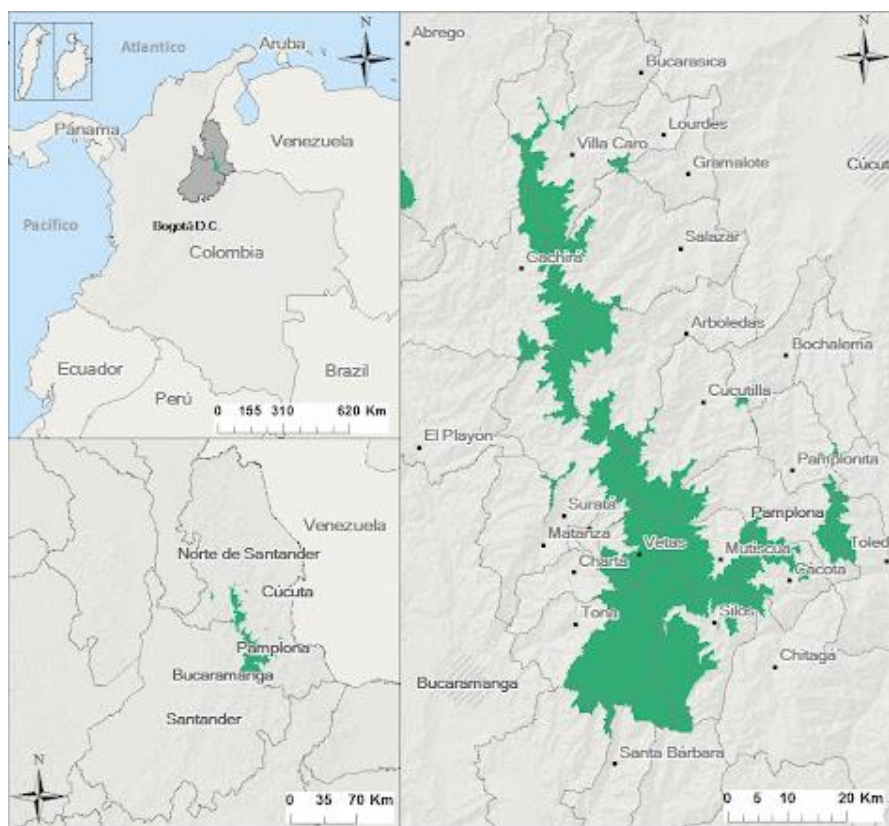
4. Área De Estudio.

Colombia cuenta con el 49% de los páramos del mundo, cerca del 70% de la población colombiana depende del agua que proveen los ecosistemas de páramo. En los departamentos de Santander y Norte de Santander con coordenadas $7^{\circ}15'23''N$ y $72^{\circ}52'54''O$, se encuentra ubicado el complejo Jurisdicciones-Santurbán-Berlín o Páramo de Santurbán (Figura 1), comprende 142.608 hectáreas entre los 3.000 y 4.290 msnm en donde habitan diferentes especies (varias endémicas) de aves, mamíferos, anfibios y plantas. Cuenta con 85 lagunas, 441 hectáreas de turberas, 400 riachuelos y 15 ríos que constituyen el suministro de

agua de 17 municipios de los Santanderes a través de los ríos Frio, Tona y Suratá; además es el afluente más importante para el Lago Maracaibo en Venezuela (Peña, 2020). Las fuentes hídricas que nacen en el Páramo de Santurbán brindan el consumo de agua potable para más de 3 millones de personas de los Santanderes incluyendo las áreas metropolitanas de Bucaramanga y Cúcuta (INDEPAZ,2017).

El Páramo de Santurbán en el sistema de clasificación Corine Land Cover (Colparques, 2021) se caracteriza por ser un páramo rocoso con fuertes pendientes, las cuales están asociadas a los humedales de origen glaciario que se ubican por encima de los 3.600 m.s.n.m. La zona presenta temperaturas diarias media de 0 a 6°C y un promedio anual de lluvias por encima de los 2.000mm hasta precipitaciones de 2.400mm en su sector más húmedo. A causa de la alta precipitación y las bajas temperaturas en esta área, se genera un alto sobrante de agua que nutre los caudales de las numerosas corrientes hídricas nacientes en la zona (Corponor, 2009). Geomorfológicamente corresponde a relieves de Cumbres Glaciáricas constituidas, principalmente, de areniscas con intercalaciones de lutitas y calizas, la topografía es escarpada, con pendientes mayores del 75% (Corponor,2009).

FIGURA 1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL PÁRAMO DE SANTURBÁN (INSTITUTO HUMBOLDT, 2012)



Con la delimitación del Páramo de Santurbán, la provincia de Soto Norte ubicada al norte del Departamento de Santander queda conformada por los municipios de Matanza, Charta, Suratá, Tona, Vetas y California, poblada por familias que durante generaciones se dedicaron a la minería ancestral, se vieron forzadas a migrar a nuevas alternativas económicas para ganarse el sustento diario (UNAB, 2019). Esta zona es caracterizada por albergar en su subsuelo grandes riquezas auríferas significantes para las multinacionales de oro que deciden explotar este metal, recurriendo a la compra de tierras y títulos mineros ante las autoridades; por lo que, en la actualidad, esta zona se debate entre la preservación ambiental, la explotación de los recursos mineros, proyectos de infraestructura y las necesidades propias de la población.

Esta región cuenta con un Proyecto de Interés Estratégico Nacional –PINE-, estos son grandes proyectos para la exploración y explotación de hidrocarburos y minería a gran escala,

pero, el hecho que se clasifique como PINE no condiciona su ejecución (INDEPAZ, 2017) (Ministerio de Minas y Energía, 2016); en este caso se presenta el proyecto Soto Norte, en donde se pretende explorar y explotar oro en los municipios de California y Suratá (Santander), se estiman unos recursos inferidos de más de 9 millones de onzas de oro que serían explotados mediante el otorgamiento de permisos mineros y ambientales entre el año 2021 y el año 2044. Para que un proyecto sea categorizado como PINE debe tener las siguientes características: aumento significativo de la productividad y competitividad de la economía nacional o regional, generar un impacto significativo a la creación de empleo directo o por vía de encadenamientos y/o inversión de capital, generación de retorno positivo a la inversión y sostenibilidad operacional, aumento de la capacidad exportadora de la economía nacional y generación de ingresos significativos a la nación y a las regiones (INDEPAZ, 2017) (Ministerio de Minas y Energía, 2016); todos estos requerimientos se basan en la importancia económica del proyecto, pero, no se tienen en cuenta las afectaciones ambientales y sociales del territorio donde se realiza el proyecto, demostrando que prima el interés económico.

Desde el año 2010, se han presentado diversas manifestaciones por parte de las comunidades en contra de la mega minería en este territorio, en donde multinacionales como GreyStar quien presenta su proyecto en el 2011 y MINESA en el 2015, han presentado en diversas oportunidades proyectos de explotación minera de oro en el Páramo de Santurbán ante el ANLA, estos proyectos han sido rechazados por factores como la carencia de información en la evaluación de impactos ambientales, la resistencia social que se ha reflejado en acciones populares y la nueva delimitación del Páramo; si bien, al día no se desarrollan dichos mega proyectos mineros se presentan conflictos de intereses entre el gobierno, la empresa privada y las comunidades que se encuentran en el territorio, generando un conflicto socio ambiental que involucra el daño a los recursos naturales y las comunidades

directamente afectadas por los impactos derivados de estos proyectos extractivistas (Walter, 2009); apoyando la tesis del ecologismo de los pobres o ecologismo popular en donde se presenta una movilización originada por el crecimiento económico que conlleva la extracción de recursos, expansión de vertederos y el riesgo de contaminación para quienes el ambiente es la base material de sustento (Walter, 2009).

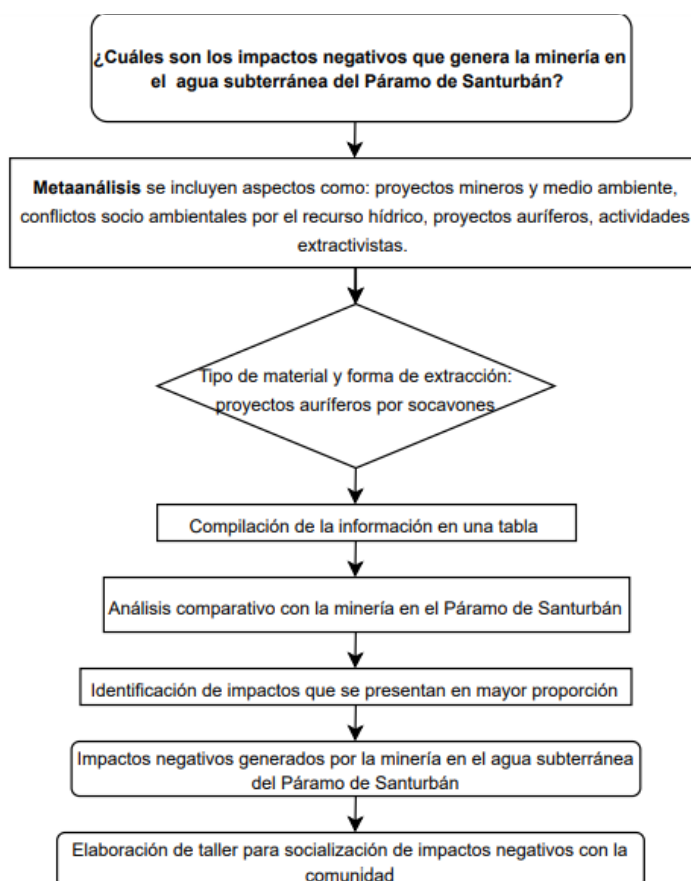
5. Materiales Y Métodos.

Con el fin de identificar los impactos negativos que genera la minería sobre la calidad del agua subterránea en el Páramo de Santurbán se implementa un metaanálisis compilando toda la información disponible sobre el tema, agrupando por especificidad y realizando un análisis posterior de la información obtenida, tanto en literatura gris como indexada en revistas científicas. Se realiza una búsqueda bibliográfica conjunta que incluya aspectos y palabras claves tales como: proyectos mineros auríferos a nivel mundial, regional y nacional, conflictos socio ambientales por el recurso hídrico, causas y consecuencias de actividades extractivistas en el medio ambiente, proyectos extractivistas en ecosistemas estratégicos.

Debido a que los impactos ambientales dependen del tipo de mineral a extraer y la forma de realizarlo, se plantea como criterios de exclusión: proyectos auríferos que se realizan por medio de socavones puesto que esta es la forma de extracción que se realiza en el territorio, a partir de estos resultados se identifican aquellos impactos que se presentan en mayor proporción, se realiza un análisis comparativo cualitativo con la minería realizada en el Páramo de Santurbán, se tiene en cuenta la minería de oro por socavón y sus implicaciones para tener una mayor precisión de las afectaciones que se generan en este ecosistema. Dicha comparación se realiza con el fin de articular la información encontrada, solventando los vacíos presentes en cuanto a los impactos de la minería en el agua subterránea del Páramo de Santurbán.

Dicha información fue organizada en una tabla que incluía el nombre del documento con su respectiva referencia bibliográfica, aspectos importantes del documento, ubicación geográfica del estudio y posible ubicación dentro del documento final de acuerdo con la estructura solicitada y las ideas planteadas desde un inicio con el fin de facilitar la estructura del documento y tener un hilo conductor dentro de este; en el momento de la escritura final se reescriben dichas ideas que son complementadas con el análisis comparativo respectivo relacionado con la información encontrada.

FIGURA 2 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA



6. Resultados.

6.1. Efectos ambientales de los metales pesados derivados de la extracción minera.

Se hace relevante contar con estudios técnicos que enriquezcan la discusión sobre el uso que se debe dar a ecosistemas estratégicos como los páramos, de manera que se

maximice el bienestar de la sociedad a través de una administración eficiente de los recursos. En el país, no existen suficientes estudios que cuantifiquen los impactos de la minería sobre el medio ambiente (Calderón, 2014); para determinar de manera real dichos impactos es necesario evaluar el ecosistema de manera íntegra.

