

Evaluación del manejo de Suelos Contaminados por Actividad Minera en el Sur del Departamento de Córdoba y el Bajo Cauca Antioqueño

Para citar este artículo: Rivas-Casarrubia, J. D. (2020). "Evaluación del manejo de suelos contaminados por actividad minera en el sur del departamento de Córdoba y el bajo Cauca Antioqueño". *In Vestigium Ire*. Vol. 14-2, pp. 132 -149.

Evaluation of the management of soils contaminated by mining activities in the south of the department of Córdoba and Bajo Cauca Antioqueño.

Évaluation de la gestion des sols contaminés par l'activité minière dans le sud du département de Córdoba et Bajo Cauca Antioqueño.

Avaliação da gestão dos solos contaminados pela atividade mineira no sul do departamento de Córdoba e Bajo Cauca Antioqueño.

Fecha de recepción: 05 de septiembre de 2020

Fecha de aprobación: 20 de octubre de 2020

Juan Daniel Rivas Casarrubia¹

132



Resumen

En el sur del departamento de Córdoba, al igual que en el bajo Cauca Antioqueño se presentan procesos de explotación de oro de forma artesanal y tradicional sin que exista una valoración y manejo de los impactos ambientales asociados a dicha actividad. Los recursos naturales como el aire, el agua y el suelo se ven afectados de forma directa e indirecta debido a las prácticas no sostenibles de explotación minera. Los procesos de recuperación del suelo deben basarse en estudios sostenibles y amigables con el ambiente, mediante el uso de especies de plantas nativas para contribuir en los procesos de formación del suelo.

Para la evaluación del manejo de suelos contaminados por actividad minera se realizaron tres estaciones de campo: la primera estación se realizó en una finca vía Caucasia-Jardín, la segunda estación quebrada y cultivo de caucho en el municipio San José de Uré y la tercera estación fue en la vía Mina el Alacrán. En las diferentes estaciones de estudio realizadas en Córdoba y el Bajo Cauca Antioqueño se observaron los perfiles del suelos, estando algunos degradados por la minería de oro, siendo necesario el cambio de las prácticas insostenibles, la implementación de tecnologías amigables con el ambiente, la demarcación y señalización de las áreas y la puesta en marcha de la seguridad y salud en el trabajo de los mineros, en la medida que se implementan programas epidemiológicos ambientales

.....
1 Ingeniero Ambiental, Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Universidad de Manizales. Correo electrónico: juan305daniel@hotmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0209-5133> Bogotá - Colombia

para la valoración de la población afectada por la minería.

Palabras claves: Calicata, perfil del suelo, suelos contaminados, minería, sobreexplotación, sostenibilidad.

Abstract

In the south of the department of Córdoba, as in the lower Cauca Antioqueño, gold mining processes are presented in an artisanal and traditional way without there being an assessment and management of the environmental impacts associated with said activity. Natural resources such as air, water and soil are directly and indirectly affected due to unsustainable mining practices. Soil recovery processes must be based on sustainable and environmentally friendly studies, the use of native plant species to contribute to soil formation processes.

For the evaluation of the management of soils contaminated by mining activity, three field stations were carried out: the first station was carried out on a farm via Caucasia-Jardín, the second broken station and rubber cultivation in the San José de Uré municipality and the third station. It was on the Mina el Alacrán road. In the different study stations carried out in Córdoba and Bajo Cauca Antioqueño, soil profiles were observed, some being degraded by gold mining, making it necessary to change unsustainable practices, the implementation of environmentally friendly technologies, demarcation and signaling of the areas and the implementation of safety and health at work for miners, to the extent that environmental epidemiological programs are implemented to assess the population affected by mining.

Keywords: Calicata, soil profile, contaminated soils, mining, overexploitation, sustainability.

Résumé

Dans le sud du département de Cordoba, ainsi que dans le Cauca inférieur d'Antioquia, les processus d'extraction de l'or sont réalisés de manière artisanale et traditionnelle sans évaluation ni gestion des impacts environnementaux associés à cette activité. Les ressources naturelles telles que l'air, l'eau et le sol sont directement et indirectement affectées par des pratiques minières non durables. Les processus de récupération des sols doivent être basés sur des études durables et respectueuses de l'environnement, grâce à l'utilisation d'espèces végétales indigènes pour contribuer aux processus de formation des sols.

Pour l'évaluation de la gestion des sols contaminés par les activités minières, trois stations de terrain ont été réalisées : la première station se trouvait dans une ferme sur la route Caucasia-Jardín, la deuxième station dans un ruisseau et une plantation de caoutchouc dans la municipalité de San José de Uré, et la troisième station sur la route Mina el Alacrán. Dans les différentes stations d'étude réalisées à Córdoba et Bajo Cauca Antioqueño, les profils des sols ont été observés, certains d'entre eux étant dégradés par l'extraction de l'or, étant nécessaire de changer les pratiques non durables, la mise en œuvre de technologies respectueuses de l'environnement, la délimitation et la signalisation des zones et la mise en œuvre de la sécurité et de la santé au travail des mineurs, comme les programmes épidémiologiques environnementaux sont mis en œuvre pour



l'évaluation de la population affectée par l'exploitation minière.

Mots clés : Calicata, profil du sol, sols contaminés, exploitation minière, surexploitation, durabilité.

Resumo

No sul do departamento de Córdoba, bem como no baixo Cauca Antioquian, os processos de extracção de ouro são realizados de forma artesanal e tradicional sem uma avaliação e gestão dos impactos ambientais associados a esta actividade. Os recursos naturais como o ar, a água e o solo são directa e indirectamente afectados devido a práticas mineiras insustentáveis. Os processos de recuperação do solo devem basear-se em estudos sustentáveis e amigos do ambiente, através da utilização de espécies vegetais nativas para contribuir para os processos de formação do solo.

Para a avaliação da gestão dos solos contaminados por actividades mineiras, foram realizadas três estações de campo: a primeira estação estava numa quinta na estrada Caucasia-Jardín, a segunda estação estava num riacho e numa plantação de borracha no município de San José de Uré, e a terceira estação estava na estrada Mina el Alacrán. Nas diferentes estações de estudo realizadas em Córdoba e Bajo Cauca Antioqueño, foram observados os perfis dos solos, alguns deles degradados pela extracção de ouro, sendo necessários para alterar práticas insustentáveis, a implementação de tecnologias amigas do ambiente, a demarcação e sinalização das áreas e a implementação de segurança e saúde no trabalho dos mineiros, uma vez que são implementados programas epidemiológicos

ambientais para a avaliação da população afectada pela exploração mineira.

Palavras-chave: Calicata, perfil do solo, solos contaminados, mineração, sobre-exploração, sustentabilidade.

Introducción

El suelo es un soporte vital existente en el planeta, el cual se constituye en un componente fundamental del ambiente natural y finito, que se encuentra constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y micro-organismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta (Sistema de Información Ambiental de Colombina [SIAC], 2020). Al hacer un corte vertical se puede observar el perfil del suelo, el cual permite analizar y comprender la evolución del mismo. La descripción del perfil de un suelo es un proceso sistemático de observación, calificación y/o cuantificación de algunas de sus propiedades, permitiendo caracterizar una población de suelos mediante la apreciación de su variabilidad espacial, su génesis y su clasificación taxonómica. Todo ello, contribuyendo a la definición de las limitantes de uso y manejo racional del recurso suelo (Jaramillo, 2002).

El Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993), citado por Jaramillo (2002), define 6 horizontes o capas maestros en el suelo, los cuales simboliza con las letras mayúsculas: O, A, E, B, C y R; el horizonte O se caracteriza por porciones de suelo dominadas por material orgánico; el horizonte A es mineral y se encuentra en la superficie del terrero con acumulación de materia orgánica humificada; el horizonte E es mineral que se



caracteriza por presentar pérdidas de arcillas y/o sesquióxidos de Fe y Al, generando una acumulación de partículas de arena y limo; el horizonte B se caracteriza por tener pérdida del vestigio de la estructura original del material parental, con existencia de acumulación iluvial de arcillas, hierro, aluminio, humus, carbonatos, yeso y/o sílice; el horizonte C ha sido poco afectado por procesos pedogenéticos, teniendo presencia de sedimentos saprolitos y fragmentos de roca poco consolidados; y las capas R que son las rocas duras (Jaramillo, 2002).

Este componente fundamental, puede sufrir afectaciones que conllevan a la degradación, entendiéndose esta como un cambio en la salud del suelo, resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. Los suelos degradados contienen un estado de salud que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales del suelo en sus ecosistemas (FAO, 2020).

La degradación de los suelos ocurre por varios procesos físicos, químicos y biológicos, inducidos directa o indirectamente por el hombre e incluye: compactación, erosión, acidificación, salinización, lixiviación, contaminación por sustancias tóxicas, reducción de la capacidad de intercambio catiónicos, reducción de nutrientes, y disminución de la biodiversidad (FAO, 2020).

Una de las estrategias para mitigar los impactos negativos de la actividad minera es usar cultivos forestales para mejorar el suelo y mantener la productividad; las especies leñosas tienen la capacidad de corregir las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo mediante el aporte de materia orgánica en la superficie y en el subsuelo,

y la liberación y reciclaje de nutrientes; también incorporan nutrientes a su biomasa y recirculan a la superficie del suelo a través de aportes de hojarasca, la cual se descompone liberando nuevamente los nutrientes (Pérez et al, 2012). *Acacia mangium* es un árbol del trópico húmedo, originario del sudeste asiático, se desarrolla naturalmente en el norte de Australia y países como Papúa Nueva Guinea e Indonesia; gracias a su rápido crecimiento y a la tolerancia a condiciones adversas en los suelos, ha venido sembrándose en las plantaciones forestales con fines comerciales a lo largo de la franja tropical asiática, africana, y recientemente en América (Reforestadora Cacerí, 2017).

A Colombia la especie se introdujo cerca del año 1995 por Corantioquia con propósitos ambientales de recuperación de suelos degradados por minería por sus cualidades biológicas y su potencial maderable. Sin embargo, ha sido plantado en nuevos proyectos de reforestación comercial en el Bajo Cauca Antioqueño, Sur de Córdoba, Magdalena y Llanos Orientales (Díaz y Ceballos, 2000).

Las estaciones de estudio de la investigación están localizadas en el extremo septentrional de la Cordillera Central, donde se encuentran algunas estribaciones de la Serranía de Ayapel, aproximadamente a 500 metros de la vereda Mina del Alacrán (Benposta, 2016) y en el municipio de Cauca. En esta zona se presentan intrusiones de roca ígnea volcánica. Esas intrusiones y fallamientos llegan a generarse a raíz de los diferentes tipos de mineralogía que incluye diversos metales y elementos como el azufre, hierro, oro y cobre, siendo el hierro el más abundante (Benposta, 2016).

El municipio de Caucasia pertenece a la zona del Bajo Cauca junto con los municipios de Tarazá, Cáceres, Zaragoza, El Bagre y Nechí; la región del Bajo Cauca se encuentra ubicada en el nororiente de Antioquia, entre las serranías de San Lucas y Ayapel. Según cifras de la Confederación Nacional

de Mineros de Colombia (Conalminercol), en la región se estima que gran parte de la población depende de la explotación del oro, subsistiendo unas 25 mil familias, que agrupa mineros de oro, carbón y material de arrastre (Benposta, 2016).