La posibilidad de afectación a los ecosistemas por tenencia de títulos mineros sobre las zonas de influencia del Páramo deja en riesgo áreas estratégicas del complejo de ecosistemas (Díaz *et al.*, 2013), el impacto directo sobre la biodiversidad y los ecosistemas naturales por efecto de estas actividades, lo constituye la remoción definitiva de las coberturas vegetales de todo tipo fundamentalmente si se trata de minería a cielo abierto, las cuales son por su condición biológica, el hábitat y subsistencia de especies de los diferentes grupos mamíferos, aves, anfibios, reptiles y la infinidad de organismos que interactúan en los suelos. Según un estudio de Naciones Unidas, se identifica que en áreas de Parques Nacionales Naturales y de Reservas Forestales existe presencia de extracción ilícita de minerales, la cual genera remoción de suelo y pérdida de coberturas de alto valor ambiental por actividades de explotación de aluvión, de zonas de bosques de galería y bosques primarios, importantes en la conectividad y hábitat de diferentes especies animales y vegetales. Los impactos sobre la biota acuática asociados a la minería aurífera en zonas tropicales se derivan de la fragmentación de hábitat, lo cual interfiere con patrones de conectividad y el aporte excesivo de material fino sedimentario y alteración del hábitat generado por obras de dragado y lavado (Corte Constitucional, 2016). La desertización que se presenta a raíz de la deforestación y pérdida del suelo fértil es un daño irreparable en el suelo que modifica el relieve generando impacto visual; variación del pH que se presenta en las aguas por el drenaje ácido de la mina, son los impactos ambientales que están degradando el Páramo de Santurbán (Mahecha *et al.*, 2018).

6.1.1. Impactos en la atmósfera.

La atmósfera recibe un gran impacto ambiental tras la actividad minera, los gases emitidos en la combustión de la maquinaria, genera una mezcla de metano y aire que se eleva a la atmósfera, generando impactos negativos para el medio ambiente y los habitantes de la zona que respiran aire contaminado; la formación de aerosoles producto de procesos de hidrometalurgia ocasiona un alto nivel de toxicidad por la presencia de cianuro y cobre. Por otro lado, la minería genera altos niveles de ruido por la voladura, destrucción del medio por explosivos y utilización de maquinaria pesada, ocasionando una contaminación auditiva para quienes residen en la zona (Mahecha *et al.*, 2018).

La generación de material particulado en las operaciones mineras, genera impactos sobre la atmósfera con posibles efectos sobre la salud humana a corto y largo plazo; actualmente en el país se cuenta con dos (2) sistemas de monitoreo para áreas mineras que se encuentran en el Cesar y en la Guajira. En el resto del país se han realizado de manera muy puntual mediciones en la atmósfera para mercurio, plomo y PM10. Si bien la Organización Mundial de la Salud-OMS- establece unos valores guía para los contaminantes criterio de la calidad del aire, los países determinan sus normas nacionales, teniendo en cuenta factores de salud, económicos, políticos y sociales. La OMS, ha establecido objetivos intermedios que propenden por un buen desempeño ambiental orientado al mejoramiento de la calidad del aire y, por ende, a una reducción del riesgo de salud de la población (Corte Constitucional, 2016).

6.1.2. Impactos en el suelo.

Los movimientos en masa constituyen uno de los impactos asociados con la actividad minera en Colombia, originados principalmente por deficiencias en el diseño minero, inadecuados estudios previos para la caracterización del macizo rocoso, inconveniente geometría de los taludes de trabajo y finales, ineficiencia de las medidas de manejo del suelo que inducen a procesos erosivos y propician activamente la generación de derrumbes, deslizamientos y hundimientos durante y posterior a los proyectos mineros.

En las actividades extractivistas anteriormente mencionadas se identificaron importantes movimientos en masa relacionados con la explotación ilícita de minerales por cuanto se carece en su totalidad de diseños mineros, estudios geotécnicos previos y técnicas mineras adecuadas representadas, por ejemplo, con la socavación en “pata” de talud, la socavación por flujo hídrico, la construcción de túneles sin las técnicas requeridas y taludes únicos verticales, entre otros, que no solamente impactan el macizo rocoso, sino también la cobertura vegetal, el recurso hídrico y la infraestructura adyacente en el momento del evento de remoción en masa (Mahecha *et al.*, 2018).

La erosión asociada a las actividades mineras constituye el suceso detonante de una serie de procesos encadenados, pérdida de suelos, colmatación de cauces, movimientos en masa y afectación de infraestructura. Adicionalmente, el manejo inadecuado de los depósitos de estériles, por la ausencia de capa vegetal en pendientes muy verticales, da lugar a la formación de surcos, cárcavas y deslizamientos de gran magnitud en el mediano corto y mediano plazo (Mahecha *et al.*, 2018), alterando las características físico químicas del suelo, por consiguiente, los cultivos que se desarrollan tradicionalmente en el territorio.

Dado que, en Colombia, las actividades de aprovechamiento de recursos del subsuelo no son vocaciones potenciales para el uso del suelo, según la clasificación actual del IGAC, siempre representarán un conflicto de uso, sea cual fuere el sitio de desarrollo en el territorio colombiano. Adicionalmente los instrumentos de manejo ambiental y ordenamiento territorial, no se encuentran armonizados con las políticas de explotación de los recursos naturales que yacen en el subsuelo. Los cambios geomorfológicos inherentes a la actividad son los responsables de la modificación del paisaje (modificación del relieve, alteración del color, rotura de la cuenca visual, introducción de formas extrañas, focalización de la percepción). Estos impactos deberán ser mitigados y corregido a través de labores de cierre

minero en armonía con los instrumentos de ordenamiento territorial de cada municipio (Corte Constitucional, 2016).

En las áreas de explotación ilícita de minerales, el suelo se elimina por completo, definiendo así zonas de “no suelo”, por lo que se hace necesario analizar la calidad y características de los materiales que quedan expuestos al ambiente, con el fin de proceder a planificar su restauración, recuperación o rehabilitación. Estas zonas por presentar problemas de orden social son regiones que deben ser priorizadas dentro de los planes de ordenamiento de las cuencas hidrográficas en aras de su recuperación (Corte Constitucional, 2016), planteando medidas de mitigación de la mano de las personas que se encuentran en el territorio y que se vieron afectadas.

Donaldo Suárez, residente del municipio de Vetas, asegura que *“las grandes maquinarias que se utilizan perforan las rocas y van a acabar el agua; oro puede haber, pero oro no tomamos, sino agua, o cómo se baña usted”*; los ciudadanos afirman que, pese a que siempre han explotado el suelo de forma artesanal, esta práctica no genera impactos tan graves como la perforación de rocas y el daño en el suelo que ocasionan las grandes maquinarias. Según lo estipulado en el Plan de Desarrollo de Vetas de 2008, la población de este municipio tiene una alta dependencia económica, contaminación y hábitos no saludables que generan grandes impactos en la salud (Mahecha *et al.*, 2018); si bien se desarrolla minera artesanal, los ciudadanos tienen que ser conscientes de los impactos que esta actividad genera en el ecosistema y su vida, generando cambios que los beneficien sin necesidad de eliminar radicalmente las actividades mineras, sustentos económico en este territorio.

6.1.3. Impactos en el agua.

Los cambios en el uso del suelo generan problemas de desertificación que van relacionados con la afectación a fuentes hídricas y variabilidad climática. En zonas de influencia minera, se dificulta identificar las fuentes y vías de contaminación puesto que

existen diversas causas y fuentes potenciales como lo son aguas de socavón, lixiviados y desechos sólidos (Min, 2020). Los impactos ambientales más representativos de las actividades mineras sobre el recurso hídrico son el aumento de sedimentos, incremento de turbidez, disminución de caudales, lixiviación, aguas ácidas, alteración del nivel freático y el curso del recurso, drenaje ácido de minas y lluvia ácida, entre otros; estos impactos pueden ser de carácter directo, en algunos casos a largo plazo y en algunos casos irremediable (Díaz *et al.*, 2013) (Zhao, 2017).

La contaminación de las aguas subterráneas es uno de los problemas ambientales más importantes del mundo, la presencia de metales en el agua es gran motivo de preocupación debido a su alta toxicidad (altas y bajas concentraciones) (Singh, 2017) durante la vida productiva de la mina y tiempos posteriores a ella; como se presenta en el proyecto minero desarrollado en Marruecos, donde tiempo después del cierre de la mina de pirrotina se evidencia la presencia de compuestos químicos como As, Fe, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb y Zn tanto en las aguas superficiales como en las aguas subterráneas (Moyé *et al.*, 2017) afectando la calidad y cantidad del recurso hídrico.

En el estudio de caso “*Environmental Impact Assessment of Mining Activities on Groundwater: Case Study of Copper Mine in Jiangxi Province, China*” (Lyu, 2019) sobre la minería de cobre, se evidencia la presencia de metales contaminantes como Cr, Zn, Pb, Cd, Hg, Mn, As y Ag tanto en las aguas superficiales como en las aguas subterráneas cercanas al proyecto minero (Lyu, 2019), donde se puede inferir que las afectaciones que se presentan en el agua superficial son las mismas que se desarrollan en el agua subterránea; puesto que en el momento de la perforación de las rocas el agua subterránea se filtra directamente en los socavones, busca un nuevo curso arrastrando en los contaminantes que se encuentren, tal como se menciona en el artículo “*Effects of historical mining activities on surface water and groundwater - an example from northwest Arizona*” (Rosner, 1998) en donde posterior al

cierre de distritos mineros históricos en la Montañas Cerbat en Arizona, se encontraron minerales contaminantes como As, Cd, Pb, Zn, Fe y Mn en las aguas subterráneas y superficiales (Rosner, 1998).

La contaminación en el recurso hídrico se mide por la concentración de los componentes que se encuentran en el sistema; los estudios relacionados a la contaminación de las aguas subterráneas reportan impactos de manera cualitativa, no se evidencian estudios que determinen el comportamiento, calidad y contaminación de las aguas subterráneas generado por los metales pesados derivados de la extracción y obtención de oro. Durante la explotación minera el suelo es removido, dejando expuestos al oxígeno y al agua los minerales sulfurados. Esta reacción genera drenajes ácidos de mina (DAM), que se caracterizan por un bajo pH (< 4.5), alta concentración de iones metálicos disueltos (Fe^{+2} , Al^{+3} , Mn^{+2} , Zn^{+2} , Pb^{+2} , Cd^{+2}) y sulfato. El principal problema del DAM es la alta concentración de los metales que pueden alcanzar cientos de mg por litro; además, cuando estos son vertidos en la superficie destruyen la capa vegetal, erosionan el suelo y contaminan los cauces de los ríos, eliminando los organismos bentónicos e interrumpiendo la cadena trófica (Vásquez, 2016).

El DAM es actualmente el principal contaminante en las áreas mineras a nivel mundial. El drenaje ácido minero es considerado por la Agencia de Protección del Ambiente (EPA) como una de las tres principales amenazas al ecosistema, razón por la cual, en los últimos años ha aumentado el desarrollo y optimización de los programas de predicción de drenaje, con el objetivo superior de adoptar las medidas necesarias para su prevención (Arismendy, 2020). Para identificar las fuentes generadoras del DAM, es necesario comprender que los minerales sulfurosos están en todas partes en el ambiente geológico, pero se encuentran principalmente en rocas que están debajo de una capa de suelo y, a menudo, debajo del nivel freático.

En Colombia, se ha detectado su presencia en todos los distritos mineros, pero sólo en el de Zipaquirá se ha estimado que aproximadamente 600 pequeñas minas generan cerca de 74.000 m³ de drenaje al mes con pH entre 2,0 y 8,0 afectando directamente la cuenca del río Ubaté y laguna de Fúquene. Actualmente, los drenajes se remedian con la adición de sustancias químicas neutralizantes (por ejemplo: cal, carbonato de calcio, hidróxido de sodio) que elevan el pH, aceleran la oxidación del ion ferroso y ocasionan que muchos metales disueltos precipiten. El resultado de esta práctica es la producción de lodos que puede contener metales en altas concentraciones. El alto volumen y la generación de DAM por largos períodos de tiempo implican que los tratamientos químicos tengan un elevado costo para el gremio minero (Vásquez, 2016). Por otro lado, las concentraciones de los metales y el sulfato, fueron muy viables debido a las condiciones climáticas de los muestreos. Durante los últimos cuatro muestreos se presentó un fuerte invierno (alta precipitación) que ocasionó inundaciones en la región; los contenidos de metales Fe⁺², Mn⁺² y Zn⁺² presentaron correlación con el sulfato (0,98, 0,66 y 0,62; p < 0,05, respectivamente), esto es debido a la composición del DAM, donde el bajo pH ocasionado por la presencia de ácido sulfúrico incrementa la disolución de minerales (Vásquez, 2016).

Las aguas de drenaje de la minería son efluentes líquidos muy contaminantes, por sus altas concentraciones de sólidos, sulfatos y metales disueltos; además, se asocian a elevados valores de acidez que dan a las aguas un alto poder corrosivo. La acidificación del agua al estar en contacto con los desechos mineros la convierte en una sustancia capaz de poner y mantener en solución dichos elementos y transportarlos mientras se mantengan las condiciones de acidez, por esta razón los arroyos y aguas subterráneas ácidas generados en las minas constituyen un riesgo ambiental ya que pueden transportar metales aguas abajo afectando diversos ecosistemas y limitando el uso del agua (Vásquez, 2016) en el territorio.