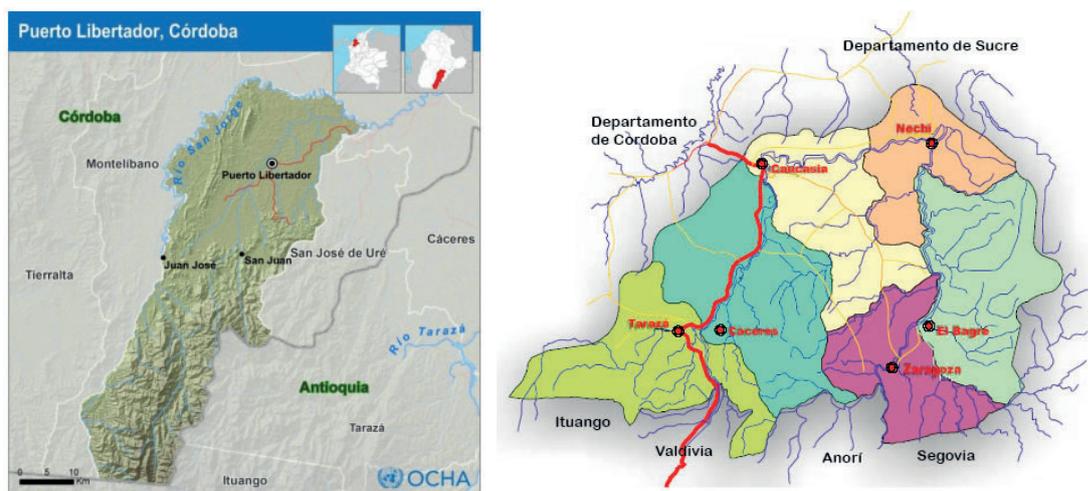


Figura 1. Estaciones de estudio sur de Córdoba y bajo Cauca Antioqueño.

Fuente: Tomado de IGAC, 2004.

La explotación minera irresponsable genera impactos ambientales negativos, que se ven reflejado en procesos de degradación del suelo. Los impactos ambientales conllevan a la destrucción de la estructura del suelo, adicional de los procesos de contaminación del recurso hídrico y afectaciones de los ecosistemas. La naturaleza misma implica la existencia de procesos, los cuales son complejos, dinámicos, múltiples y heterogéneos, y al relacionarlos con el hombre se traduce en dimensiones transformacionales tanto cultural como ecológicas que se interrelacionan con porciones del territorio (Carrizosa, 2003). La crisis y problemas ambientales asociados a la explotación irresponsable de oro van más allá de los entornos que se crean

debido a los procesos de transformación del territorio y el respeto y el amor que se deja de tener con la madre tierra en el buscar de lo material, sin importar las afectaciones que se le hagan a los recursos naturales.

En el año 2009, González et al, realizaron el estudio caracterización agrológica del suelo y diagnóstico de su fertilidad en la estación experimental del campus nueva granada, Cajicá - Cundinamarca mostrando como resultado que mineralógicamente los minerales que componen este suelo contribuyen a un mayor grado de plasticidad y pegajosidad en estado húmedo y mayor cohesión en estado seco, con presencia de afectación biológica del suelo moderada a



baja (González et al, 2009). En la Sentencia T 445 de agosto de 2016 se contempla el diagnóstico de la información ambiental y social respecto a la actividad minera y la extracción ilícita de minerales en el país, en la que se muestran resultados de la afectación a los recursos naturales y a los pobladores debido al uso de agentes contaminantes utilizados en la extracción de dichos minerales. Del mismo, se plasma la intervención del estado colombiano frente a las problemáticas sociales, económicas y ambientales que tiene este tipo de minería (Sentencia T 445, 2016).

De acuerdo al informe “Explotación de oro de aluvión, Evidencias a partir de percepción remota” de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito y el Gobierno de Colombia (2016), señala que para el año 2014 Colombia tenía 78.939 hectáreas con evidencias de explotación de oro de aluvión, distribuidas en 17 de los 32 departamentos del país, siendo el municipio de Nechí (Antioquia) con la mayor área afectada (6.232 ha), representando el 8% de la afectación nacional (Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito [UNODC], 2016). El estudio muestra que la actividad minera ha contribuido en gran manera al deterioro ambiental del territorio, siendo la pérdida total de coberturas de alto valor ambiental asociada a las actividades de explotación de oro de aluvión de 24.450 ha para el año 2014, concentrándose en Chocó (77%), una zona más importante a nivel mundial debido a su biodiversidad. En 2013 fueron transformadas 15.404 ha de coberturas de alto valor ambiental para sembrar coca (UNODC, 2016).

En el año 2017, Martínez et al. realizaron el estudio titulado contaminación de suelos

agrícolas por metales pesados, zona minera El Alacrán, Córdoba-Colombia, mostrando la evaluación de la contaminación por mercurio, hierro y cobre en suelos agrícolas, y su relación con algunas características químicas del suelo mediante un análisis de tipo multivariado. En el año 2018, Rocha-Román et al. realizaron el estudio sobre el impacto de la minería del oro asociado con la contaminación por mercurio en suelo superficial de San Martín de Loba - Sur de Bolívar, para el estudio tomaron un total de 202 muestras de suelo superficial, donde los niveles de Hg-t fueron medidos por atomización electrotrémica y espectroscopia de absorción atómica, encontrándose concentraciones de Hg-t entre los 0.002 a 23.83 $\mu\text{g/g}$, con un valor medio de $3.40 \pm 0.36 \mu\text{g/g}$, el cual es ligeramente más alto que para el Hg en suelo a nivel mundial, y al relacionarlo con el índice de geo-acumulación (Igeo) para suelo alcanzó valores superiores a 5, indicando una contaminación extrema (Clase 6) en el 17% de las muestras, mientras que el 70% fueron Clase 5 (fuertemente a extremadamente contaminado) (Rocha - Román et al, 2018).

Al considerar que todas o la gran mayoría de las actividades que se desarrollan diariamente contribuyen a interrelaciones con la naturaleza de forma racional e irracional, dependiendo del uso y manejo de los recursos que se tiene en los alrededores, se generan impactos socioambientales. Esta forma de usar o de tomar los recursos naturales condiciona la limitación de los mismos y conlleva a una crisis y problemas ambientales debido al consumo como hábito de vida, en donde la sobreexplotación y la sobreproducción generan afectaciones sobre la naturaleza debido a la generación de residuos y de sustancias que no se pueden

reintegran al medio sino que aumentan la contaminación existente. En la investigación se analizó la evaluación y manejo de impactos y la degradación del suelo que ha dejado la minería de aluvión, de veta, de cielo abierto y el grado de contaminación del recurso suelo en el sur del departamento de Córdoba y el bajo Cauca Antioqueño. Del mismo modo, se proponen alternativas de recuperación y manejo de los tipos de contaminación presentes.

Metodología

Teniendo en cuenta el objeto de la investigación, referente a la evaluación y manejo de impactos y degradación del suelo a causa de la minería en el sur del departamento de Córdoba y el bajo Cauca Antioqueño, se realizó desde un enfoque cualitativo, con una metodología cualitativa de tipo descriptiva y un diseño no experimental y de campo.

De acuerdo a Gómez (2006), el enfoque investigativo cualitativo “se utiliza para descubrir y refinar preguntas de investigación, basándose en recolección de datos sin medición numérica, sin conteo y con descripción y observación. Lo anterior, permite que se reconstruya la realidad, tal y como la observan los actores del sistema social” (Gómez, 2006). La investigación cualitativa permitió tener un enfoque multimetódico para conocer la afectación del suelo debido a la explotación minera en el sur del departamento de Córdoba y el bajo Cauca Antioqueño.

En la investigación se utilizó un diseño no experimental, el cual “se realiza sin manipular deliberadamente variables sino que se observan los fenómenos tal y como se dan en el contexto natural, para después

analizarlos. En la investigación no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes” (Toro y Parra, 2006). La investigación no experimental permitió observar la realidad existente en la zona objeto de estudio con la finalidad de tener la evaluación y manejo de suelos contaminados por actividad minera en el sur del departamento de Córdoba y el bajo Cauca Antioqueño.

El alcance de la investigación es descriptivo debido a que se orienta hacia el presente y actúa en los niveles de investigación aplicada y activa, contribuyendo a tener una observación sistemática para estudiar la realidad tal y como se desarrolla (Pérez, 2004). Este alcance permitió tener una descripción, análisis e interpretación de las condiciones del suelo que se dan en el sur del departamento de Córdoba y el bajo Cauca Antioqueño debido a la explotación minera.

De acuerdo a Jaramillo (2002) para realizar la descripción del suelo se debe encontrar un corte de suelo fresco o abrir un hueco con la profundidad indicada de 1 metro de ancho por 1 metro largo (calicata), seguido se pule la superficie del perfil con un cuchillo, evitando dejar superficies brillantes en él por efecto del raspado, con la finalidad de determinar los horizontes y/o capas maestros presentes en el suelo, observando las características morfológicas macroscópicas que presenta el perfil (color, estructura, entre otras); se señalan en este perfil los sitios donde se producen cambios en las propiedades morfológicas macroscópicas (Jaramillo, 2002).

La técnica de recolección de información fue la observación en campo y entrevistas no



estructuradas debido a que permiten conocer la realidad de los efectos de la minería sobre el suelo, en el sur del departamento de Córdoba y el bajo Cauca Antioqueño. Se realizaron tres estaciones de campo. La primera estación se realizó en una finca vía Caucasia-Jardín, para describir el paisaje, comparándolo con suelos de los alrededores y los avances en los procesos de remediación de suelo con cultivos de acacia mangium.

La segunda estación se constituyó en dos paradas: quebrada y cultivo de caucho en el municipio San José de Uré. En la quebrada Uré se inspeccionaron las condiciones del suelo y demás recursos de la zona, entrevistando a algunas personas de la comunidad sobre la percepción del impacto ambiental de la mina de cerro matoso. En el cultivo de caucho se cavó un pozo de observación en un área determinada con la finalidad de analizar las características del suelo.

La tercera estación fue en la vía y mina el alacrán, en donde se analizaron procesos de degradación, de erosión y de contaminación del recurso suelo mediante un pozo de observación para inspeccionar las propiedades físico-químicas del mismo. Seguidamente, en la mina el alacrán se realizó un análisis crítico de todo el proceso artesanal de extracción minera del oro, en la medida que se plantearon estrategias de mejoramiento del mismo.

Recolectada la información en campo, se tabuló con las herramientas de Microsoft Excel estadístico y se expresaron los resultados. Se utilizó la metodología para los estudios de suelos en campo como guía para la descripción de las calicatas y las propiedades de los suelos. Aunado a ello, se realizaron las conclusiones y recomendacio-

nes de acuerdo a los objetivos plasmados en la investigación.

Resultados

Los impactos ambientales ocasionados por la minería de veta y de aluvión en el bajo Cauca Antioqueño muy probablemente se pueden dar por las actividades mineras, siendo progresivos porque durante todas las etapas del proceso se genera gran destrucción de la estructura del suelo y se dejan expuestas sustancias químicas que son potencialmente contaminantes a las aguas superficiales y subterráneas, y el aire. Lo anterior, está arraigado a los estudios realizados por Correa (2017), en donde resalta que en el bajo cauca antioqueño existe contaminación por mercurio que afecta los recursos naturales, en especial al recurso hídrico; seguido de la tala de árboles debido a la minería artesanal, y la problemática social y económica caracterizada por pobreza, extorsiones y asesinatos (Correa, 2017).

En la primera estación realizada para la investigación, se observó un cultivo de acacia mangium, utilizado para la remediación de suelos afectados por la actividad minera. Se analizaron las características del suelo formado con el uso de este tipo de monocultivos, determinando textura y estructura.

En la siguiente ilustración se puede observar los agregados del suelo, la prueba de eferescencia con peróxido de hidrógeno y la calicata con los horizontes encontrados en la primera estación en la finca ubicada en la vía Caucasia-Jardín, mediante el uso de la guía de estudio metodología para los estudios de suelos en campo del M.Sc. Ing. Agr. Guillermo S. Fadda et al. (2017). La primera

estación se caracteriza por tener procesos de recuperación de suelos contaminados por minería de veta y de aluvi6n.



Figura 1. Determinaci6n de textura y horizontes en campo en suelo con cultivo de acacia mangium.

Fuente: Juan Daniel Rivas Casarrubia.