Las actividades de explotación ilícita de minerales no efectúan tratamiento alguno del drenaje ácido ni de los vertimientos generados pues no están sujetas a los instrumentos de manejo técnico y ambiental, situación que se agudiza cuando la explotación cesa sus actividades y abandona las explotaciones, incrementándose de esta manera los riesgos de contaminación por metales pesados y metaloides sobre el recurso hídrico. La explotación ilícita de oro aluvial genera fuerte erosión en las márgenes y lechos de los ríos por la utilización de dragas de succión, que son ancladas al lecho o a sus márgenes para extraer los sedimentos del fondo y de ellos obtener el oro, regresando los residuos de sedimentos al cauce o a la llanura aluvial de ríos y quebradas incrementando así las partículas sólidas en la corriente, aumentando la carga de fondo y en suspensión, incrementando las tasas de sedimentación, incorporando sustancias químicas aguas abajo y modificando el relieve original de las planicies aluviales. Esto se ha evidenciado en la cuenca hidrográfica del Pacífico en donde se reportan altos niveles de sedimentación producto de la explotación ilegal de oro de aluvión, especialmente al norte del departamento del Chocó, en los municipios del Medio Atrato, Río Quito, Cantón de San Pablo y Unión Panamericana, de la cuenca Atrato-Darién. Observaciones recientes a partir de sensores remotos permiten identificar que las actividades de explotación de oro aluvial que cumplen con todos los requisitos de ley solo alcanzan al 2%, y en el caso de la extracción de oro de filón, el 77% no cuentan con título minero. Por defecto, significaría que los principales impactos relacionados con la alteración de la calidad del agua provienen de las explotaciones ilícitas de minerales auríferos (Corte Constitucional, 2016), puesto que estas explotaciones no llevan a cabo un tratamiento de sus residuos ni un uso correcto de los compuestos químicos utilizados en sus procedimientos.

Tan solo en dos departamentos que concentran el 79% de las explotaciones de oro aluvial (Chocó y Antioquia), se ha identificado restricción para el uso del recurso hídrico en

14 cabeceras municipales y en 65 centros poblados, lo que muestra con evidencia el impacto negativo ocasionado por estas extracciones sobre la calidad de las aguas (Arismendy, 2020). Si bien estas operaciones generan impactos sobre el recurso hídrico, no han sido reportadas afectaciones significativas que lleven a limitar el acceso al recurso hídrico; más aún se observa que si bien algunos vertimientos de esas extracciones muestran parámetros cuyos valores superan los límites máximos permitidos en la normativa nacional, al desembocar en los cauces las aguas sufren procesos de neutralización y dilución que permiten el uso del recurso sin imponer una restricción adicional al cauce.

Las aguas subterráneas también se ven afectadas por las explotaciones mineras generando: variaciones en el nivel freático afectando la cantidad de agua disponible para la recarga de humedales y cuerpos de agua superficiales (Sujay, 2015), variaciones en el régimen de recarga y modificaciones en el flujo subterráneo por efectos barrera, drenajes inducidos, infiltración restringida/favorecida, compactación, alteración del ciclo hidrológico en las regiones, posible abatimiento de unidades acuíferas, posibles riesgos de contaminación del acuífero por la presencia de metales pesados y sulfuros y modificaciones del pH (Arismendy, 2020) (Foster *et al*, 2018); en muchas ocasiones solo se consideran las afectaciones al agua superficial, pues esta es la que se consume y se usa para diversas actividades, pero no se tiene en cuenta que la mayor cantidad de agua dulce que cuenta el mundo es subterránea y que en algunos lugares la utilizan para sus actividades, puesto que la superficial ya se ha agotado.

La presencia de aguas ácidas va asociada a explotaciones de sulfuros complejos y la minería del oro y carbón con altos contenidos de pirita. No sólo las minas en actividad pueden provocar efluentes ácidos, sino también, las explotaciones clausuradas, tanto si son a cielo abierto o subterráneas o cualquier otra forma de explotación de yacimientos. Las propiedades físicas, químicas y biológicas de los residuos mineros afectan a la solubilidad de

los metales, así como a la migración de los contaminantes. La movilización de los metales disueltos está controlada principalmente por factores químicos, mientras que los procesos que ocurren a lo largo del camino de la migración están controlados por factores físicos, químicos y biológicos (Arismendy, 2020).

El azufre presente en el agua forma ácido sulfhídrico (que es corrosivo y tóxico) y ácido sulfúrico; estos compuestos disminuyen el valor del pH del agua hasta valores cercano a 1.5, siendo imposible que sobreviva alguna especie animal o vegetal; adicionalmente no existe un manejo de los pasivos ambientales para resarcir los daños. Es necesario contemplar el riesgo por mercurio, cuyo uso comienza a disminuir en el país, y el del cianuro que es un veneno tóxico que se utiliza en forma de aspersión y cuenta con una rara capacidad de disolver el oro, este último compuesto químico fue prohibido en Europa, pero en Colombia se usa de forma masiva, a este proceso se le suma el uso de la dinamita a través de las lluvias ácidas (Uribe, 2014).

Los impactos ambientales negativos que desencadenan los DAM pueden llegar a provocar un riesgo sobre la soberanía alimentaria, en particular de comunidades campesinas, étnicas marginadas y con ingresos económicos bajos o que dependen de sus propios cultivos, pues pueden verse afectados por las variaciones que provoca la acides en las aguas que emplean para sus actividades. A su vez, pueden registrarse dificultades en la provisión de aguas potables para grandes comunidades urbanas (Arismendy, 2020), que deben usar esta agua contaminada para regar sus cultivos, dar de comer a sus animales y consumo humano, siendo la única alternativa que tiene, poniendo en riesgo su salud.

En la tabla N° 1, se presentan una compilación de los impactos ambientales negativos que se presentan en el recurso hídrico.

TABLA 1: IMPACTOS AMBIENTALES EN EL RECURSO HÍDRICO

Impactos Ambientales en el Recurso Hídrico		
Aumento de sedimentos	Incremento de turbidez	Disminución de caudales
Alteración del curso	Drenaje ácido de minas DAM	Lluvia ácida
Acidificación de caudales	Modificación de flujo subterráneo	Alteración de la infiltración
Alteración del ciclo hidrológico	Biomagnificación de mercurio	Contaminación del acuífero
Afectaciones a la salud	Riesgo en la soberanía alimentaria	Dificultad de provisión de agua potable

6.2. Efectos ambientales de los metales pesados derivados de la extracción minera en el Páramo de Santurbán.

Colombia posee la mayor superficie de los páramos del mundo y uno de ellos es el Páramo de Santurbán, que produce el agua que abastece a más de dos millones de habitantes de Bucaramanga y de otros municipios de la región. Además de su importante oferta hídrica, el Páramo de Santurbán es rico en otros servicios ecosistémicos, alberga recursos minerales y sus suelos son cada vez más usados para la producción agrícola. Esto genera conflictos entre los diferentes usuarios de los bienes y servicios ofrecidos por el páramo, pues las actividades mineras, así como las agropecuarias, tienen un impacto negativo sobre la cantidad y calidad de los servicios ambientales provistos en el territorio. A pesar de esfuerzos recientes y un creciente interés por promover un desarrollo sostenible, el componente ambiental sigue siendo una preocupación secundaria en comparación con los objetivos de crecimiento económico en el corto plazo para Colombia; la explotación de los recursos naturales se considera uno de los principales medios de desarrollo económico y sus impactos ambientales son muchas veces ignorados o subvalorados; a pesar del aumento en los estudios de valoración económica de los servicios ambientales que proveen estos ecosistemas, en muchas ocasiones al no contar con una buena base de información, las valoraciones se realizan desproporcionalmente a las afectaciones generadas (Calderón, 2014).

La minería en Colombia se caracteriza por generar impactos ambientales de carácter intensivo, prolongado y sistemático. En materia de protección al medio ambiente y del equilibrio ecológico uno de los principales problemas de la industria minera se enfoca básicamente en la generación de drenaje ácido debido a las tareas propias de exploración y de desarrollo de una mina (Arismendy, 2020).

El Páramo de Santurbán se ha convertido en un símbolo de conflictos socio ambientales, por un lado, es un conjunto de ecosistemas fundamentales para la supervivencia de los seres vivos y por el otro es proveedor de recursos para el desarrollo de la civilización, donde las montañas son yacimientos mineros que, como tal, pueden ser desaparecidas y contaminadas (Callejas, 2016). Santurbán es un macizo muy fallado, muy roto y son por esas grietas por donde penetra el agua que se condensa en la parte alta, es por eso que los acuíferos de este ecosistema probablemente son más importantes que el agua superficial, es necesario tener en cuenta que el 80% del agua dulce del mundo es subterránea (Comité Santurbán, 2015); así mismo, el páramo se encuentra en una zona de rocas fracturadas, que al excavar o hacer exploración minera se libera de manera natural arsénico, un compuesto tóxico que al llegar a los acuíferos forma aguas ácidas; esto representa una amenaza para las reservas subterráneas de las que dependen 2 millones de personas (Mahecha *et al.*, 2018).

La principal causa de estos conflictos es la pretensión de multinacionales mineras de explotar oro, afectando el agua de más de dos millones de habitantes y vulnerando la biodiversidad del territorio; ocasionando la reacción de ambientalistas que lograron frenar los proyectos mediante diversas estrategias. Entre los años, 2012 y 2014 las multinacionales que se encontraban en el territorio entraron en *stand-by* por orden del gobierno, ocasionando un receso en los modos de subsistencia de las comunidades que históricamente han vivido de la explotación de oro, afectando la economía y estilos de vida (Basto, 2017).

La explotación de minerales en el Páramo de Santurbán ha ocasionado graves denuncias y resistencia social por parte de la comunidad, ya que se ha hecho evidente una problemática de contaminación de fuentes hídricas importantes como la alteración del ecosistema por las malas prácticas utilizadas por parte de la minería (Callejas, 2016).

De acuerdo con la Agencia Nacional de Minería (Agencia Nacional de Minería, 2022), en la actualidad existen diversos títulos mineros que se desarrollan en los municipios que hacen parte del área de influencia del Páramo de Santurbán como lo son: California, Suratá y Vetas; estos títulos son presentados tanto por empresas como por personas naturales; dentro de las empresas se encuentran: Empresa Minera Reina de Oro, Sociedad Minera Trompetero, La Elsy LTDA, Minera la Providencia, Somisfran LTDA, Minera Vetis, Sociedad Minera de Santander SAS, Galway Resources Holdco LTDA sucursal Colombia y Sociedad Minera Calvista Colombia SAS. En los expedientes de estos títulos se encuentran proyectos que cuentan con planta de beneficio y otros que no.

La Agencia Nacional de Minería (Agencia Nacional de Minería, 2022) establece en el tema de explotador minero autorizado y beneficiario de áreas de reserva especial, aquella comunidad minera tradicional reconocida mediante la delimitación y declaración de un área de reserva especial, que cuenta con una prerrogativa de explotación, por lo tanto, no abra lugar de suspender, dicha comunidad se considera un explotador minero autorizado y se encuentra debidamente publicado en el RUCOM, de acuerdo con estas especificaciones en el municipio de California-Santander se presentan 7 títulos mineros y en el municipio de Suratá-Santander 10.

De acuerdo a la base de datos de la Agencia Nacional de Minería (Agencia Nacional de Minería, 2022) como explotador minero con título autorizado se observa la existencia de diversos títulos mineros en los municipios de California, Vetas y Suratá, algunos títulos

cuentan con plantas de beneficios y otros no, tal como se observa en la tabla N°2, cabe aclarar que estos títulos hacen referencia al oro como elemento extractivo. En la actualidad se encuentra en proceso de solicitud de legalización o formalización 3 títulos mineros en el municipio de Suratá y 2 en el municipio de California. (Agencia Nacional de Minería, 2022).

TABLA 2. TÍTULOS MINEROS.

California – Santander		Vetas – Santander		Suratá - Santander	
Planta de beneficio		Planta de beneficio		Planta de beneficio	
Si	No	Si	No	Si	No
8	23	3	3	0	4

En entrevista con la Trabajadora Social Mayerly López, lideresa ambiental y social e integrante del Comité para la Defensa del agua y el Páramo de Santurbán, en la actualidad la empresa Minesa se encuentra en la etapa de exploración minera en donde no se presenta una intervención agresiva al ecosistema; así mismo, la empresa viene desarrollando reuniones de socialización con la comunidad acerca de la evaluación de impactos ambientales, para presentarse nuevamente ante el ANLA y obtener la licencia de explotación minera, dentro de estas reuniones se ha llegado a un consenso con los mineros ancestrales, si se obtiene el título minero se les dará un porcentaje de este para que sean ellos los que lo exploten y obtengan las respectivas ganancias, muchos de estos mineros no están de acuerdo pero con la necesidad económica se ven en la obligación de aceptarlo, sabiendo que cuando se otorgue el título minero a Minesa la posibilidad de cumplir ese consenso es muy mínima. Esta información no reposa en documentos científicos, pero es de gran importancia puesto que permite una visión realista del territorio de la mano de la comunidad quienes son los que mejor conocen el territorio y sus dinámicas económicas, sociales, ambientales y políticas.

Dentro de los impactos potenciales que se generan está la pérdida de ecosistemas y hábitat, pérdida de especies en peligro de extinción, efectos sobre especies sensibles o migratorias, alteraciones de sistemas hidrológicos e hidrogeológicos, incrementos de metales

pesados, acidez o contaminación, turbidez, riesgo de contaminación de agua subterránea, incremento de partículas, compuestos y metales pesados ambientales, pérdida de acceso a los hábitat pesqueros, de árboles frutales y plantas medicinales, cultivos de forraje y pasturas, acceso restringido a recursos de biodiversidad, entre otros.

Antes de desarrollarse las actividades mineras en un determinado lugar, es muy reducida la cantidad de pirita expuesta a las condiciones bajo las cuales se producen aguas ácidas; la actividad minera causa fragmentación (permeabilidad secundaria) en las rocas y aumenta la superficie específica de contacto entre las rocas, el aire y el agua. El mineral que tiene mayor capacidad de generar drenaje ácido es el sulfuro de hierro o pirita. Las operaciones de minería implican la exposición de la pirita a la acción de las aguas superficiales o subterráneas, y permiten, por tanto, su oxidación. Como consecuencia de la explotación de los yacimientos mineros, grandes cantidades de materiales piríticos quedan expuestos a la meteorización. El drenaje ácido puede liberarse desde cualquier parte de la mina donde los sulfuros se expongan al aire y al agua, incluyendo las pilas de material estéril, botaderos de escombros o desecho de roca, relaves, tajos abiertos, túneles y pilas de lixiviación. Una de las principales preocupaciones ambientales relacionadas con la minería de sulfuros es la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas (Arismendy, 2020).

Según la Organización Mundial de la Salud, los metales tóxicos generados en la extracción de oro y que representan un mayor riesgo para el medio ambiente y la salud de los seres vivos son: aluminio-Al-, cromo -Cr-, magnesio -Mg-, hierro -Fe-, óxido de carbono -Co-, níquel -Ni-, cobre -Cu-, zinc -Zn-, cadmio -Cd-, mercurio -Hg- y plomo-Pb-, debido a que no se degradan en productos inocuos, sino que tienden a acumularse en tejidos y órganos, causando diversas enfermedades y trastornos. El mercurio se ha convertido en uno de los elementos más peligrosos pues su concentración en el medio ambiente ha aumentado considerablemente y está alcanzando niveles ciertamente tóxicos para muchos organismos,

afecta el sistema nervioso central, degrada el ADN y tiende a acumularse y a magnificarse a través de la cadena trófica.

La minería a cielo abierto y subterránea puede acelerar la producción de ciertos drenajes, que, aunque en el suelo son naturales, la contribución minera hace que se caractericen por su bajo pH, elevadas concentraciones de hierro, sulfatos y metales pesados de composición variable, cuya carga depende del tipo de depósito de los minerales originarios. Estos efluentes pueden tratarse con productos químicos como cal y carbonato de sodio, generando la producción de lodos voluminosos, que representan otro problema ambiental y costos adicionales; la preocupación por eliminar la mayor cantidad de contaminantes ha llevado al desarrollo de diferentes técnicas y métodos que incluyen: precipitación química, intercambio iónico, evaporación y concentración, ósmosis inversa, electrólisis, filtración y procesos de adsorción (Rojas *et al.*, 2012).

En la actualidad, en Colombia existen varias minas que realizan procesos sean más sostenibles, con la implementación de nuevas tecnologías o la implantación de la producción más limpia en sus prácticas operativas. Como bien se sabe la explotación de metales ha sido por muchos años fuente de materia prima, la extracción de oro es una de las actividades del sector minero que más daños causa al medio ambiente, hay una diversidad de minas donde ya se han implementado procesos sostenibles como: recuperación del oro sin la utilización del cianuro, reutilización del mercurio, instalación de micro medidores para poder llevar registro contable del agua utilizada en otras actividades (Arismendy, 2020).

6.2.1. Contaminación en el área de influencia a causa del proyecto minero.

En el Páramo de Santurbán se han presentado diversos proyectos mineros, el último a cargo de MINESA, en donde se removerán 65 millones de toneladas de suelo para extraer cerca de 11 millones de onzas de oro, la mina tendría una vida útil de 25 años; anualmente se extraerá y removerá 2.6 millones de toneladas de suelo para obtener 450 mil onzas de oro, el

espacio que deja la explotación se irá rellorando con concreto a medida que se extraiga el material; este proyecto altera gravemente el equilibrio hídrico, debido a la construcción de túneles que provocarán daños ambientales en los acuíferos vitales para la regulación del recurso; así mismo se presenta una liberación de metales pesados en el subsuelo, se utilizarán 65 gramos de arsénico por cada gramo de oro, liberando grandes cantidades de sulfuros ocasionando aguas ácidas que por escorrentía llegarán a cuencas y sistemas de acueductos, esta agua no es apta para el uso y consumo humano y agrícola (INDEPAZ, 2017).

El área de influencia del proyecto aurífero desarrollado por la empresa Minesa en el páramo de Santurbán abarca 6 municipios localizados en la provincia de Soto Norte, la población de estos municipios en su gran mayoría es rural, se encuentra en altos niveles de pobreza (entre un 70% y 80%), altos niveles de necesidades básicas insatisfechas, tienen presupuestos pobres (de 6 categoría), se desarrollan cultivos de economía campesina en minifundios (Peña, 2020), municipios como Vetas, California y Suratá depende únicamente de la minería que se desarrolla ancestralmente.

El municipio de Vetas fue fundado en 1451 y desde ese entonces ya era un territorio minero; se han realizado pequeños proyectos en ciertas áreas consideradas parte del páramo. En este municipio los mineros se han organizado para definir las zonas para la extracción minera, brindando empleo y desarrollo a la región, esta minería es de subsistencia; dentro de las organizaciones son conscientes que, para poder explotar oro, se debe realizar a través de una minería responsable, es por eso que desde el año 2005 erradicaron completamente el mercurio de sus procesos extractivos; utilizan molinos chilenos que no requieren de este metal, así mismo, se trabaja con un sistema que neutraliza el cianuro, disminuyendo de esta forma la contaminación hídrica (Comité Santurbán, 2015).

Con la delimitación realizada al páramo de Santurbán no se puede realizar minería ni actividades agropecuarias, debido a que el 75% del territorio de Vetas se encuentra dentro del área delimitada y protegida, lo que ha ocasionado movilizaciones por parte de la población ya que se están prohibiendo aquellas actividades ancestrales que ha realizado la población para su subsistencia, generando problemas económicos, sociales y culturales en la región. Según Gregorio Mesa Cuadros: “es necesario una visión e interpretación integral de la constitución y las leyes tanto ambientales como mineras; en los páramos está completamente prohibida cualquier actividad minera, puesto que es un ecosistema esencial para la vida en Colombia, por lo tanto, realizar una actividad depredadora y contaminante como la mega minería debe estar por fuera de este ecosistema estratégico” (Comité Santurbán, 2015).

El alcalde municipal de Vetas en el periodo 2016 –2019 Orlando Rodríguez Ramírez manifiesta haber brindado protección y/o cerramiento de zonas estratégicas para conservación del recurso hídrico en algunos predios de propiedad de Vetas; se suministraron los insumos químicos necesarios para la potabilización del agua de la planta de tratamiento del municipio de vetas; por medio de un convenio con Minera Vetas se realizó el mantenimiento de cunetas y obras en las vías principales del municipio, entre otras acciones los mineros más allá de exigir un empleo, exigían retomar la actividad minera en estas zonas, debido a que los ingresos generados por dicha actividad eran superiores a los trabajos que ofrecía el gobierno. De acuerdo al informe presentado por la Alcaldía de Vetas, de los dos mil habitantes del municipio solo 30 personas (los funcionarios públicos) no reciben recursos relacionados con la minería, 250 personas son empleadas de las minas, y el resto (que son el 75% de la población productiva) dependen directa o indirectamente de la extracción del oro. Al entrevistar a los habitantes de la zona, se pudo determinar que ellos no están en contra de la protección del páramo como tal, pero argumentan que el Estado debería permitirles continuar ejerciendo la minería artesanal capacitándose en manejos más amigables con el medio

ambiente, en vez de prohibirles continuar con su principal fuente de sustento. Sin embargo, esta medida no fue suficiente en tanto a que en el año 2016 se prohibió todo tipo de actividades extractivas y agropecuarias en este territorio (Mahecha *et al.*, 2018).

En las aguas del municipio de California y como resultado de las perforaciones realizadas y la toma de muestras de lodos activos, se encontraron 52 elementos de la tabla periódica, en su mayoría metales pesados los cuales son solubles en las aguas ácidas presentes. El arsénico presente en proporción de 356 gramos por tonelada de material retirado, ha demostrado ser un veneno con resultados desastrosos para la humanidad; la solubilidad de este elemento en el agua lo hace muy riesgoso para los acueductos y los cultivos. Con la apertura de los túneles se reducen los niveles de las quebradas y en muchos casos la desaparición, al igual de las lagunas que se encuentran en el ecosistema. Las aguas ácidas presentes en el Río Suratá se mezclarán con los Ríos Oro y Lebrija y terminaran en el Río Magdalena, contaminando de esta manera medio país con residuos metálicos y radioactivos (Peña, 2020).

El estudio “*Assessment of mining activity on arsenic contamination in surface water and sediments in southwestern area of Santurbán paramo, Colombia*” (Alonso, 2020) evalúa el impacto del distrito minero de oro Vetas – California en el río Suratá, en donde se evidencia la presencia de As en altas concentraciones en el agua superficial y subterránea del área de influencia del proyecto, adicionalmente, en épocas de lluvia se presenta un aumento en la concentración del As en el agua subterránea (Alonso, 2020) .

Se han conformado distintos grupos sociales con cara al conflicto que se presenta, por un lado, los pequeños mineros habían vendido sus títulos a las grandes compañías, mientras que la minería tradicional decaía por las grandes exigencias en el cumplimiento de las normas ambientales. Con la delimitación realizada en el Páramo de Santurbán, se demarcaron zonas

en las que se podría realizar minería, estableciendo que de las 260.000 hectáreas que representaba el ecosistema, 129.743 hectáreas serán protegidas; esta medida perjudicaría a los pequeños mineros mientras que las grandes multinacionales continuarían operando fuera de la línea, lo que en la práctica no subsanaría la contaminación de los afluentes que surten los acueductos de Santander y Norte de Santander, razón por la cual continuó la protesta ambientalista (Basto, 2017). Como consecuencia de dicha delimitación diferentes actores se pronunciaron en defensa de sus posiciones; el conflicto de intereses entre habitantes, ambientalistas, multinacionales y el Estado demuestra que, si bien la minería genera impactos ambientales, la delimitación y prohibición minera en dicho territorio originó consecuencias a nivel social (Mahecha *et al.*, 2018); dichas consecuencias no son tenidas en cuenta por parte del Estado, en donde prima el interés y “beneficio” económico que deja dicha extracción minera por encima de las verdaderas necesidades de la población.

La permanencia sostenible de las comunidades en el páramo es una condición fundamental en la defensa y preservación del páramo de Santurbán frente a proyectos mineros. Es necesario reconocer y compensar los servicios ecosistémicos que ofrece la provincia de Soto Norte, una región y su población en condiciones socioeconómicas de pobreza y necesidades básicas insatisfechas; según los indicadores de desarrollo humano se constata el abandono sistémico al que está condenado el mundo rural, en medio de una gran riqueza natural que no es defendida por el Estado (Peña, 2020) y que si por el contrario es puesta en bandeja de plata a aquellas multinacionales extranjeras para que exploten nuestros recursos, generen impactos negativos en los territorios. Con el desarrollo de estos mega proyectos no se tiene en cuenta la historia y cultura de los territorios, que durante años han desarrollado su economía y estilo de vida de acuerdo a los recursos naturales con los que cuentan.

6.2.2. Estudios de Impacto Ambiental de Empresas Mineras en el Páramo de Santurbán.

6.2.2.1. Anglo Gold Ashanti Colombia.

Un estudio realizado por Jorge Tapia en el año 2011, reveló que el consumo de agua para producir un gramo de oro está entre 450 y 1.060 litros; por otra parte, el estudio de impacto ambiental del proyecto especifica que de los contaminantes químicos liberados (únicamente en el proceso de beneficio, sin incluir lo que se libera en los botaderos) por cada gramo de oro se cuenta con 7.700 gramos de sulfuros, 30 de arsénico, 377 de plomo y entre 3 y 4 toneladas de desechos de roca (Uribe, 2014).