Al indagar en la finca donde se encuentra el cultivo de acacia mangium, este tiene 19 a6os, al cavar la cajuela de observaci6n se pudo encontrar dos horizontes, de acuerdo al perfil del suelo; el primero de ellos, se le realiz6 determinaci6n de materia org6nica mediante t6cnica de oxidaci6n avanzada con per6xido (Sentana & Mart6nez, 2007), en este caso se observ6 poca efervescencia lo que indica una baja presencia de materia org6nica, a pesar de haber gran cantidad de hojas y humedad, la degradaci6n biol6gica es poca, por las caracter6sticas de las hojas de la acacia mangium, las cuales son dif6cil de degradar por los microorganismos end6micos, as6 mismo se observ6 una gran cantidad de material fibr6stico (hojas), el material tiene poca agregaci6n y gran cantidad de rocas; al realizar la prueba de textura al tacto del suelo, se encontr6 que presenta una textura franco arcillo arenoso con presencia de gravas. Los horizontes encontrados fueron: de 0 a 6 cent6metros Ac por presencia de una acumulaci6n de materia org6nica en estado de descomposici6n mezclada con la

fracci6n mineral y de 6 a 120 cent6metros un horizonte C, de roca saprolizada. Al realizar una calicata se observ6 coloraciones netamente rojizas evidenciando las altas concentraciones de hierro que generan procesos de oxidaci6n de hierro.

Las fincas de Caucaasia que estaban afectadas por las actividades de miner6a de aluvi6n, de veta y a cielo abierto se encuentran en la implementaci6n de procesos de remediaci6n de suelo, en una de ellas, con el monocultivo de acacia mangium. Las medidas de remediaci6n de suelo requieren de un conocimiento de las caracter6sticas del suelo, y la implementaci6n de la acacia mangium genera humedad y protecci6n de la zona de la erosi6n pero no forman suelo, conllevando a p6rdida de la diversidad (Rojas, 2015). De all6, que una forma de hacer rehabilitaci6n en esta zona ser6a mediante el cultivo mixto de especies arb6reas, es decir, usar cultivos de acacia mangium para que aporte protecci6n y humedad, y realizar recuperaci6n del suelo con cultivos de especies propias de la



región que aporten biomasa y aumenten la biodiversidad acompañado con un control de crecimiento y mantenimiento de las plantas endémicas.

En la segunda estación, se observó la quebrada Uré, la cual es un cuerpo de agua donde la minería se realiza con menor intensidad, pero tiene una alta carga de sedimentos debido a la minería aguas arriba, con un caudal considerablemente alto. Además, es una zona utilizada para los cultivos ilícitos, empleando gran cantidad de pesticidas que al igual llegan de manera disuelta a la quebrada. De acuerdo a doce personas entrevistadas en la comunidad, la quebrada es utilizada para el aseo personal de la comunidad y el riego de cultivos, ya que presenta una mala calidad para el consumo humano debido a la presencia de elementos trazas como el mercurio y el níquel, es tan grave la contaminación que los pozos con una profundidad de 6 a 18 m son aguas contaminadas (“malas”). Las personas entrevistadas tienen una posición muy clara, afirmando que las actividades realizadas por la empresa Cerro Matoso han venido afectando su salud, economía y hasta su supervivencia. Argumentan que se han realizado estudios científicos que demuestran que la actividad minera es la principal causa de la contaminación de la quebrada Uré, entre otros riachuelos, al igual que las enfermedades mutagénicas de los niños (labio leporino, incapacidades físicas y mentales), epidérmicas (manchas en la piel) y respiratorias de los habitantes de la región. Las personas entrevistadas mencionan que existe daño a sus cultivos por las emisiones de material contaminante, resultantes de los hornos de la mina de Cerro Matoso, acabando con las cosechas y quitando poco a poco la fertilidad de sus terrenos.

Lo afirmado por la comunidad se soporta en el “Informe defensorial explotación de níquel proyecto Cerro Matoso - Montelíbano, Córdoba” de la Defensoría del Pueblo (2014), en el que se contempla que la actividad minera de Cerro Matoso provoca daños irremediables al medio ambiente y a la salud de las personas que habitan en zona aledaña a su complejo minero en el departamento de Córdoba, que es la cuarta mina a cielo abierto más grande del mundo en operaciones de ferroníquel (Defensoría del Pueblo, 2014). Entre las comunidades afectadas se encuentran Torno Rojo, Bocas de Uré, Puerto Colombia, Unión Matoso en Puerto Flecha, Guacarí, en la Odisea; Centro América y Puente Uré y al Consejo Comunitario de Comunidades Negras de San José de Uré, para ello se basó en tres años de estudios, que “la exposición al níquel causa daños importantes en la salud humana, los animales y las plantas” (Defensoría del Pueblo, 2014).

La problemática existente en la comunidad Uré desata una cadena de problemas económicos y culturales porque la comunidad le ha tocado dejar la agricultura y la ganadería, actividades tradicionales, y adoptar la minería ya sea de aluvión o de veta para sobrevivir, repercutiendo directamente a las condiciones medioambientales debido a que las prácticas mineras de la comunidad es realizada de manera artesanal sin la existencia de evaluaciones ambientales.

Aunado a lo anterior, en la segunda estación se realizó la parada en el cultivo de caucho, en donde la edafología del suelo son sedimentos no litificados, enterrados o sepultados debido a la tenencia de sedimentos finos, es decir, con una alta presencia de arcillas. Los suelos presentan procesos

de iluviación y eluviación incipiente por lo que tienen capas endurecidas, siendo estos procesos de alteración natural. La mayor toxicidad de estos suelos es por la existencia de hierros que conjuntamente con una alta precipitación resultan sedi-

mentos arrastrados por basálticos de hierro. Al realizar la prueba con el peróxido de hidrógeno mediante técnica de oxidación avanzada con peróxido (Sentana y Martínez, 2007), reaccionó levemente, lo que indica la presencia de materia orgánica.



Figura 2. Determinación de textura y horizontes en campo en suelo con cultivo de caucho.

Fuente: Juan Daniel Rivas Casarrubia.



En la ilustración anterior, se muestra la calicata en donde se evaluó taxonómicamente el suelo del cultivo de caucho, dando como resultado las siguientes características, teniendo en cuenta el uso de la guía de estudio metodología para los estudios de suelos en campo del M.Sc. Ing. Agr. Guillermo S. Fadda et al. (2017). En la calicata se determinó un horizonte Ap, evidenciándose la presencia en porcentaje de un 15% a 25% de arcilla, más del 55% de arena y menos del 25% de limo. Al mojarse la muestra del horizonte, se tornaba plástica pero con la existencia de finas arenas y al exponerla al sol no había brillo de la muestra, por lo que se descartó la presencia alta de limos, afirmando entonces que la textura es franco arcillo arenosa.

La tercera estación de estudio se encontraba integrada por dos observaciones, una en la vía y otra en la mina el alacrán. En la siguiente ilustración se puede evidenciar que en la vía hacia la mina existe una corriente totalmente amarilla proveniente de mina el alacrán que contiene restos de oro, razón por la cual se encontraron artesanos que aprovechan estos residuos para extraer pequeñas cantidades de este metal mediante la minería de aluvión. Estas actividades son realizadas cuando se presenta la época lluviosa ya que se generan corrientes que arrastran los materiales provenientes de la mina.



Figura 3. Actividades de extracción de oro en la vía Mina el Alacrán.

Fuente: Juan Daniel Rivas Casarrubia.

En la siguiente ilustración se observa que al realizar la calicata se encuentra una mezcla de materiales, con coloraciones netamente rojizas evidenciando las altas concentraciones de hierro que generan procesos de

oxidación de hierro y manganeso. Del mismo modo, se evidencian rocas completamente alterada y meteorizada, apreciándose los óxidos de hierro (color rojo) y los óxidos de manganeso (color rosado).



Figura 4. Calicata y material en la vía Mina el Alacrán.

Fuente: Juan Daniel Rivas Casarrubia.

La calicata se realizó para ver los perfiles existentes en el terreno, encontrándose diferentes tipos de materiales. La muestra no tiene ningún tipo de estructura, es un material masivo, parcialmente suelto con una fracción de roca. Esto quiere decir, que se trata de un suelo que ha sido disturbado y al tratar de describir las propiedades físico-químicas, se hace prácticamente imposible debido a que no se puede determinar la textura, tampoco se puede indicar cuál

sería la profundidad del horizonte porque se trata de un material totalmente alterado y degradado. En caso de llevar dicho material a laboratorio para hacer análisis físico-químico completo, lo más probable sería que se encontraran condiciones muy negativas del suelo debido a los procesos mineros que ha tenido.

En la mina el alacrán, el proceso de extracción de oro es totalmente artesanal mediante

la minería de veta, las actividades se llevan a cabo de acuerdo a las posibilidades de los trabajadores, sin que estos cuenten con seguridad social y elementos de protección personal, es decir, no cuentan con cascos, monogafas y calzado de seguridad adecuado para desarrollar actividades de explotación con herramientas no tecnificadas. La extracción del oro, se basa específicamente en encontrar lo que se denomina como veta, que es la roca donde se encuentra el oro, siguiendo el rumbo del afloramiento en el estrato (Minminas y Energía, 2003). En este caso, el fallamiento permite la linealidad de la veta, la perforación se realiza en forma manual con herramientas menores como pico y palas, mientras que las voladuras para la apertura de sitios de extracción se realizan utilizando explosivos caseros, además el cargue del material se realiza manualmente en carretillas (Ministerio de Minas y Energía, 2003).

En la ilustración siguiente se muestra el proceso general de extracción de oro de forma artesanal en la mina el alacrán, el cual se puede resumir de la siguiente forma: se hace la extracción del material de las vetas, para luego ser llevado al molinero, donde se tritura y se muele en los molinos

ya sea californiano de pistones o de bolas. Al terminar el proceso de trituración, el material pasa a lavado en la matraca con la finalidad de que salga por un canal que tiene telas de fique que capturan el oro. El producto resultante, llamado pirita, se lava en bateas para limpiar la arena. Después del proceso anterior, se utiliza mercurio con la amalgama, no contaminándose el suelo de la mina porque este proceso se hace en las casas, para que las partículas de oro sean atrapadas.

En la mina no se controla la disposición de las aguas generadas en el proceso de extracción de oro, conllevando a la acumulación de sedimentos de forma inadecuada. Del mismo modo, cada quince días se retiran las telas de fique y el material que está concentrado en ellas para depositarlo en bateas para proceder al barequeo y obtener el metal deseado, agregando ácido nítrico para separar del oro metales como el níquel, la plata y el cobre. Las personas de la mina, manifiestan que de la explotación solo el 60% de oro se aprovecha y el 40% se pierde debido a que no cuentan con las herramientas adecuadas, generando desaprovechamiento del metal deseado.



Figura 5. Proceso de extracción de oro en la Mina el Alacrán.

Fuente: Juan Daniel Rivas Casarrubia.

En la mina el alacrán se genera contaminación en todas las esferas por la extracción artesanal de oro, en donde la falta de tecnología impide un mayor control de la contaminación producida. Se observaron partículas de colores naranja y azules oscuras, lo que se caracteriza como una contaminación atmosférica, generada como producto de las explosiones con dinamita, y por el mercurio que es liberado durante la quema de las amalgamas. Los mineros se encuentran expuestos al vapor de mercurio durante la quema de las amalgamas. De acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2018) el mercurio puede tener efectos sobre la salud de las personas, presentando alteraciones funcionales, expresadas en deficiencias orgánicas, neurológicas, cognitivas y psicológicas. Aunado a ello, las diferentes formas de mercurio al entrar en los sistemas acuáticos, pueden convertirse en metilmercurio, que se puede bioacumular por organismos que habitan en el recurso hídrico y al pasar a la cadena trófica se biomagnifica a través de la cadena alimenticia hasta llegar a los organismos superiores, afectando su salud (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA], 2018).

Las fuentes hídricas se encuentran continuamente expuesta a contaminación debido a los vertimientos de agua ácidas producto de la extracción de metales, sin un debido tratamiento. Estos vertimientos afectan directamente a los sistemas hidrobiológicos debido a las cargas contaminantes existentes en el recurso (UN Water, 2015).

La contaminación del suelo es otro factor importante, puesto que todos los contaminantes gaseosos, sólidos y líquidos de una u otra forma van a parar en el suelo.