6.2.2.2 Minesa.

En el EIA (Evaluación de Impacto Ambiental) se contempla la existencia de desechos químicos potencialmente peligrosos como arsénico, mercurio, cadmio y uranio que resultan afectando las fuentes hídricas y a las personas que las consumen o están expuestos a estos (Soy autónomo, 2019); dentro de los documentos entregados no se encuentran estudios que caractericen cuantitativamente los recursos naturales antes y después del desarrollo del proyecto.

6.2.3. Estudio físico químico del agua en el municipio de California – Santander.

De acuerdo con la revisión literaria realizada, la mayoría de los impactos ambientales identificados y que son la base de los conflictos socio ambientales presentes en la región de Soto Norte, se encuentran descritos de manera cualitativa, dificultando la consulta en una base de datos científica y exacta que permita realizar una comparación de las propiedades fisicoquímicas del recurso hídrico y como se afectaría con la realización de proyectos mineros en la zona.

Sin embargo, se encontró un estudio realizado por la Corporación Geoambiental TERRAE en el año 2018 (TERRAE, 2018), en donde se estudió, la calidad el agua superficial relacionada a la actividad de oro en la cuenca alta de la quebrada Páez y cuenca baja y media de la quebrada La Baja, en el municipio de California, Santander (Área de Influencia del

Proyecto Minero de Minesa). Se realizaron pruebas *in situ* y de laboratorio para detectar concentraciones y especies de elementos en muestras de aguas superficiales y sedimentos comparando sitios “limpios” sin actividades productivas humanas (o con intervenciones de muy bajo impacto) y sitios afectados por actividad minera, que incluyeron un drenaje minero.

Los parámetros que se tuvieron en cuenta fueron: pH, conductividad eléctrica, temperatura, potencial de óxido reducción, sólidos disueltos totales (TDS), bario (Ba), sulfatos (SO_4^{2-}), cobre (Cu), nitratos (HNO_3), manganeso (Mn), uranio (U), arsénico (As), mercurio (Hg), plomo (Pb), zinc (Zn) y cadmio (Cd); estos valores fueron monitoreados en 11 puntos a través cuenca alta de la quebrada Páez y cuenca baja y media de la quebrada La Baja.

En cuanto al pH en los puntos aledaños a antiguas minas se obtuvieron valores entre 7,7 y 8,3; el punto correspondiente al municipio de California obtuvo un pH promedio de 8,2; a medida que las quebradas reciben descargas de zonas mineras, se evidencia una variación en el pH con una tendencia a la alcalinización.

La conductividad eléctrica corresponde a la habilidad de una solución de transmitir una corriente eléctrica a cierta distancia, el aumento de concentración de sales y otros compuestos (particularmente metálicos) pueden aumentar la conductividad eléctrica del agua, un incremento en el valor habitual puede ser un indicador de aumento de estos compuestos lo cual altera la calidad de las aguas. El promedio de la conductividad aguas abajo de los vertimientos mineros es de 440 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a medida que desciende por la cuenca de la quebrada los valores aumentan; el valor máximo fue 1883 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo coherente con aguas de mina de pH anómalo donde suelen mobilizarse gran cantidad de elementos metálicos y sulfatos que aumentan la conductividad del agua.

En cuanto a la presencia de metales en el agua, los análisis de laboratorio demuestran la presencia de varias especies químicas de arsénico en el agua, entre ellas el arsenato As (V) y el arsenito As (III), esta última más tóxica y movilizable en el ambiente. El arsenito fue detectado en 3 de los 4 puntos muestreados, todos ellos aguas abajo de donde se realiza actividad minera. El As (III) es la especie más tóxica de arsénico y es dominante en condiciones oxidantes con pH alcalino, lo cual es coherente con los valores de pH medidos en la mayoría de estaciones. Las muestras en sedimentos depositados en el lecho de ríos y quebradas son clave pues transportan gran cantidad de nutrientes y contaminantes, también dan un análisis integral y a largo plazo de los elementos movilizados en la zona complementando los análisis de agua. El arsénico fue encontrado también en muestras de sedimentos de todos los puntos investigados.

En las pruebas de laboratorio se analizó la presencia de metilmercurio (MeHg), mercurio (II) (Hg^{2+}) y mercurio total (HgT), en las muestras de agua solo se detectó la presencia de HgT en 2 de las estaciones (aguas abajo de los túneles de exploración minera), los valores fueron 18,35 y 32,22 $\mu\text{g HgT/L}$ respectivamente. Estas estaciones están ubicadas en la parte media de la quebrada La Baja que recoge drenajes de minería tradicional y los proyectos Angosturas, Soto Norte y un drenaje de mina. En cuanto a los sedimentos, se detectó la presencia de Hg (II) en todos los puntos de muestreo, aguas abajo después de pasar por vertimientos de actividad minera los valores se incrementaron más de 18 veces, el más alto fue de 788,9 $\mu\text{g Hg/kg}$. El aumento en la concentración de esta especie de mercurio a lo largo de la quebrada puede indicar una relación con la actividad minera, especialmente cuando se detectó un valor de 488,1 $\mu\text{g Hg (II)/kg}$, correspondiente a un drenaje de mina.

Se evidencia la presencia de uranio en todas las muestras de agua, sin embargo, solo en la estación correspondiente al vertimiento de mina, se sobrepasó casi tres veces el límite propuesto por la OMS de 0,015 mg/l. En este punto la medición fue de 0,043 mg/l, la

liberación del uranio se da por la meteorización que moviliza este metal presente en los yacimientos, se magnifica producto de la actividad minera que produce drenajes ácidos de mina (DAM).

En cuanto al Zinc, la fracción más representativa en la muestra es zinc residual con un 70,4%, lo que indica que su biodisponibilidad es muy baja, puesto que fue detectado en mayor proporción en la fracción con menor disponibilidad en el ambiente y menor movilidad. Por tanto, el zinc no es un metal de preocupación en la zona.

En todas las estaciones la fracción más representativa en la muestra para plomo es la residual con más del 80%, lo que indica que su biodisponibilidad es muy baja, entonces el Pb no es un metal de preocupación en la zona, puesto que fue detectado en mayor proporción en la fracción con menor biodisponibilidad, es decir, con menor disponibilidad en el ambiente y movilidad. Aguas abajo de las quebradas que reciben los residuos de la actividad minera, se registra un crecimiento en la fracción reducible, ligada a los óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso, relacionándose con los altos valores de manganeso presente en estas estaciones.

Los metales analizados en las pruebas de laboratorio y campo fueron cobre, manganeso y bario, los tres relacionados con la actividad minera por su presencia en la tierra o su uso en esta actividad productiva. El cobre es un contaminante del agua, a medida que recorre las quebradas, las concentraciones aumentan hasta a 0,19 mg Cu/L, en el punto del vertimiento de la mina se presenta una concentración de 7,08 mg Cu/L, esto se asocia a la presencia del drenaje de mina que cae a la quebrada. Las pruebas de campo de Manganeso, reportaron que, a lo largo de las quebradas, las concentraciones aumentan paulatinamente hasta 0,474 mg/L; las aguas ácidas de estos drenajes de mina movilizan el manganeso que se encuentra naturalmente en las rocas y lo incorporan al flujo de agua, a ello puede deberse los

altos valores encontrados en el agua. El manganeso está relacionado generalmente con el hierro, es decir, con la pirita que es abundante en la zona.

El sulfato es la sal que se genera a partir de la oxidación de la pirita. Es un compuesto abundante en la tierra que se libera de manera natural en el agua, sin embargo, puede darse también de manera acelerada por compuestos orgánicos que contienen azufre, como desechos industriales y drenajes de mina que tienen usualmente altas concentraciones de esta sal. Los análisis de laboratorio muestran que los valores aumentan aguas abajo de la quebrada alcanzando valores de 294,48 mg SO_4^-/L y 1249,66 mg SO_4^-/L (correspondiente a un drenaje de mina).

En el páramo de Santurbán se ha reportado la presencia de minerales potencialmente tóxicos que son detectable en las aguas como el uranio y el arsénico, en el caso del uranio se han presentado niveles que sobrepasan casi tres veces los límites de la norma colombiana en las aguas de un drenaje minero. Así mismo, se han detectado la presencia de antimonio, bario, cadmio, cobre, manganeso, níquel, plomo, vanadio y zinc.

La presencia de compuestos tóxicos en el agua trae graves afectaciones a la salud de las personas como: efectos gastrointestinales agudos, capacidad cancerígena y genotoxicidad, daño al sistema renal, afectaciones al sistema nervioso central y periférico y al sistema respiratorio.

Finalmente, en la tabla N° 3 se encuentran consolidados los impactos ambientales que se presentan en el Páramo de Santurbán a raíz de la extracción minera de oro en el territorio.

TABLA 3: COMPILACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN EL PÁRAMO DE SANTURBÁN

Minería en el Páramo de Santurbán		
Subsuelo rico en minerales		
Minería aurífera por socavón		
Principal actividad económica: extracción minera		
Impactos ambientales a causa de proyectos mineros		
Suelo	Aire	Agua
Cambios en el uso del suelo	Formación de aerosoles	Presencia de metales pesados: arsénico, mercurio, uranio, cobre, manganeso, sulfatos.
Erosión	Gases de efecto invernadero	Acidificación
Modificación de relieve	Formación de ácido nítrico	Lluvia ácida
Deforestación		Drenaje ácido de minas
Pérdida de suelo fértil		Agua no potable para consumo humano

6.3. Mecanismo para la socialización de los efectos ambientales con la comunidad.

Con el fin de fortalecer la educación ambiental de la comunidad campesina acerca de los impactos ambientales de la minería y poder defender su territorio, se propone como mecanismo de socialización la aplicación de un taller de la mano de la comunidad, para que se concienticen de estos impactos y la forma de disminuirlos.

Este taller se realizará en grupos focales en cada municipio o vereda afectada. Para iniciar el taller se ubican carteleras que representen cada recurso natural afectado (aire o atmósfera, suelo, agua, así como salud, economía y cultura), a cada participante se le dará un marcador con el fin de que escriba los impactos que el considere que se presentan en el territorio y por qué se desarrollan; con esta información se realiza un pequeño conversatorio y se complementa con la información que se obtuvo de la revisión literaria.

Se procede a separar el grupo de acuerdo con cada recurso afectado, en estos grupos se consolidan los impactos presentes y cómo van a actuar como comunidad frente a este con el fin de minimizarlo (es necesario aclarar que el impacto no desaparecerá por completo, lo

que se busca es disminuirlo), cada grupo realizará una pintura en donde se vea el antes, el ahora y el después de la implementación de la acción correctiva. Al finalizar la pintura y con el fin de recoger la nueva información, se realiza una mesa redonda en donde cada grupo expondrá su pintura.

Se intuye que la comunidad al entender estos impactos, podrá exigirles a las empresas la implementación de dichas acciones, con el fin de disminuir las afectaciones a su territorio ocasionadas por la actividad minera.

7. Discusión de Resultados.

El páramo de Santurbán es uno de los 36 páramos del país del que más se habla y se discute; en este ecosistema se presenta un conflicto de intereses por los recursos naturales, así como por el impacto ambiental que se ha presentado debido a las intervenciones industriales que se han desarrollado.

En municipios de la provincia de Soto Norte se ha observado un abandono por parte del Estado, hasta finales de los años noventa el ELN tenía control sobre estos territorios. El Ejército llegó de la mano de la empresa GreyStar, acabando con la presencia guerrillera. GreyStar desminó las montañas, financió la estación de radio del pueblo, el jardín infantil, el colegio y el coliseo principal de California; es decir son las multinacionales mineras las que llegan con la promesa de desarrollo y crecimiento y no el Estado como debería ser (Osorio, 2011).

En la política minera se evidencia el interés en generar una articulación eficiente y coherente entre la planificación física y los capitales socioeconómicos de los territorios rurales, demostrando una intención mercantilista en la que el ambiente es puesto en un segundo plano sin tener en cuenta que es a partir de este que se produce la minería, ocasionan

transformaciones que cumplan con las necesidades del capital; las actividades extractivistas potencian la radicalización de las contradicciones, pues, permea las dinámicas ambientales e incide de manera drástica en las lógicas locales de los territorios en donde se presente (Mesa, 2019).

La delimitación realizada en el año 2014, se produjo bajo un contexto normativo que no garantiza la protección del ecosistema de páramo, por el contrario, posibilita la toma de decisiones que desfavorecen la protección ambiental; no existe la certeza que en dicha delimitación se contemplen todos los aspectos ambientales, sociales, económicos y culturales (Mesa, 2019) necesarios para garantizar un mayor grado de protección de este ecosistema, así mismo se expidió sin la participación de los tutelantes y los afectados por la decisión dejando sin efecto la Resolución 2090 de 2014; en donde se presenta una reducción del 24% de terreno frente a lo determinado inicialmente por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt en los documentos presentando en los años 2014 y 2016. La Corte Constitucional reconoció una vulneración de derechos fundamentales como consecuencia de una inadecuada delimitación del Páramo de Santurbán (Mesa, 2019).

Aunque en Colombia no existe un procedimiento especial para la participación de la comunidad en la delimitación de los páramos, ello no es razón para la negación de espacios amplios de participación, ya que la Constitución y los acuerdos internacionales suscritos por Colombia establecen el derecho a participar en las decisiones que puedan afectar el ambiente; por esto, el Estado debe garantizar la disponibilidad de mecanismos idóneos. Con la delimitación realizada se vulneró el derecho a participar en la toma de decisiones en asuntos ambientales, teniendo en cuenta que la participación de la comunidad en las decisiones ambientales no es un asunto meramente procedimental, sino que es un derecho fundamental que facilita la concreción de los derechos políticos de los ciudadanos y del derecho a un

ambiente sano, para lo cual, los mecanismos de participación en materia ambiental deben ser adecuados y oportunos (Mesa, 2019).

El Estado Colombiano también tiene obligaciones internacionales que le exigen respetar y garantizar la participación ciudadana, especialmente lo que se refiere con asuntos ambientales. En el principio 10 de la Declaración de Río, suscrita por Colombia, se busca facilitar el acceso a la información y la participación de las personas y comunidades en los procesos de toma de decisiones, y afirma que el mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda; para ello, todos deberán tener acceso adecuado a la información ambiental de que dispongan las autoridades públicas, incluida la información sobre los materiales y las actividades que encierran peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones. Adicionalmente, en la declaración de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible en el año 2012, se afirma que los derechos de acceso a la información, participación y justicia en materia ambiental son esenciales para la promoción del desarrollo sostenible, la democracia y un ambiente sano, y que aportan múltiples beneficios, como contribuir a tomar mejores decisiones y aplicarlas más eficazmente, involucrar al público respecto de los problemas ambientales, aportar a la rendición de cuentas y la transparencia en la gestión pública y facilitar un intercambio de patrones de producción y consumo (Mesa, 2019). Es necesario definir una política estratégica para la conservación del agua, ya que, la mayoría de la población se está sirviendo de las aguas provenientes de las zonas altas de las montañas.

Una sociedad que no conoce los impactos ambientales de un proyecto no puede defender su derecho al ambiente sano ni a su territorio; en la actualidad se fomenta la minería como sinónimo de desarrollo rural basado, pero no se tiene en cuenta que este tipo de actividades extractivistas, van en contra de la gestión del cambio climático, en razón de la

contaminación y disminución de fuentes hídricas, modificaciones de temperatura, niveles de polvillo en el aire y erosión, pone en riesgo la biodiversidad y estabilidad de los ecosistemas en los cuales se lleva a cabo la extracción de bienes ambientales, se modifican los usos tradicionales de los suelos con una posterior transformación de un paisaje rural agrario a uno de servicios en función del extractivismo y afectaciones de las tradiciones campesinas asociadas a cultivos de pancoger generando inseguridad alimentaria (Mesa, 2019).

Los habitantes de la provincia de Soto Norte se han dedicado por décadas a la extracción minera en sus territorios, siendo esta actividad el sustento económico de muchas de las familias que se encuentran en esta provincia; Javier Peña, minero tradicional, ingeniero metalúrgico y primer alcalde del municipio de California, afirma “desde hace más de 400 años la minería se da en el pueblo, pero nosotros cuidamos el páramo, nosotros sabemos que se debe conservar el agua y todo el ecosistema”, muchos de los mineros nacieron en el Páramo, viven allí y siempre lo han cuidado y protegido, es por esto que desde el 2005 deciden eliminar el uso del mercurio en los procesos extractivos del oro, desarrollando un proceso llamado “Oro verde” mediante el uso de molinos chilenos y la neutralización del cianuro disminuyendo la contaminación que generaban anteriormente (Soy autónomo, 2019). Así mismo, Betty Díaz, ciudadana de Suratá, lleva toda la vida viviendo en la región, afirma: “la controversia que se ha generado tiene mucho que ver con el desconocimiento, todos opinan desde Bucaramanga, Bogotá y otros lados, pero nadie viene a preguntarnos, a conocernos, nosotros llevamos cuidando el páramo toda la vida reciclamos, cuidamos el agua, pero nadie quiere venir a ver eso; todas las manifestaciones en contra de los proyectos se han hecho sin tener en cuenta a la comunidad de los municipios de Suratá y California” (El Tiempo, 2020), las políticas de protección ambiental se desarrollan en muchas ocasiones de manera genérica, sin tener en cuenta el territorio en donde se está realizando, es necesario tener un mayor acercamiento a las comunidades que habitan allí, conocer su territorio y su

cultura, explicarles las implicaciones ambientales que conllevan la minería que realizan y llegar a acuerdos para disminuirlos, aumentando su conocimiento, sentido de pertenencia y cuidado de su territorio.

Es necesario optar por reconvertir la producción agrícola, ganadera y minera de la zona con tecnologías ambientales viables, dejando a la población en sus territorios para que sean guardianes del páramo y lo sigan conservando como lo han realizado durante tantos años, encontrando alternativas económicas y políticas públicas territoriales con ejercicios de participación activa de las comunidades (Peña, 2020).

El agua potable es aquella que en su composición química no presenta contaminantes objetables (microorganismos, sustancias químicas o agentes infecciosos), se puede ingerir, abastece a los seres humanos y satisface sus necesidades; dichos contaminantes pueden ocasionar efectos nocivos para las personas que la consumen, siendo necesario evaluar su potabilidad, en Colombia se establecieron dichos parámetros en la Resolución 2115 de 2007 (Pérez, 2016).

Dentro de los resultados que se observaron en el estudio físico químico del agua en el municipio de California – Santander, se presenta un rango de pH entre 7,7 y 8,3 con tendencia a la alcalinización de este recurso, en el agua dulce este parámetro tiene un valor entre 6,5 y 8,5 con el fin de proteger la mayoría de organismos que se encuentren y hagan uso de este (State Water Board, 2014), sin embargo, la alcalinidad que se presenta, genera una disminución en la disponibilidad de ciertos nutrientes como el hierro, zinc y manganeso, que afectarán cultivos que sean regados con este tipo de agua, puesto que al aumentar la concentración de carbonatos y bicarbonatos en el suelo generara problemas de disponibilidad de nutrientes alterando la calidad de los cultivos. En la resolución 2115 del 2007 (Ministerio de la Protección Social *et al.*, 2007) por medio de la cual se señalan características,

instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, se establece que el valor para el potencial de hidrógenos pH del agua para consumo deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0 cumpliendo así con los niveles establecidos en la norma colombiana.

El promedio de la conductividad eléctrica obtenida cuenca abajo de los vertimientos mineros fue de 440 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con un valor máximo de 1883 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo consecuente con la presencia de iones metálicos, sulfatos y sales identificados en el agua; en la resolución 2115 de 2007 (Ministerio de la Protección Social *et al.*, 2007) se establece un valor máximo aceptable de hasta 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un incremento superior al 50% en el agua indica alta presencia de sólidos disueltos por lo que debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitarias y ambientales; en los vertimientos de los drenajes ácidos de mina y las minas georreferenciadas se supera el límite permitido por esta resolución siendo esta agua no potable para consumo humano en dichos puntos, si bien las demás estaciones evaluadas están dentro del límite, se puede observar que aguas arriba de los vertimientos se presenta una menor conductividad eléctrica con relación a los puntos aguas abajo de dichos vertimientos, ratificando que la presencia de iones metálicos, sulfatos y sales que aumentan la conductividad provienen de los vertimientos de mina.

En cuanto a la identificación y cuantificación de metales en el agua, se evidenciaron varias especies químicas de arsénico entre ellas el Arsenito (As (III)) siendo este el más tóxico y movilizable, se encuentra en condiciones oxidantes con un pH alcalino siendo coherente con el pH obtenido anteriormente; el valor más bajo del arsenito identificado fue de 0,0217 mg/L y a medida que la quebrada Páez recibe vertimientos de drenajes de actividad minera esta concentración va en aumento debido a que en esta actividad extractiva se utiliza este metal dentro de sus procesos; en el artículo 5 de la resolución 2115 de 2007 (Ministerio de la Protección Social *et al.*, 2007) se fija como valor máximo aceptable 0,01 mg/L, se

observa que el valor mínimo identificado supera el valor establecido legalmente, reflejando falencias en el tratamiento de las aguas en las minas, así como el mal uso de estos elementos dentro de dichas actividades extractivas, siendo necesario evaluar nuevas medidas de tratamiento debido a que se establece como agua no apta para el consumo humano.

En cuando al mercurio total se identificó en 3 estaciones que se encuentran en la parte media de la quebrada y que reciben drenajes de minas tradicionales y de proyectos de Angosturas y Soto Norte, reflejando el uso que le dan a este elemento dentro de los procesos de extracción, adicionalmente, los planes implementados en dichas extracciones no se cumplen a cabalidad puesto que se drena este importante compuesto al agua, alterando sus características fisicoquímicas, transformándola en agua no potable para su consumo, esto de acuerdo a la resolución 2115 de 2007 (Ministerio de la Protección Social *et al.*, 2007) en donde la concentración permitida es de 0,001 mg/L, en los de drenaje se presentan valores entre 0,018 mg/L y 0,032 mg/L excediendo el límite establecido.

De acuerdo con la OMS (WHO, 2006) el uranio es una sustancia peligrosa por lo tanto el límite permitido de este elemento en el agua y que esta pueda ser potable y apta para el consumo es de 0,015 mg/L, en todas las estaciones evaluadas se detecta la presencia de Uranio, pero solo en la estación con el drenaje ácido de minas se sobrepasó el límite permitido por la OMS con un valor de 0,043 mg/L; en la década de 1950 el servicio Geológico identificó la presencia de uranio en las rocas del Páramo de Santurbán, este elemento es liberado en el momento del fraccionamiento de las rocas y procesos de erosión que se llevan a cabo durante actividades extractivas, el uranio es transportado en aguas superficiales por largas distancias, así mismo se deposita en el suelo que ha sido regada con esta agua contaminando alimentos y afectando la salud y economía de los pobladores. Si bien este elemento ya se encuentra en el territorio, su exposición se acelera con los procesos

extractivos que se llevan a cabo, por ende, es en estos lugares en donde se encuentra en mayor concentración.

En cuanto al Zinc y el Plomo se presentó una baja biodisponibilidad de estos elementos en la mayoría de las estaciones, si bien todas se encuentran dentro del límite permitido para que sea agua potable, en las estaciones con drenaje ácidos de minas se presenta un mayor porcentaje de biodisponibilidad y movilidad, es decir es más riesgoso para ser liberado y ocasionar alteraciones a la calidad hídrica y la salud de los pobladores.

El cobre es un metal que se encuentran presente en todas las estaciones que se evaluaron, en los puntos que se encuentran antes del drenaje ácido de minas se presentó una concentración de 0,19 mg/L, en aquellos donde hay vertimiento de dichos drenajes se presentan valores de 7,08 mg/L; en la resolución 2115 de 2007 (Ministerio de la Protección Social *et al.*, 2007) se plantea como valor máximo permitido 1mg/L de este metal, evidenciando que en puntos con drenajes ácidos se supera 7 veces el valor legal permitido, esto debido a que en los procesos extractivos del oro se utiliza el cobre como catalizador en extracciones con cianuro (Corantioquia, 2016), así mismo en la minería artesanal se separa el oro del cobre mediante la tamización, generando una alta concentración de este metal en el recurso hídrico.

De acuerdo con los estudios, se reporta la presencia de manganeso a lo largo de la quebrada, pero, en aquellas estaciones con vertimientos de drenajes de mina se presentan valores de hasta 0,474mg/L, excediendo los 0,1 mg/L establecidos en la resolución 2115 de 2007 (Ministerio de la Protección Social *et al.*, 2007); este elemento se encuentra en las rocas naturalmente y es, en los procesos de perforación, que libera, entrando en contacto con el agua tanto superficial como subterránea y con la pirita existente generando acidificación del recurso hídrico. Así mismo, la presencia de sulfatos en las estaciones con drenaje ácido

presenta valores de 294,48 mg SO₄⁻/L y 1249,66 mg SO₄⁻/L, excediendo los 250 mg SO₄⁻/L exigidos en la resolución 2115 de 2007 (Ministerio de la Protección Social *et al.*, 2007), los sulfatos se encuentran de manera abundante en la tierra y son liberados en procesos naturales, sin embargo, compuestos orgánicos azufrados, desechos orgánicos y drenajes ácidos de mina presentan altas concentraciones de sales generando aceleración en la liberación de sulfatos, ocasionando alteraciones en las propiedades fisicoquímicas del agua y su calidad.

En el artículo 13 de la resolución 2115 de 2007 (Ministerio de la Protección Social *et al.*, 2007) se establece el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano - IRCA- asignándole un puntaje de riesgo, contemplado a cada característica física, química y microbiológica, un valor de 0 refiere al cumplimiento de todas las características evaluadas y 100 para el más alto riesgo; si bien no se reportan muestreos para todas las características físicas, químicas y microbiológicas establecidas en dicha resolución, se decreta que la presencia de compuestos químicos como antimonio, arsénico, bario, cadmio, cianuro libre y disociable, cobre, cromo total, mercurio, níquel, plomo, selenio, trihalometanos totales, hidrocarburos aromáticos poli cíclicos, plaguicidas, así como *Giardia* y *Cryptosporidium* se le asignará un valor de 100 en el IRCA, siendo inviable sanitariamente dicha agua, procediendo a informar a autoridades municipales y ambientales que esta agua no es apta para consumo humano; en el caso de estudio en la cuenca alta de la quebrada Páez y la cuenca baja y media de la quebrada La Baja se exceden los límites en la conductividad eléctrica, arsénico, mercurio, uranio, cobre, manganeso y sulfatos asumiendo como 100 el valor de IRCA en estos puntos, es decir, no es apta para el consumo humano, siendo necesario reportar a las autoridades y tomar medidas de tratamiento y mitigación sobre este recurso natural y sus respectivos consumidores, evidenciando la relación entre actividad minera y afectaciones a la calidad hídrica superficial en esta zona.

Es necesario tener presente que en las diferentes manifestaciones que se realizan en torno a la minería en un ecosistema estratégico como el Páramo de Santurbán, la comunidad coincide en que se presenta un abandono estatal y falta de oportunidades económicas que hacen que dependan de las actividades extractivas que se generan en la zona; Medardo García, alcalde del municipio de California afirma “el apoyo que se ha tenido en los últimos años ha sido casi siempre de las empresas mineras, el Estado comenzó con las exigencias ambientales pero no ofrecieron un conocimiento técnico o ayudas para cumplirlas” (Osorio, 2011).

En la región Soto Norte, la actividad minera es la base de la economía de la región, durante muchos años los ciudadanos han realizado extracción de oro en la zona de manera artesanal o a pequeña escala; con la llegada de multinacionales al territorio y mega proyectos mineros, la comunidad decide emprender distintas acciones populares con el fin de frenar dichos mega proyectos, debido a que generan importantes efectos ambientales en su territorio, si bien es cierto, no se presentan estudios cuantitativos en donde se demuestren las características físico químicas del agua y el ecosistema antes, durante y después de estos proyectos que demuestren con datos exactos las verdaderas afectaciones que se dan en el ecosistema y si son derivadas de la minería que se lleva realizando durante muchos años.

8. Conclusiones Y Recomendaciones.

8.1. Conclusiones.

La información suministrada por fuentes gubernamentales, artículos científicos y literatura gris, reflejan la realidad del territorio y se genera un diálogo de saberes entre lo científico y lo tradicional, aportando al conocimiento, dando valor a las comunidades y sensibilidad a las ciencias exactas, trasladando el conocimiento de las aulas y aplicándolo a la realidad del país.

En el territorio se está presentando una contaminación de metales pesados asociados al proceso de extracción y obtención de oro que están afectando los recursos naturales (atmósfera, suelo y agua), así como la salud de los campesinos y cambios en las dinámicas sociales y económicas de la región.

Como consecuencia de la minería en el Páramo de Santurbán se presenta contaminación en suelo, en el aire y en el recurso hídrico, lo que conlleva que el agua del territorio no cumpla con los parámetros mínimos para ser considerada agua potable para el consumo humano.

La contaminación que se presenta en el agua subterránea es similar a la contaminación del agua superficial, en todos los documentos revisados, si bien en diversos estudios se describen los mismos impactos cualitativos, faltan trabajos experimentales que respalden esta afirmación y demuestren cuantitativamente la concentración de los contaminantes y su afectación en las aguas subterráneas.

Las movilizaciones ciudadanas que se presentan en torno al Páramo de Santurbán, reflejan la importancia que tiene para la comunidad, pero, la falta de un sustento exacto como estudios fisicoquímicos que evidencien la contaminación de los recursos naturales, genera un sesgo en cuanto a la verdadera afectación que traen los proyectos mineros en el ecosistema.

Una pedagogía ambiental, sin ningún tipo de sesgo económico, político o social, se plantea desde la academia, socializando con la comunidad la contaminación que se presenta, así como acciones de reparación, mitigación y protección del ecosistema, que fortalecen su sentido de pertenencia y defensa del territorio.

Este documento cumple la finalidad de agrupar toda aquella información encontrada, exponiendo las afectaciones que se presentan en el ecosistema, la comunidad y el territorio

por el desarrollo de mega proyectos extractivistas en un ecosistema estratégico como lo es el Páramo de Santurbán, así mismo los beneficios que traen y la visión que tienen las comunidades frente a estos proyectos.

8.2. Recomendaciones.

Tal como se ha manifestado, la economía de la región de Soto Norte se basa en las actividades extractivistas, eliminar estas actividades trae consigo afectaciones sociales, económicas, políticas y culturales puesto que es la comunidad la que ha protegido durante muchos años el Páramo de Santurbán; en lugar de expulsar a las comunidades u obligarlas a modificar sus actividades de sustento económico, se deberían plantear acciones, medidas y políticas de protección y mitigación hacia el Páramo de la mano de la comunidad quienes son los que más conocen el territorio; promoviendo un mayor diálogo entre la ciencia y el conocimiento tradicional para reflejar en documentos científicos toda aquella información gris que por falta de investigación no ha sido expuesta y que en algunas situaciones pierde validez.

Para llevar a cabo un adecuado desarrollo territorial se debe involucrar el bienestar social y ambiental, pero, sin sobrepasar la carga de los ecosistemas tal como lo observamos con el recurso hídrico que se evaluó anteriormente, en este caso es importante pensar en las necesidades de la comunidad y del Páramo de Santurbán como un territorio integral.

Los impactos ambientales no son genéricos, dependen en gran medida del proceso de extracción y obtención de oro, el tratamiento de los residuos generados y la mineralogía del territorio; para disminuir y mitigar los impactos generados es necesario profundizar en estudios cuantitativos que evidencien el comportamiento y la calidad de los ecosistemas alterados.

Es importante implementar una adecuada gobernanza de los recursos naturales articulando a todos los actores involucrados, así como políticas dirigidas a aumentar la diversificación económica para que así los pobladores dejen de depender de uno solo recurso natural o realicen una sola actividad económica como es el caso de la extracción de oro.

9. Referencias.

Agencia Nacional de Minería. (2022). Datos Abiertos.

[https://www.anm.gov.co/?q=Datos Abiertos ANM](https://www.anm.gov.co/?q=Datos+Abiertos+ANM)

Alliance for responsible Mining. (2018). El agua y la minería:¿Qué implica el liderazgo?.

<https://www.responsiblemines.org/2018/04/aguaymineria/#:~:text=Para%20satisfacer%20la%20demanda%2C%20se.cuesti%C3%B3n%20material%20para%20la%20miner%C3%ADa.>

Alonso, D., Pérez, R., Okio, C., Castillo, E. (2020). Assessment of mining activity on arsenic contamination in surface water and sediments in southwestern area of Santurbán paramo, Colombia. Journal of Environmental Management, 264, 1-10.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110478>

Ariswendy, S. (2020). Problemática ambiental generada por el drenaje ácido de mina en la explotación de yacimientos mineros en Colombia.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36759/skariswendyv.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Asociación Colombiana de Minería –ACM-. (2021). PIB Minero al alza en 2021.

<https://acmineria.com.co/https-acmineria-com-co-acm-blog->

[minero6/#:~:text=En%20el%20tercer%20trimestre%20de,el%20%C3%BAltimo%20trimestre%20del%20a%C3%B1o.](#)

Basto Torrado, S. P. (2017). El conflicto socio ambiental del Páramo de Santurbán. Un Análisis bioético con enfoque de ecología política. *Revista Colombiana de Bioética*, 12(1), 8–24. <https://doi.org/10.18270/rcb.v12i1.1942>

Calderón Etter, L. (2014). Conflictos asociados al uso del suelo: una aproximación al área de conservación óptima en el Páramo de Santurbán. *Coyuntura económica: investigación económica y social*, 66, 61–104. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/1926/Co_Eco_Diciembre_2014_Calder%C3%B3n.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Callejas, N. (2016). Manejo Ambiental Sostenible para el Ecosistema de Páramo: Caso Páramo de Santurbán. <http://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2016/4sin/B69.pdf>

Camargo, J., Arias, J., Muñoz, D. (2015). Evaluación del contenido de mercurio en suelos y lechos de quebradas en la zona minera de Miraflores, Quinchía, Colombia, *Acta Agronómica*, 64 (2), 165 – 177.

Casallas, M., Martínez, J. (2014). Contaminación de suelos con metales pesados e hidrocarburos en Colombia. *Universidad EAN*. <https://editorial.universidadean.edu.co/acceso-abierto/contaminacion-y-remediacion-de-suelos-en-colombia.pdf>

Casallas, M., Martínez, J. (2015). Panorama de la minería del oro en Colombia. *Universidad EAN*. <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/plou/article/view/1386>

CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2009). Los procesos mineros y su vinculación con el uso del agua. *CEPAL*.

https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/1/35691/Eduardo_Chaparro_agua_y_mineria.pdf

CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2019). Minería para un futuro bajo en carbono: oportunidades y desafíos para el desarrollo sostenible.

CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44584-mineria-un-futuro-carbono-oportunidades-desafios-desarrollo-sostenible>

CEPAL. - Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2020). Recursos naturales y crecimiento: aspectos macro y microeconómicos, temas regulatorios, derechos ambientales e inclusión social. *CEPAL*.

<https://www.cepal.org/es/publicaciones/45513-recursos-naturales-crecimiento-aspectos-macro-microeconomicos-temas-regulatorios>

Colparques. (2021). Páramo de Santurbán, Reserva Natural Regional.

<http://www.colparques.net/SANTURBAN#aceptar>

Comité Santurbán. (2015). Santurbán, Lo que la tierra no perdona [Vídeo]. YouTube.

https://www.youtube.com/watch?v=PBkTKCMTQk&ab_channel=Comit%C3%A9Santurb%C3%A1n

Congreso de la República de Colombia. (2001). Ley 685 del 2001.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=9202>

Congreso de la República de Colombia. (2015). Ley 1753 del 2015.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=61933

Congreso de la República de Colombia. (2018). Ley 1930 del 2018.

<http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201930%20DEL%2027%20DE%20JULIO%20DE%202018.pdf>

Consejo Internacional de Minería y metales –ICMM-. (2021). Agua.

<https://www.icmm.com/es/search?q=Agua>

Controlaría General de la República. (2014). Minería en Colombia: Control público, memoria y justicia socio-ecológica, movimientos sociales y posconflicto. *Contraloría General de la República*. <https://justiciaambientalcolombia.org/mineria-colombia-control-publico-posconflicto/>

Corantioquia. (2016). Manual de producción y consumo sostenible, gestión del recurso hídrico, minería de oro.

https://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Producci%C3%B3n%20y%20Consumo%20Sostenible/Manuales_GIRH/Mineria_Oro.pdf

Corponor. (2009). Estado actual del Páramo Región Nororiental, Unidad Biogeográfica Santurbán - Departamento Norte de Santander.

https://santurban.minambiente.gov.co/images/Pdf_santurban/antecedentes/Estado-Actual-Paramo-Santurban_Capitulo2.pdf

Corte Constitucional. (2016). Sentencia C-035 de 2016.

<https://pisba.minambiente.gov.co/images/Normatividad/Sentencia-035-2016.pdf>

Corte Constitucional. (2016). Sentencia T-445 de 2016.

<https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2016/t-445-16.htm>

Corte Constitucional. (2017). Sentencia T-361 del 2017.

<https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2017/t-361-17.htm>

Díaz, E. I., Ariza, M. X., & Hernández, D. F. (2013). Situación actual del Páramo Santurbán.

Abordaje desde los costos ambientales, las instituciones constitucionales y legales.

Principia Iuris, 20, 227–243. <https://core.ac.uk/download/pdf/236680804.pdf>

Deutsche Welle. (2019). América Latina: riqueza minera y conflicto social.

<https://www.dw.com/es/am%C3%A9rica-latina-riqueza-minera-y-conflicto-social/a-50391043>

Echavarría, C. (2018). El agua y la minería: ¿Qué implica el liderazgo? *Alliance for*

Responsible Mining. <https://www.responsiblemines.org/2018/04/agua-y-mineria/>

El Tiempo. (2020). La delimitación de Santurbán tiene en vilo a 24.000 personas.

<https://www.eltiempo.com/mas-contenido/delimitacion-del-paramo-de-santurban-tiene-en-vilo-a-24-000-personas-550282>

El Tiempo. (2020). Santurbán, historia de un páramo que define su tradición y su futuro.

<https://www.eltiempo.com/contenido-comercial/santurban-historia-natural-y-miniera-del-paramo-455144>

Fiorentino, S. (2022). Coloquio “¿Cómo puede la ciencia moderna entrar en diálogo con el conocimiento tradicional?”. *Pontificia Universidad Javeriana*.

https://www.youtube.com/watch?v=tgceSLUq-RM&ab_channel=Centro%C3%81tico

Foster, S., Tyson, G., Timms, W., Witkowski A., Foot, S., Li, P., Johnstone, A. (2018).

Mining enterprises & groundwater. International Association of Hydrogeologists. 1-

18. [https://iah.org/wp-](https://iah.org/wp-content/uploads/2018/12/IAH_SOS_MiningEnterprisesGroundwater.pdf)

[content/uploads/2018/12/IAH_SOS_MiningEnterprisesGroundwater.pdf](https://iah.org/wp-content/uploads/2018/12/IAH_SOS_MiningEnterprisesGroundwater.pdf)

Gudynas, E. (2018). Extractivismos: el concepto, sus expresiones y sus múltiples violencias.

Papeles de relaciones eco sociales y el cambio global, 143, 61-70.

https://www.fuhem.es/papeles_articulo/extractivismos-el-concepto-sus-expresiones-y-sus-multiples-violencias/

Gudynas, E. (2022). Seminario Internacional “Extractivismo en México y América Latina: ¿hay caminos hacia el desarrollo sustentable y la justicia socio-ambiental?”. *El Colegio de Sonora*. <https://www.youtube.com/c/ColSonora/videos>

Hammond, D., Rosales, J., & Ouboter, P. (2013). Gestión del impacto de la explotación minera a cielo abierto sobre el agua dulce en América Latina. *Banco Interamericano de Desarrollo*.

<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Gesti%C3%B3n-del-impacto-de-la-explotaci%C3%B3n-minera-a-cielo-abierto-sobre-el-agua-dulce-en-Am%C3%A9rica-Latina.pdf>

Iniciativa para la transparencia de las industrias extractivas –EITI-. (2016). PINES.

<https://www.eiticolombia.gov.co/es/informes-eiti/informe-2016/marco-institucional/pines/>

Instituto de estudios para el desarrollo y la paz -INDEPAZ-. (2017). Realidad y Conflictos en el Páramo de Santurbán.

https://issuu.com/movcivicoconcienciaciudadana/docs/realidad_y_conflictos_en_el_p_aram

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. (2012). Páramo de Santurbán. *Páramos y sistemas de vida*.

<http://www.humboldt.org.co/es/component/k2/item/558-paramos-y-sistemas-de-vida-santurban?highlight=YToxOntpOjA7czoxMDoic2FudHVyYsOhbiI7fQ>

- Lillo, J. (2018). Impactos de la minería en el medio natural. *Universidad Rey Juan Carlos - Grupo de Geología*. <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15564/Impactos%20de%20la%20miner%C3%ADa%20-%20Javier%20Lillo.pdf>
- Lyu, Z., Chai, J., Xu, Z., Qin Y. (2019). Environmental Impact Assessment of Mining Activities on Groundwater: Case Study of Copper Mine in Jiangxi Province, China. *Journal of Hydrologic Engineering*, 24 (1), 1-9. <https://ascelibrary.org.ezproxy.javeriana.edu.co/doi/full/10.1061/%28ASCE%29HE.1943-5584.0001739>
- Mahecha, Y. A., Púa, A. M., & Ortiz, F. E. (2018). Minería, medio ambiente y desarrollo. Efectos socio ambientales de la delimitación del Páramo de Santurbán en los municipios de Vetás y California, durante el periodo de 2006–2016. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1084&context=negocios_relaciones
- Mesa, G., Vilaseca, I., Ortiz, B., Sánchez, L., Rodríguez, D., Erazo, M., Olaya, C., Ávila, L., Mendoza, A., Navas, N., Silva, Y., Novoa, E., Orduz, N., Bernal, J., & Ochoa, M. (2019). Derechos Ambientales, conflictividad y paz ambiental. *Universidad Nacional de Colombia*.
- Mesa, G., Cabildo De Mayores De Taganga, C., Sánchez, L., Ortega, G., Rodríguez, D., Quesada, C., Olaya, C., Bernal, J., Maya, A., Mesa, D., & Parra, F. (2019). Estándar ambiental y derechos ambientales en posacuerdos de paz: algunos estudios de caso. *Universidad Nacional de Colombia*.
- Min, D., Soo, Y., Soo, J. (2020). $\delta^{34}\text{S}$ and $\delta^{18}\text{O}$ of sulfates and Zn/Cd ratios reveal the cause of soil and groundwater contamination in metalliferous mining areas. *Journal of Geochemical Exploration*, 209, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2019.106437>

Ministerio de Ambiente. Calidad del agua.

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/administracion-del-recursohidrico/calidad#:~:text=Calidad%20del%20Agua&text=La%20capacidad%20de%20diluci%C3%B3n%20y,la%20evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad>

Ministerio de Salud y Protección social. (2018). Evaluación del grado de contaminación de mercurio y otras sustancias tóxicas, y su afectación en la salud humana en las poblaciones de la cuenca del Rio Atrato, como consecuencia de las actividades mineras.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/protocolo-sentencia-t622-vcolciencias.pdf>

Ministerio de la Protección social., Ministerio de Ambiente., Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución 2115 del 2007.

https://laboratoriodeanalis.lasalle.edu.co/wcm/connect/LIAC/d951c109-a227-44a3-8a42-1d1f87db2b43/Resoluci%C3%B3n_2115-2007.pdf?MOD=AJPERES&CVID=IMo0SFev

Ministerio de Ambiente. (2014). Resolución 2090 del 2014.

https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2016/03/res_2090_2014-santurban.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2016). PINES - EITI COLOMBIA. *Informes EITI*.

<http://www.eiticolombia.gov.co/es/informes-eiti/informe-2016/marco-institucional/pines/>

Moyé, J., Picard, T., Zouhri, L., Amari, K., Hibti, M., Benkaddour, A. (2017). Groundwater assessment and environmental impact in the abandoned mine of Kettara (Morocco).

Environmental Pollution, 231 (1), 899-907. <https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1016/j.envpol.2017.07.044>

Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina – OCMAL-. (2010). Conflicto Minero: Resistencia en el Tolima contra invasión de La Colosa.

https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/conflicto/view/76

Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina – OCMAL-. (2011). Cuando tiemblan los derechos: Extractivismo y criminalización en América Latina.

<https://www.ocmal.org/cuando-tiemblan-los-derechos-extractivismo-y-criminalizacion-en-america-latina/>

Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina – OCMAL-. (2011). Conflicto Minero: Campesinos y agricultores del suroeste de Antioquia se levantan contra

AngloGold. https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/conflicto/view/969

Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina – OCMAL -. (2012). Conflicto Minero: Cambio de vocación agrícola de Caramanta por proyectos de transnacionales Canadienses. *Conflictos mineros en América Latina*.

https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/conflicto/view/77

Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina – OCMAL-. (2012). Conflicto Minero: Mina de Oro en Reserva Natural de Zaragoza, Valle del Cauca, Colombia.

https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/conflicto/view/154

Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina –OCMAL-. (2014). Conflicto

Minero: Proyecto Angostura: amenaza la biodiversidad del Páramo de Santurbán.

Conflictos mineros en América Latina. https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/conflicto/view/78

Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina – OCMAL-. (2017). Conflictos mineros en América Latina: extracción, saqueo y agresión.

https://issuu.com/movcivicoconcienciaciudadana/docs/conflictos_mineros_en_america_latina

Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina – OCMAL-. (2019). Conflictos mineros en América Latina: extracción, saqueo y agresión.

<https://www.ocmal.org/?s=Conflictos+mineros+mineros+en+Am%C3%A9rica+Latina+3A+extracci%C3%B3n%2C+saqueo+y+agresi%C3%B3n>

Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina - OCMAL-. (2019). ¿Agua o minería? Resistencias Comunitarias en América Latina.

<https://www.biodiversidadla.org/Documentos/Agua-o-Mineria-Resistencias-comunitarias-en-America-Latina-2>

Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina – OCMAL-. (2019). Informe De Criminalización De La Protesta Social Por Oposición A La Minería En América Latina Situación 2017–2018. <https://www.ocmal.org/informecriminalizacionfin/>

Organización Mundial de la Salud – WHO-. (2006). Guías para la calidad del agua potable.

WHO. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf

Osorio, C. (2011). Los poderes detrás del Páramo de Santurbán.

<https://www.lasillavacia.com/historias/silla-nacional/los-poderes-detras-del-paramo-de-santurban/>

Pardo, L. Á. (2020). Extractivismo se reacomoda al siglo XXI, pero su esencia es la misma.

Encuentros: ciudad, medio ambiente y territorio.

https://issuu.com/movcivicoconcienciaciudadana/docs/revista_encuentros_n_mero_05_agosto_2020

Peña Ortiz, G. (2020). Páramo de Santurbán. Movimiento Cívico Conciencia Ciudadana - MCC.

https://issuu.com/movcivicoconcienciaciudadana/docs/p_aramo_de_santurb_n_-_gonzalo_pe_a_ortiz_-_mcc-fus

Peña Ortiz, G. (2020). La megaminería en el Páramo de Santurbán. *Encuentros. Ciudad, medio ambiente y territorios*, 1, 1–20.

https://issuu.com/movcivicoconcienciaciudadana/docs/revista_encuentros_abril_del_2020

Pérez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 29(3), 3–14.

<https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>

Rojas, H., Guerrero, D., Vásquez, O., & Valencia, J. (2012). Aplicación del Modelo de Bohart y Adams en la Remoción de Mercurio de Drenajes de Minería por Adsorción con Carbón Activado. *Información Tecnológica*, 23(3), 21–32.

<https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000300004>

Rosner, U. (1998). Effects of historical mining activities on surface water and groundwater - an example from northwest Arizona. *Environmental Geology*, 33(1), 224-230.

<https://doi.org/10.1007/s002540050241>

Salva la selva. (2011). Materias primas no energéticas: oro.

<https://www.salvalaselva.org/temas/materias-primas/oro>

Samaniego, P., Guerra, M., & Zaldumdibe, D. (2010). El Dorado o la Caja de Pandora:

Matices para pensar la minería en Ecuador. *FLACSO*.

https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=122162&tab=opac

Singh, G., Kant, R.(2017). Heavy metal contamination and its indexing approach for groundwater of Goa mining region, India. *Applied Water Science*. 7(1), 1479-1485.

<https://doi.org/10.1007/s13201-016-0430-3>

Soy autónomo. (2019). Santurbán entre el oro y el agua [Vídeo]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=im0WFnCKGKk>

State Water Board. (2014). Folleto informativo pH. [Folleto].

https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf

Sujay, N., Chandra, P. (2015). Sustainable Development and Management of Groundwater Resources in Mining Affected Areas: A Review. *Procedia Earth and Planetary Science*. 11(1), 598-604. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.06.061>

TERRAE. (2018). Informe técnico de evaluación preliminar de calidad de agua superficial en zonas de minería de oro. <https://www.terraegeoambiental.org/santurban-2018>

Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB. (2019). Provincia de Soto Norte, más allá de la minería. <https://www.unab.edu.co/publicaciones/provincia-soto-norte-m%C3%A1s-all%C3%A1-la-miner%C3%ADa>

Uribe, S. (2014). Arsénico pone en peligro acuíferos en Santurbán. *UN Periódico*.

https://unperiodico.unal.edu.co/fileadmin/user_upload/UNPeriodico177.pdf

Vásquez, O. Y. (2016). Evaluación de un biorreactor pasivo durante la remediación de drenajes ácidos de mina del distrito minero de Zipaquirá (Colombia).

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/19645/VasquezOchoaOlgaYaneth2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vladimir, N., Rosabel, R., Lomberto, G., Idalberto, H., & Mayra, M. (2019). Emisiones de dióxido de azufre a la atmósfera por fuentes fijas del MINAG y su influencia en la calidad del aire en la provincia de Villa Clara. *Centro Agrícola*, 46(3), 86–95.

<http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n3/0253-5785-cag-46-03-86.pdf>

Walter, M. (2009). Conflictos ambientales, socioambientales, ecológico distributivos, de contenido ambiental. Reflexionando sobre enfoques y definiciones. *Centro de Investigación para la Paz*, 6, 1–9.

https://www.fuhem.es/media/ecosocial/File/Boletin%20ECOS/Boletin%206/Conflictos%20ambientales_M.WALTER_mar09_final.pdf

Weebly. (2010). Proceso del Oro. <https://procesosmineros.weebly.com/oro.html>

Zhao, L., Ting, R., Wang, N. (2017). Groundwater impact of open cut coal mine and an assessment methodology: A case study in NSW. *International Journal of Mining Science and Technology*, 27(5), 861-866. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2017.07.008>