Estudios realizados por Martínez y González (2017) muestran que los suelos de la mina el alacrán se encuentra contaminado por metales como: sulfuro, cobre, oro, hierro, entre otros. El hierro es el principal metal presente en dichos suelos, para este metal se sabe que su ecotoxicidad es baja con respecto a otros metales como el mercurio; sin embargo, existen determinadas bacterias oxidantes de hierro que obtienen energía a través de la oxidación del hierro ferroso y compuestos reducidos de azufre, acidificando los suelos como consecuencia de la producción de ácido sulfúrico y consiguientemente solubilizando sulfuros metálicos y otros compuestos metálicos que pueden ser eliminados de los suelos por lixiviado Martínez y González (2017).

En general, en la mina el alacrán se observa un suelo degradado, producto de la construcción de la mina, predominando acumulaciones de suelo o roca desechados, y cráteres que afectan el paisaje y la seguridad de los mineros. Así mismo, se puede mencionar la contaminación acústica debido al ruido, producto de los trabajos realizados; la población más afectada ante todo esto, son los mismos mineros, los cuales atentan contra su integridad física al trabajar en condiciones inseguras industrialmente.

La producción más limpia busca implementar estrategias y herramientas de sostenibilidad en los procesos productivos, buscando la maximización de los recursos para minimizar las afectaciones al ambiente mediante las acciones de planear, hacer, verificar y actuar (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial [ONUDI], 2008). Es importante implementar procesos de producción más limpia encaminados al mejoramiento continuo de la actividad

minera de la región, mediante el control y el uso racional de las materias primas y la energía. Del mismo modo, se deben estructurar planes de manejo ambiental en el que se den herramientas prácticas y efectivas para el manejo o eliminación de algunas materias tóxicas, la reducción de la cantidad de las emisiones contaminantes y los desechos. Asimismo, el uso de agua se puede optimizar con la aplicación de sedimentadores, filtros u otros que permiten ahorrar este recurso.

Se requiere un planeamiento minero que permita diseñar métodos de explotación y sistemas de desagüe, iluminación, ventilación y transporte, permitiendo la preparación adecuada de la explotación con el fin de obtener una mayor eficiencia productiva y evitar la alta pérdida del mineral por falta de conocimiento de las características del yacimiento. Los sistemas de ventilación, sostenimiento, transporte, desagüe y todas las condiciones de seguridad en estas minas y entables deben cumplir con la normatividad vigente sobre la materia. Se debe evitar la entrada de agua lluvia y de escorrentía a la mina, mediante la implementación de canales perimetrales. Para la trituración y molienda, se requieren equipos en mejores condiciones que permitan realizar los procesos de manera más efectiva y sostenible.

Es de suma importancia adelantar acciones para implementar metodologías de vigilancia y control para disminuir o evitar los riesgos sobre la salud de las personas y la contaminación ambiental; gestionar la afiliación del personal minero al sistema de seguridad social. Se debe implementar acciones dirigidas hacia el mejoramiento de las condiciones de salud y seguridad en el trabajo, siendo necesario eliminar

o minimizar el riesgo desde la fuente, mediante el uso de equipo de protección personal e implementar la señalización de las áreas. Al mismo tiempo, se debe diseñar, formular y ejecutar programas de vigilancia epidemiológica ambiental de seguimiento y tratamiento a la población afectada por la minería con la finalidad de realizar estudios selectivos y comparativos del estado de salud del trabajador y su núcleo familiar.

Conclusiones

La minería es una actividad que genera grandes beneficios económicos, sin embargo trae consigo diversos impactos para el ambiente y las comunidades, por lo que debe ser controlada estrictamente en cada una de sus etapas, desde la prospección y explotación hasta el transporte y procesamiento. En la zona de Caucasia se encuentra que los suelos han sido afectados por las actividades mineras que se han desarrollado y se está implementando el cultivo de acacia mangium como medida de mitigación de los impactos generados por la minería, es necesario que se realicen otro tipo de actividades de mitigación que ayuden a recuperar no solo el suelo sino también el entorno o los ecosistemas que se tienen en la zona.

En el sur del departamento de Córdoba, se puede evidenciar los impactos que han generado tanto la minería de aluvión, la de cielo abierto y la de veta, sobre los suelos y cuerpos de agua. La explotación minera como actividad económica implica que se realice seguimiento y evaluación de los planes de manejo ambiental para que se disminuyan los impactos ambientales de las áreas de influencia directa e indirecta, y generar conciencia ambiental en las comunidades para disminuir las afectaciones sobre



los recursos naturales, los ecosistemas y el deterioro de la calidad de vida de los mismos.

La minería, y principalmente la ilegal resulta una actividad poco sostenible; al agotar el recurso que está siendo explotado, solo quedan en la zona las consecuencias de este tipo de labor, que no es más que impactos ambientales sobre los recursos naturales. Por tanto, se deben estructurar planes de manejo ambiental que contribuyan a minimizar los impactos socioambientales generados en la actividad minera.

La mina el alacrán no es ajena a los problemas que provoca la minería, en las estaciones de estudio se notó por simple inspección que los residuos de esta actividad han venido generando una serie de impactos dentro de los cuales se puede notar destrucción del suelo y de la cobertura vegetal de la zona, apertura de cráteres, liberación de metales pesados, desplazamiento de la fauna y flora autóctona por la llegada de nuevos pobladores y el desplazamiento de las actividades productivas tradicionales.

El recurso suelo puede estar afectado debido a los procesos que conlleva la explotación de minería de veta, donde para iniciar los trabajos de extracción se removió toda la capa vegetal, dejando el suelo susceptible a erosionarse. Del mismo modo, para hacer extracción de material se realizan excavaciones, involucrando explosivos que algunas veces remueven materiales como metales que se encuentran depositados en las rocas y que afectan las características del suelo. El recurso agua puede estar afectado debido a los vertimientos a los cuerpos de agua sin previo tratamiento.

Es necesario que las tecnologías que se implementen sean amigables con el ambiente y propicien el desarrollo sostenible de la actividad, trayendo consigo diversos beneficios tales como aumentar la eficiencia operativa de los equipos, hacer uso racional de la energía; prevenir, evitar, corregir y mitigar cargas contaminantes sobre los recursos naturales para disminuir riesgos en la medida que se minimizan costos para lograr el máximo beneficio económico del material extraído mediante optimización del proceso para conservar los recursos naturales y las materias primas, minimizando o eliminando residuos o aprovechando estos para crear subproductos. De esta manera se mejoran las condiciones técnicas, ambientales y sociales de la población.

Referencias

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). (2018). *Efectos en la salud por la exposición al mercurio*. <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-en-la-salud-por-la-exposicion-al-mercurio>.

Benposta, OCHA, Tierra de Hombres. (2016). Colombia - *Informe final MIRA: Corregimientos San Juan (veredas: William, Concepción, Valdés, Mulata, Alto San Juan, Nejongó y Mina El Alacrán), y Santa Fe Las Claras (vereda La Bonga) - Municipio de Puerto Libertador (Córdoba)*. Equipo Humanitario Colombia. https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/assessments/160615_informe_final_mira_puerto_libertador_vf.pdf Farrizosa, J. (2003). *Colombia, de lo imaginario a lo complejo*. Bogotá: Instituto de Investigaciones Ambientales IDEA; Universidad Nacional de Colombia.



CORPOICA e IGAC. (2002). *Zonificación de los conflictos de uso de las tierras del país. Capítulo IV: uso adecuado y conflictos de uso de las tierras en Colombia*. Bogotá, D.C.: Autores.

CORPOICA e IGAC. (2002). *Zonificación de los conflictos de uso de las tierras del país. Capítulo II: cobertura y uso actual de las tierras de Colombia*. Bogotá, D.C.: Autores.

Correa, R. C. (2017). Desarrollo socio-económico regional: Impactos de la minería artesanal en el Bajo Cauca Antioqueño. *Revista Internacional de Cooperación y Desarrollo*, 4(1), 46-61. <https://doi.org/10.21500/23825014.3116>

Corte Constitucional de Colombia. (19 de agosto de 2016). *Sentencia T-445 de 2016*. M. P. Jorge Iván Palacio Palacio.

Cuello, O. (13 de mayo de 2019). *Tala y colonización: Los males del Nudo de Paramillo*. El Heraldo Córdoba. <https://www.elheraldo.co/cordoba/tala-y-colonizacion-los-males-del-nudo-de-paramillo-631218>

Defensoría del Pueblo. (2014). Informe defensorial explotación de níquel proyecto Cerro Matoso - Montelíbano, Córdoba. Bogotá, D.C.: Autor. <http://www.defensoria.gov.co/attachment/101/Informe%20defensorial%20explotaci>

Díaz, G., y Ceballos, G. (2000). *Comportamiento inicial de Acacia mangium Willd en suelos degradados por minería de aluvión, en el bajo Cauca Antioqueño*. Medellín: Corantioquia. http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/FLORA/AIRNR_CN_1827_1999.pdf

Fadda, M. I., Corbella, R. D., Tonatto, J. y Fernández, J. (2017). *Metodología para los*

estudios de suelos en campo. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.

FAO. (2020). *Degradación del suelo*. <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>

Gómez, M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Córdoba: Editorial Brujas. ISBN 987-591-026-0.

González, E. M., Pedraza, A. y Pérez, M. M. (2009). Caracterización agrológica del suelo y diagnóstico de su fertilidad en la estación experimental del campus Nueva Granada, Cajicá (Cundinamarca, Colombia). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 4(1), 82-104. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2123>

IGAC. (2004). *Departamento de Córdoba: Mapa físico político*. <http://www2.igac.gov.co/ninos/UserFiles/Image/Mapas/cordoba.pdf>

Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Martínez y González, Z. M. (2017). Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados, zona minera El Alacrán, Colombia. *Temas Agrarios*, 22(2), 21-31. <https://doi.org/10.21897/rta.v22i2.941>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y UDCA. (2015). *Estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia 2015*. Bogotá: IDEAM.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Secretaría de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (CCD) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo



- (PNUD). (2003). *Desertificación y sequía, primera jornada nacional de sensibilización: Memorias*. Bogotá: MAVDT.
- Ministerio de Minas y Energía. (2003). *Glosario técnico minero*. Agencia Nacional de Minería. <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. (UNODC). (2016). Colombia: *Explotación de oro de aluvión: Evidencias a partir de percepción remota*. https://www.unodc.org/documents/colombia/2016/junio/Explotacion_de_Oro_de_Aluvion.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). (2008). *Manual de producción más limpia*. https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook_0.pdf.
- Pérez, A., Céspedes, C., Almonte, I., Sotomayor Ramírez, D., Cruz, C. E., y Núñez, P. A. (2012). Evaluación de la calidad del suelo explotado para la minería después de diferentes sistemas de manejo. *Tierra Latinoamericana*, 30(3), 201-211.
- Pérez, G. P. (2004). *Modelos de investigación cualitativa en educación social y animación sociocultural: Aplicaciones prácticas*. Madrid: Narcea.
- Reforestadora Cacerí. (2017). *Acacia mangium: Lo que usted debe saber sobre la madera de Acacia mangium*. <https://www.caceri.com/assets/Uploads/acacia.compressed.pdf>
- Rocha-Román, L., Olivero-Verbel, J. y Caballero-Gallardo, K. R. (2018). Impacto de la minería del oro asociado con la contaminación por mercurio en suelo superficial de San Martín de Loba - Sur de Bolívar (Colombia). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(1), 93-102. <https://doi.org/10.20937/rica.2018.34.01.08>
- Rojas, J.J. (2015). *Fertilidad de suelos en plantaciones forestales del trópico colombiano* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Sentana, I. y Martínez, A. (2007). *Degradación de materia orgánica mediante técnicas de oxidación avanzada (AOP)* (Tesis de Grado). Universidad de Alicante. España. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/2733/1/Art%3%adculo%20acidos%20h%3%bamicos%20UVS.pdf>
- Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). (s.f.). *Suelo*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. Recuperado el 9 de abril de 2020 de <http://www.siac.gov.co/suelo>
- Sistema Nacional Ambiental (SINA). (2015). *Informe del estado del Medio ambiente y de los recursos naturales renovables 2012, 2013 y 2014 (Versión preliminar). Tomo II: Estado de los Ecosistemas y de los servicios ecosistémicos*. Bogotá, D.C.
- Toro, I. y Parra, R. (2006). *Método y conocimiento: Metodología de la investigación*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- UN Water. (2015). *Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015*. UNESCO. http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf