



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

**ANÁLISIS DE CAMBIOS EN LA COBERTURA VEGETAL
DEL CANTÓN SAN LORENZO PROVINCIA DE
ESMERALDAS CAUSADOS POR ACTIVIDAD MINERA EN
EL PERIODO 2010-2020**

EXAMEN COMPLEXIVO

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA
RUANO OBANDO GISSELLA KATHERINE

TUTOR
ING. ARCOS JÁCOME DIEGO ARMANDO

GUAYAQUIL – ECUADOR

2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, ARCOS JÁCOME DIEGO ARMANDO, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: ANÁLISIS DE CAMBIOS EN LA COBERTURA VEGETAL DEL CANTÓN SAN LORENZO PROVINCIA DE ESMERALDAS CAUSADOS POR ACTIVIDAD MINERA EN EL PERIODO 2010-2020, realizado por la estudiante RUANO OBANDO GISSELLA KATHERINE; con cédula de identidad N°0803585835 de la carrera INGENIERIA AMBIENTAL, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Guayaquil, 09 de mayo del 2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE CAMBIOS EN LA COBERTURA VEGETAL DEL CANTÓN SAN LORENZO PROVINCIA DE ESMERALDAS CAUSADOS POR ACTIVIDAD MINERA EN EL PERIODO 2010-2020 ”**, realizado por la estudiante **RUANO OBANDO GISSELLA KATHERINE**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Diego Muñoz Naranjo, M.S.c
PRESIDENTE

Ing. Luis Morocho Rosero.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Jussen Facuy Delgado
EXAMINADOR PRINCIPAL

Guayaquil, 20 de abril del 2022

Dedicatoria

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un orgullo y el privilegio de ser sus hijas, son los mejores padres.

Agradecimiento

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presente.

De igual manera mi mas sincero agradecimiento al ING. Diego Arcos Jácome, principal colaborador durante todo este proceso quien su dirección, conocimiento y enseñanza permitió el desarrollo de este trabajo.

Finalmente quiero agradecer a todas mis amigas, por extenderme su manos en momentos cuando más las necesité y por el amor brindado cada día, siempre las llevare en mi corazón.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo RUANO OBANDO GISSELLA KATHERINE, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “ANÁLISIS DE CAMBIOS EN LA COBERTURA VEGETAL DEL CANTÓN SAN LORENZO PROVINCIA DE ESMERALDAS CAUSADOS POR ACTIVIDAD MINERA EN EL PERIODO 2010-2020” para optar el título de INGENIERA AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, mayo /09/ 2022

RUANO OBANDO GISSELLA KATHERINE
C.I. 0803585835

Índice general

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general.....	7
Índice de tablas	9
Índice de figuras	10
Resumen.....	11
Abstract	12
1. Introducción	13
1.1 Importancia o caracterización del tema.....	13
1.2 Actualidad del tema	14
1.3 Novedad científica	16
1.4 Justificación del tema.....	17
1.5 Objetivo general.....	18
1.6 Objetivos específicos	18
2. Metodología.....	19
2.1 Materiales	19
2.1.1 Recursos bibliográficos	19
2.1.2 Materiales y equipo.....	19
2.2 Métodos	19
2.2.1. Modalidad y tipo de investigación.....	19
2.2.2. Tipos de métodos.....	20

2.2.3. Técnicas.....	20
3. Marco teórico	23
3.1 Estado del arte	23
4. Desarrollo del contenido	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.1 Descripción de los impactos ambientales ocasionados por las actividades mineras sobre los recursos naturales (agua, aire, suelo, flora y fauna) en el cantón San Lorenzo provincia de Esmeraldas mediante indagación en fuentes bibliográficas.....	26
4.2 Determinación de las zonas donde se desarrolla la minería y el porcentaje de cambio de cobertura vegetal producido por la actividad minera en el cantón San Lorenzo mediante revisión bibliográfica y análisis descriptivo.	29
4.2 Planteamiento medidas de recuperación de espacios degradados por la actividad minera en el cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas.....	34
5. Conclusiones.....	38
6. Glosario.....	39
7. Bibliografía	42
8. Anexos	51

Índice de tablas

Tabla 1. Principales áreas afectadas por la actividad minera en el cantón San Lorenzo	31
Tabla 2. Hectáreas de vegetación perdidas por actividades mineras.....	34

Índice de figuras

Figura 1. Proceso de desarrollo del presente trabajo de monografía	22
Figura 2. Impactos ocasionados por la minería.....	27
Figura 3. Factores que provocan el incremento de actividad minera en el cantón San Lorenzo	30
Figura 4. Cobertura vegetal en el cantón San Lorenzo en los años 1998 y 2017 y una proyección de pérdida para el 2020	33
Figura 5. Medidas que se pueden implementar para recuperar espacios afectados por la minería	35
Figura 6. Mapa de delimitación de la zona de estudio	51
Figura 7. Minas metálicas en Estados Unidos	51
Figura 8. Vegetación en concesión Río Santiago año 1998	52
Figura 9. Vegetación en la concesión Río Santiago año 2017	52
Figura 10. Comparación zona minera en 2010 y 2017 en el cantón San Lorenzo	53

Resumen

La actividad minera representa una amenaza latente para el ecosistema y especialmente para los bosques naturales y el agua. Es por ello que este trabajo tuvo como base analizar los impactos en la cobertura vegetal del cantón San Lorenzo provincia de Esmeraldas, causados por actividad minera, para ello se siguió una investigación bibliográfica y documental para recolectar información. Como resultado se obtuvo que los principales impactos ambientales de la minería son la contaminación del agua, afectaciones al suelo, emisión de partículas y gases, modificación del nicho ecológico y conflictos sociales. También, se evidenció que las zonas más afectadas son las parroquias Urbina, Tululbí, Santa Rita, Concepción, Cinco de Junio y Alto Tambo, pertenecientes al cantón San Lorenzo presentando pérdida de cobertura boscosa por deforestación. Y finalmente se plantearon medidas de recuperación que se pueden implementar en espacios degradados por explotaciones mineras.

Palabras clave: Cobertura boscosa, explotación minera, impacto ambiental.

Abstract

Mining activity represents a latent threat to the ecosystem and especially to natural forests and water. That is why this work was based on analyzing the impacts on the vegetation cover of the San Lorenzo canton, Esmeraldas province, caused by mining activity, for this a bibliographic and documentary research was followed to collect information. As a result, it was obtained that the main environmental impacts of mining are water pollution, damage to the soil, emission of particles and gases, modification of the ecological niche and social conflicts. Also, it was evidenced that the most affected areas are the Urbina, Tululbí, Santa Rita, Concepción, Cinco de Junio and Alto Tambo parishes, belonging to the San Lorenzo canton, presenting loss of forest cover due to deforestation. And finally, recovery measures were proposed that can be implemented in areas degraded by mining operations.

Keywords: Forest cover, mining exploitation, environmental impact.

1. Introducción

1.1 Importancia o caracterización del tema

A nivel mundial, el desarrollo económico se ve influenciado enormemente por la extracción de recursos que se utilizan para la producción de bienes aprovechables por la población. No obstante, ese afán de consumismo descontrolado induce a la aparición de retos ambientales que, en muchos casos, resultan difíciles de contrarrestar (Longjun *et al.*, 2019). En tal sentido, la industria de la minería es una actividad que genera grandes desafíos para los ecosistemas, al ser un factor determinante en la contaminación de los recursos naturales, debido a los impactos ambientales que se originan durante y después de la operación de dicha industria. Uno de los problemas que acarrea es la modificación y perturbación de la cobertura vegetal del área donde se encuentre la mina.

La cobertura vegetal es un elemento fundamental ya que interviene en procesos de absorción de carbono en los ecosistemas, intercambio de energía y el ciclo del agua. Al existir un cambio en el uso de tierra y cobertura del suelo, se ven afectados el balance hídrico y energético de la zona, a su vez, contribuye a que, a escala global aumenten las emisiones netas de carbono a la atmósfera. Durante el periodo de 1992 a 2015 existió una pérdida de bosques de 1,5 millones de kilómetros cuadrados, específicamente en toda Latinoamérica (Li *et al.*, 2018).

En ese sentido, se conoce que durante los años de 2000 hasta 2010 se evidenció una pérdida de bosques correspondiente a 172171 kilómetros cuadrados, simbolizando un 0,6% de la superficie forestal mundial. No obstante, en América del Sur y en el Sur de Asia se registró un aumento de cobertura boscosa de 9844 kilómetros cuadrados en el lapso de tiempo transcurrido entre 2005 y 2010 (Li *et al.*, 2016).

Los cambios en el uso, la cobertura del suelo, el desbroce de vegetación y la ocupación de terrenos son de gran preocupación debido a sus impactos en las emisiones de CO², el cambio climático, degradación ecológica y riesgo sobre la biodiversidad (Yang et al., 2018).

En Ecuador la minería representa un factor importante para la economía del país obteniendo un aproximado de 1,3% de Producto Interno Bruto en décadas recientes conforme lo establece la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM) (Meza, 2013). A pesar de ello, existen complicaciones en áreas donde se desarrolla la actividad, ya que los administrativos de las concesiones mineras, no disponen de un plan de restauración del espacio una vez concluida la actividad, originando inconformidad en la población cercana de la industria minera (Ordeñana y Domínguez, 2012).

En el cantón San Lorenzo, la minería se une a la deforestación para conseguir maderas finas, el esparcimiento de los cultivos de palma africana y los conflictos por tierras, esto ha provocado la contaminación de ríos y la desaparición de peces, por otro lado, el agua se vuelve un peligro para la población al no poder consumirla por su estado de contaminación por metales (Tambo, 2013).

1.2 Actualidad del tema

Actualmente la actividad minera representa importancia mundial tanto para la economía de algunos países, como para el progreso de otras industrias que dependen de la materia prima generada en la explotación minera. No obstante, el mal manejo de las operaciones y la falta de fuerza en las legislaciones acerca de esta actividad ocasiona consecuencias como la contaminación del agua, el aire, el suelo y además perturbaciones en el paisaje, deterioro de ecosistemas y pérdida de flora y fauna endémica (Dong *et al.*, 2019).

Estudios recientes muestran que las poblaciones y comunidades aledañas a sitios donde se desarrolla la extracción de minerales son más propensas a sufrir enfermedades renales e hipertensión, provocadas por la toxicidad de los materiales y sustancias utilizadas en estos procesos extractivos. Así también, se ven expuestos a polución por los desechos abandonados en el sitio, los cuales se consideran residuos peligrosos por su composición y presencia de metales pesados (Lewis *et al.*, 2017).

Hace aproximadamente 300 años los bosques representaban un 40% de la superficie terrestre, sin embargo, por la deforestación ocasionada por distintas actividades, se ha venido perdiendo áreas de vegetación en todo el mundo. Durante el periodo de 2000 a 2012 se presenciaron cambios en la cobertura vegetal en 3,1 millones de km², estos cambios provocan perturbaciones sociales, económicas y ambientales globales, puesto que, los bosques proveen servicios ecosistémicos, promueven la integridad de las comunidades biológicas, así como repercuten en el clima y la calidad del aire (Prevedello *et al.*, 2019).

Puesto que los impactos ambientales de la explotación minera son extremos y se consideran de gran peligro para los ecosistemas, se debe implementar tecnologías de restauración adecuadas, y si es posible, incluir metodologías que sean más amigables con el ambiente y menos invasivas con la finalidad de mitigar los impactos que se pudieran ocasionar (Gavriletea, 2017).

Los desechos de la minería y el procesamiento de minerales están dentro de los mayores problemas crónicos del mundo. Su reutilización debe incluirse en futuros planes de desarrollo sostenible, pero los impactos potenciales en una serie de procesos ambientales son muy variables y deben evaluarse a fondo (Bian *et al.*, 2012).

1.3 Novedad científica

La cobertura vegetal es fundamental en cualquier área del planeta ya que provee beneficios tanto para el suelo, el agua, la supervivencia de especies y brinda servicios ambientales a la humanidad. No obstante, está siendo alterada por diversas actividades desarrolladas por el hombre, entre ellas, la minería, ocasionando deforestación de zonas boscosas para la implantación de proyectos extractivos (Loredo *et al.*, 2020).

Entre los beneficios que proporciona la cubierta vegetal evita la erosión del suelo, retiene la humedad, admite la diversidad de flora y relaciones procedentes de esta, ayuda a la preservación de particularidades físicas y químicas del suelo para un equilibrio ecosistémico y conservación de acuíferos. Sin embargo, dado al impacto ambiental que la explotación minera a cielo abierto genera es fundamental, que las leyes ambientales y entes encargados endurezcan políticas a favor de un desarrollo sostenible prudente con el uso de los recursos naturales (Lemus, 2019).

En este sentido existen diversas técnicas que permiten evaluar los cambios ocasionados sobre la cobertura vegetal por explotación minera como es el uso de NDVI (Índice de Vegetación Diferenciado), este índice es muy utilizado, puesto que los datos que brinda generan confiabilidad al tener mayor precisión, ofreciendo resultados verídicos sobre la salud de la vegetación, indicando la presencia o ausencia de árboles en la zona y el estado en el que se encuentra (Alvarado *et al.*, 2014). Del mismo modo, las matrices de impactos ambientales también permiten conocer y analizar las consecuencias de actividades mineras sobre espacios que contienen gran diversidad de flora y fauna, permitiendo calcular el grado de afectación y así generar planes de recuperación de las propiedades naturales de dichos espacios (Jiapaer *et al.*, 2011). Entre las matrices más comúnmente

utilizadas está la matriz de Leopold, permite establecer una relación entre la causa y los efectos de los impactos sobre los recursos bióticos, físicos y socioeconómicos (Al *et al.*, 2020).

1.4 Justificación del tema

La cobertura vegetal favorece la disminución de erosión del suelo, retiene la humedad, permite la diversidad de flora y relaciones emergentes de esta, ayuda la conservación de propiedades físicas y químicas del suelo para un equilibrio ecosistémico y protección de acuíferos (White, 2013).

Al introducir actividades mineras en áreas donde existe gran biodiversidad, esta ocasiona impactos a corto, mediano y largo plazo que se pueden volver irreversibles como el deterioro del paisaje, el cual es ocasionado a su vez, por otros impactos, como la eliminación de la cobertura vegetal y de la capa orgánica que ocurren en el proceso de explotación y extracción de los minerales, aumentando así, los procesos de erosión en el suelo y la afectación de las quebradas y ríos, ya que permanentemente se presentan procesos de sedimentación, acumulación de materiales, ocupación de cauces, contaminación del agua (Peña, 2019).

En los últimos años se ha incrementado la explotación de la minería ilegal con maquinarias de importante tonelaje, las mismas que destruyen los pocos bosques localizados en las riberas de los riachuelos (Tambo, 2013). Esta actividad se realiza sin ningún control, y generalmente para la extracción del metal precioso se ha venido utilizando químicos tales como mercurio y cianuro, que son los más utilizados, ocasionando la contaminación del suelo, aire y ríos, causando graves trastornos a la ecología y a la salud humana, no solo de quienes se dedican a esta

labor sino de las personas que, de una u otra forma, utilizan estas aguas contaminadas (Banguera, 2014).

Por esta razón, el presente trabajo es fundamental para conocer las afectaciones que ha presentado la actividad minera en la zona del cantón San Lorenzo, principalmente sobre la cobertura vegetal, las causas del aumento de dicha actividad y los impactos ambientales generados y de esta manera formular estrategias de recuperación de espacios degradados por dicha actividad, permitiendo preservar la vegetación remanente.

1.5 Objetivo general

Analizar los cambios en la cobertura vegetal del cantón San Lorenzo provincia de Esmeraldas, causados por actividad minera en el periodo 2010-2020 mediante investigación documental para la formulación de estrategias de recuperación de espacios degradados por dicha actividad.

1.6 Objetivos específicos

- Describir los impactos ambientales ocasionados por las actividades mineras sobre los recursos naturales (agua, aire, suelo, flora y fauna) en el cantón San Lorenzo provincia de Esmeraldas mediante indagación en fuentes bibliográficas.
- Determinar las zonas donde se desarrolla la minería y el porcentaje de cambio de cobertura vegetal producido por la actividad minera en el cantón San Lorenzo mediante revisión bibliográfica y análisis descriptivo.
- Establecer estrategias de recuperación de espacios degradados por la actividad minera que contribuyan a evitar la reducción de la cobertura vegetal en el cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas.

1. Metodología

2.1 Materiales

2.1.1 Recursos bibliográficos

- Artículos científicos
- Revistas académicas
- Libros electrónicos
- Documentos webs

2.1.2 Materiales y equipo

- Laptop
- Impresora
- Word
- Excel
- Power Point

2.2 Métodos

2.2.1. Modalidad y tipo de investigación

La investigación documental se aplicó en este trabajo, dado que a través de ella se obtuvo la información necesaria sobre los impactos ambientales de la minería y los métodos de restauración de espacios degradado por esta actividad, con el fin de generar recomendaciones para disminuir las alteraciones ocasionadas en la cobertura vegetal del cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas. Este tipo de investigación hace énfasis en la recolección de un conjunto de datos relevantes sobre un tema específico en el cual se pretenda profundizar, por medio de artículos físicos o electrónicos como libros, revistas científicas, informes, etc., (Tancara, 1993).

De igual manera se utilizó investigación descriptiva con el propósito de comprender como han afectado las actividades mineras a la cobertura vegetal en el cantón San Lorenzo, describir los impactos ambientales provocados y de esta manera poder establecer medidas de recuperación de espacios degradados.

2.2.2. Tipos de métodos

El método de investigación utilizado en este estudio fue:

- Recopilación de datos: Este proceso se llevó a cabo mediante la búsqueda de información en fuentes documentales y bibliográficas para su respectivo análisis. Estas fuentes comprenden artículos científicos, revistas académicas, libros electrónicos, tesis, páginas webs, entre otras.

2.2.3. Técnicas

El presente trabajo bibliográfico se basó en el desarrollo de tres objetivos:

- Describir los impactos ambientales ocasionados por las actividades mineras sobre los recursos naturales (agua, aire, suelo, flora y fauna) en el cantón San Lorenzo provincia de Esmeraldas mediante indagación en fuentes bibliográficas.

Para el cumplimiento del primero objetivo se indagaron fuentes bibliográficas acerca de los impactos que ocasiona la actividad minera sobre el agua, el aire, el suelo, los ecosistemas y sobre el aspecto socioeconómico. Para ello, se hizo una recopilación de información y datos que brinden valores del impacto ocasionado, la información se obtuvo de estudios efectuados anteriormente sobre zonas donde se efectúa actividad minera.

También, se elaboraron figuras informativas para obtener mejor representación de datos sobre los resultados encontrados en esta investigación.

- Determinar las zonas donde se desarrolla la minería y el porcentaje de cambio de cobertura vegetal producido por la actividad minera en el cantón San Lorenzo mediante revisión bibliográfica y análisis descriptivo.

Para el segundo objetivo se realizó una compilación de varios estudios e investigaciones desarrolladas en el cantón San Lorenzo para tener bases de las zonas que están siendo afectadas por la minería, de la información que se consiga se sacaron porcentajes de pérdida de cobertura vegetal que ha existido en el cantón, tanto de bosque, pastos y cultivos, además se colocaron los valores en gráficos de pastel y diagrama de barras para representar el número de hectáreas afectadas por la minería.

Para esta búsqueda, se indagó en fuentes como Google académico, encontrando información pertinente al tema de estudio. Los datos fueron hallados desde revistas científicas académicas, contemplados en artículos científicos que corroboraron los impactos que presenta la actividad minera sobre el paisaje y la cobertura boscosa de una zona.

- Establecer estrategias de recuperación de espacios degradados por la actividad minera que contribuyan a evitar la reducción de la cobertura vegetal en el cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas.

Para detallar el último objetivo, con fundamento en la información que se obtenga, se sugieren estrategias que pueden ser aplicadas en zonas donde ha existido actividad minera, con el fin de generar guías para la recuperación de los espacios degradados por dicha actividad y también, mencionar acciones que se pueden tomar en cuenta antes y durante la operación de la mina.

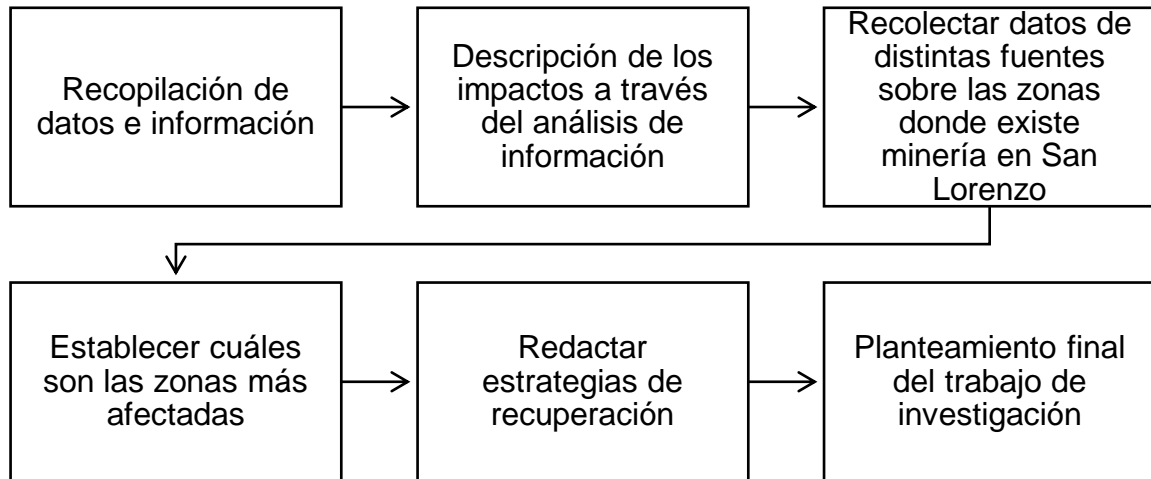


Figura 1. Proceso de desarrollo del presente trabajo de monografía
Ruano, 2022.

2. Marco teórico

3.1 Estado del arte

La producción de recursos minerales resulta en efectos adversos, impactos ambientales y conflictos sociales, lo que lleva a desafíos para desarrollo sostenible, entre esos impactos están, la tala de vegetación y la ocupación de tierra siendo motivo de grave preocupación debido a las consecuencias como la degradación ecológica y la biodiversidad pérdida. En Nigeria se realizó un estudio el cual buscó proporcionar datos para determinar si las actividades mineras han generado afectación en la diversidad de árboles de la zona en general y en los nutrientes del suelo. En el estudio se aplicaron índices de diversidad (uniformidad de Shannon, Margalef y Pielou), todos indicaron valores más altos para el sitio adyacente a 5 km de la fábrica. Este estudio indicó que la diversidad de árboles fue mayor en el sitio adyacente y también que el suelo a 5 km de la fábrica era más saludable dentro (Unanaonwi y Amonum, 2017).

En India también se ve afecta por la minería la cuenca del río Dwarka, ya que alrededor existen 239 minas de piedra y 982 unidades de trituración de piedra, estas producen aproximadamente 258120 toneladas de polvo cada año y este polvo ingresa al río y recubre las hojas de las plantas. Por otro lado, esto se agrava en el lecho del arroyo, aumentando la carga de sedimentos, disminuyendo la calidad del agua, específicamente aumentando los sólidos disueltos totales, pH, color del agua, y también degrada la calidad de la vegetación (Pal y Mandal, 2017).

En Australia la dinámica de la cubierta vegetal, como la extensión espacial y el patrón de perturbación y recuperación, son información necesaria en regulación minera y evaluación de sostenibilidad ambiental, en un estudio realizado durante 1989-2014 se detectó que hubo 85,21% de perturbación en la vegetación y de ese

porcentaje un 86,59% se logró recuperar. Esto sugiere que la mina Curragh ha estado cumpliendo con legislación minera mediante la realización de esfuerzos progresivos de rehabilitación y establecimiento de vegetación (Yang *et al.*, 2018).

En Colombia se ejecutó un proyecto con la finalidad de evaluar la pérdida de cobertura vegetal generada por las actividades mineras de manera ilegal en un periodo de 30 años a través de metodologías de teledetección. Para el desarrollo se hizo uso de imágenes satelitales multiespectrales Landsat 5 y Landsat 8 de los años 1986 y 2016, se realizó una clasificación supervisada, suavización de imágenes y después se calculó el área de cobertura vegetal, después del cálculo se verificó que en el año 1986 existía un 16.7% de cobertura vegetal mientras que en el año 2016 se registró un porcentaje del 24.6%, sacando un promedio de pérdida de 7,9% de cobertura vegetal en los 30 años estudiados, esto se debe al incremento de la actividad minera en la zona durante el periodo de estudio (Mejía, 2016).

Otro estudio desarrollado en Tunja-Colombia buscó realizar un análisis de la cobertura vegetal en la zona de Tunja durante el periodo 1986 y 2020. Al finalizar el trabajo se pudo determinar que la cobertura vegetal que sufrió en grandes extensiones un deterioro considerable fue la vegetación de páramo, con una disminución del 14.8 %, el arbustal bajo disminuyó su extensión en 7.3 % y el bosque mixto se redujo en un 2.3 %. Se observó que donde disminuyeron las coberturas nativas ahora se encuentran vegetaciones relacionadas con los factores antrópicos, como lo son los cultivos (Arévalo y Duarte, 2021).

Miyasiro y Ortiz (2016), analizaron la zona potencial para cubrirse con vegetación en las lomas del distrito de Villa María del Triunfo, teniendo en cuenta que estas lomas son ecosistemas estacionales cuya extensión no es fija, varía año

tras año y dentro de una misma temporada. El análisis de verdor realizado mediante el índice de vegetación por diferencia normalizada de imágenes satelitales ópticas disponibles determinó dos superficies con potencial de cubrirse de vegetación denominadas normal y extraordinaria, clasificadas según la presencia e intensidad extraordinaria del fenómeno El Niño. A partir de estas superficies estimadas, mediante la realización de un análisis multitemporal de imágenes satelitales ópticas y fotografías aéreas en el período 1986-2014, utilizando sensores remotos y técnicas de sistemas de información geográfica, se calculó su variación ante la invasión de terrenos y ampliación de los componentes mineros y se verificó que en 1986 el área minera tenía 162,8 ha y un NDVI de 1019,59 ha, sin embargo en 2014 la zona minera fue de 539,1 ha y el NDVI calculado obtuvo 589,90 ha.

En Ecuador la biodiversidad es alta y por ende la amenaza a la que se encuentra expuesta a causa de las actividades mineras también es grande, y mucho más en la Amazonía ecuatoriana, en donde se encuentra la mayor cantidad de flora y fauna del país, el riesgo de pérdida de especies ha incrementado un 13% desde el año 2016, ya que algunas concesiones están ubicadas en áreas protegidas, como la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas la cual está rodeada de zonas mineras, esta actividad simboliza un peligro constante para el ecosistema por lo que 37 especies de animales se encuentran en peligro de extinción, 153 especies vulnerables, 89 especies casi amenazadas y muchas otras que podrían estar amenazadas si la explotación continúa al mismo ritmo (Roy *et al.*, 2018).

En el río Llavircay de la ciudad de Cuenca se desarrolló una investigación con el objetivo de efectuar una evaluación temporal del uso y cobertura vegetal del suelo por medio de imágenes satelitales a las cuales se les realizó un preprocesamiento en el programa ArcGIS y ENVI. En base a los mapas obtenidos

se evidenció que durante los años 2011, 2013 y 2017 se han presentado cambios en la cobertura vegetal debido a las actividades antropogénicas desarrolladas en la zona y finalmente, conforme los resultados, se presentaron medidas de mejoramiento de las propiedades del suelo (Alvarado y Espinoza, 2018).

4. Desarrollo del contenido

4.1 Descripción de los impactos ambientales ocasionados por las actividades mineras sobre los recursos naturales (agua, aire, suelo, flora y fauna) en el cantón San Lorenzo provincia de Esmeraldas mediante indagación en fuentes bibliográficas.

En la parte norte de Ecuador se encuentra la provincia Esmeraldas, donde se ubica el cantón San Lorenzo, este sector cuenta con gran cobertura vegetal natural y está entre los lugares con mayor vegetación del país, goza de la presencia de bosques, arbustos, vegetación herbácea y humedales representando el 55.791% del área cantonal total (Zapata *et al.*, 2020).

Dentro de la provincia se desarrollan actividades de minería las cuales estuvieron funcionando de forma ilegal en su gran mayoría, hasta marzo del año 2011, cuando se creó una medida cautelar en la cual se prohíbe cualquier actividad minera ya sea esta legal o no. La medida tenía como fin evitar que se contaminen los recursos de los cuales se benefician las personas que habitan en esta zona (Espinoza, 2020).

Las actividades mineras implican un gran impacto hacia el medio ambiente influyendo directamente a todos los recursos naturales.

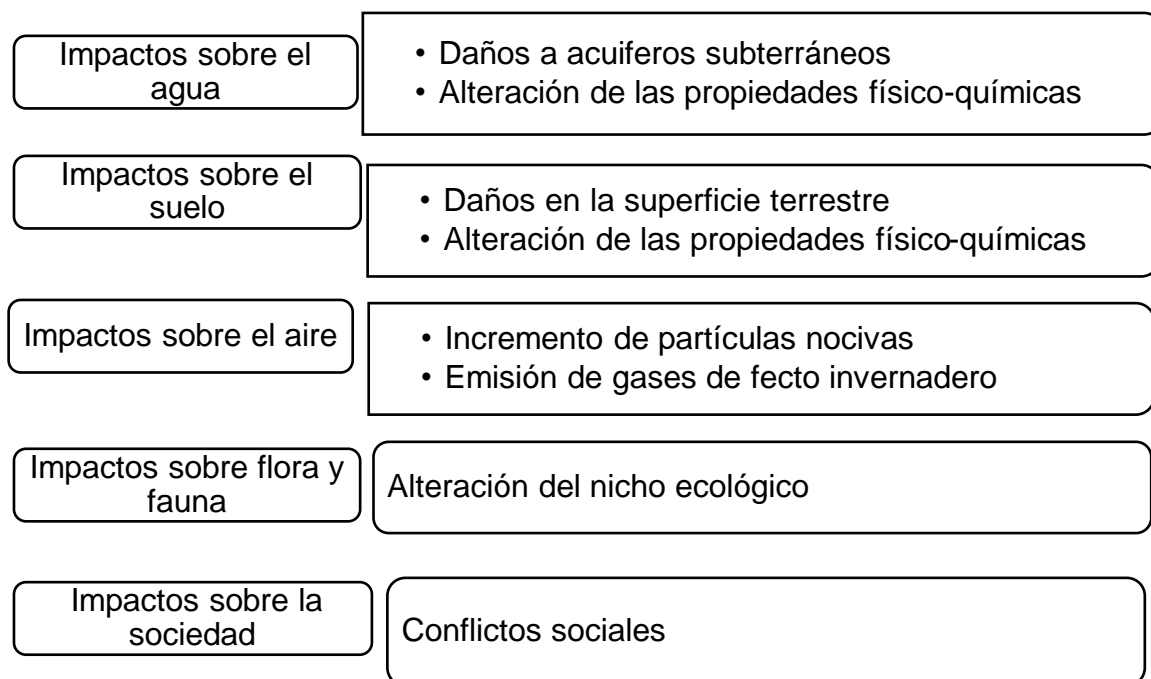


Figura 2. Impactos ocasionados por la minería
Ruano, 2022.

En el Ecuador se registra un gran interés por la explotación de muchos minerales, esto debido a que se cuenta con buenos yacimientos. De las provincias del litoral seis de ellas cuenta con algún permiso de minería. La demanda de esta actividad es bien pagada por lo que aún existe la minería ilegal lo cual se intentó minimizar o eliminar a través de la creación de leyes que regulan esta actividad, además se quiso imponer responsabilidad ambiental y social a través de esta acción (Zapata *et al.*, 2020).

El recurso agua es una de los más importantes y por ende el principal afectado a través de los efluentes mineros cargados con residuos de químicos y metales pesados. Los impactos se ven reflejados desde el inicio de la actividad mediante el desvío de los cauces naturales lo que ocasiona una disminución en la cantidad de agua que llegara a las comunidades que se abastecen del mismo (Mestanza *et al.*, 2021).

Los ecosistemas que se desarrollan a nivel acuático son afectados directamente, dado que compuestos como el cianuro y ácido sulfúrico provocan que el agua se torne de un pH ácido y ocasionando debilidad, hemorragias y la muerte a organismos intoxicados (Krämer, 2020).

En la actividad minera se realizan los llamados canales de drenaje que a través de ellos se transporta el agua dentro del proceso de la extracción, los líquidos que son devueltos al cauce natural de agua van cargados no solo de químicos sino también de partículas suspendidas entre otros materiales que aumentan la sedimentación contribuyendo a la disminución del caudal (Molinero *et al.*, 2019).

Las aguas naturales que han tenido contacto con las aguas residuales provenientes de las actividades mineras toman el termino aguas de contacto minero (Neira *et al.*, 2021).

Por otro lado, dentro de los impactos ocasionados por la minera esta la deforestación, la cual se realiza al momento de establecer un área de extracción. Al retirar la flora existente se eliminan especies nativas y además el hábitat de muchos animales y microorganismos contribuyendo a la desaparición de especies ya en que estas zonas muchas veces también se encuentran especies en peligro de extinción (Roy *et al.*, 2018).

En la construcción de canales de drenaje, pueden ocasionar otros impactos como desmejoramiento del paisaje, destrucción de la tierra agrícola y forestal, daño a las áreas recreacionales, emisión de polvo durante la construcción. Los gases, vapores y partículas sólidas que son emitas al momento de excavaciones van a parar a la atmósfera ocasionando un aumento en los gases de efecto invernadero por lo tanto esto contribuye al aceleramiento del cambio climático (Tian *et al.*, 2019).

De los impactos ya mencionados es importante resaltar que todos afectan directa o indirectamente al ser humano. Cuando se realizan desvíos en el cauce de los ríos causa escases del líquido vital a las comunidades que hacen uso de él, la agricultura se ve afectada debido a la falta de agua para cultivos y el ganado. La salud de la población está propensa a sufrir enfermedades respiratorias y alergias, afecciones en la piel, reacciones tóxicas debido a contaminantes aéreos; ciertos compuestos como el arsénico al ser ingeridos mediante alimentos contaminados puede causar cáncer, lesiones cutáneas y neurotoxicidad (Barraza *et al.*, 2021).

Un punto importante a resaltar es la poca regulación que existe en los temas de minería ilegal lo que traduce en poca atención sobre temas ambientales y sociales influenciados por los impactos negativos de esta actividad. Dentro de las consecuencias se puede notar la migración, emigración y vulneración de derechos, entre otros (Cruz *et al.*, 2021).

4.2 Determinación de las zonas donde se desarrolla la minería y el porcentaje de cambio de cobertura vegetal producido por la actividad minera en el cantón San Lorenzo mediante revisión bibliográfica y análisis descriptivo.

Durante mucho tiempo, las actividades como la agricultura y la ganadería han sido parte fundamental en la parte económica del cantón San Lorenzo, aunque también, desde algunas décadas atrás han venido implementando nuevas formas de subsistencia, entre ellas la actividad minera de manera artesanal, principalmente para la extracción de oro (Sierra, 2013). A raíz de esto, se ha evidenciado modificaciones en el entorno, especialmente en las áreas aledañas al lugar de extracción, como ríos y la población que tiene sus asentamientos en las riberas. Otra problemática que se genera son los conflictos sociales ya que la

contaminación originada en estos sitios es potencialmente tóxica y repercute en la salud y estilo de vida de las comunidades cercanas (Sarmiento y Carvajal, 2018).

Desde que se instauró la explotación minera en el cantón ha existido un incremento de la actividad por diversos factores, algunos de ellos se mencionan en la figura 3.

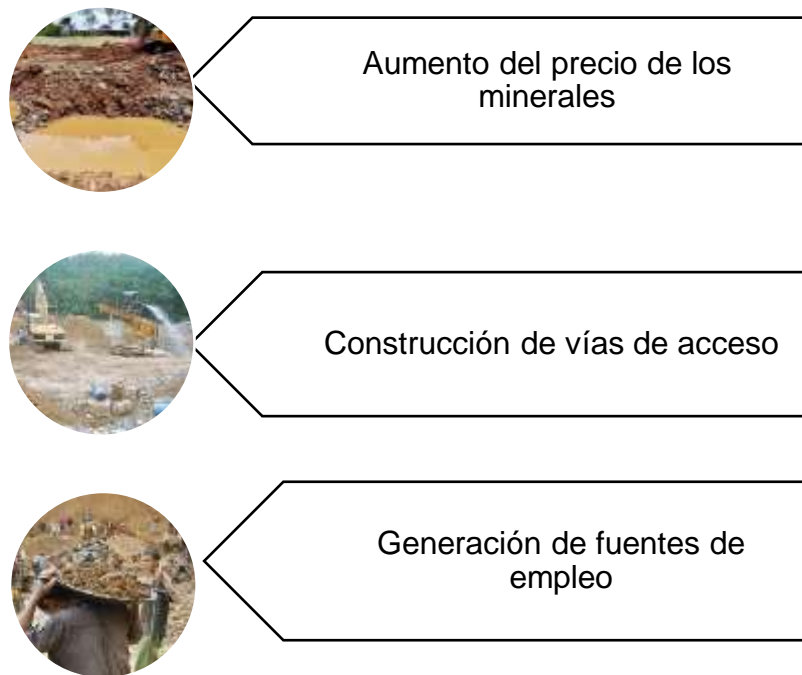


Figura 3. Factores que provocan el incremento de actividad minera en el cantón San Lorenzo
Ruano, 2022.

Entre los factores que provocan el incremento de actividad minera están, el aumento de precios de los minerales, la construcción de vías de acceso y la generación de empleo son los factores principales del incremento de la explotación minera en el cantón San Lorenzo. Farah, (2014) expresa que los precios de los minerales, primordialmente del oro (mineral que se explota en el área de estudio), suben constantemente a escala nacional e internacional y, por ende, los moradores del cantón encuentran en esta actividad una fuente de subsistencia y cada vez más personas se suman a realizar este trabajo ya sea de manera artesanal y minería a pequeña escala e informal.

Por otro lado, la construcción de vías de acceso cumple un papel primordial al momento de incrementar la actividad minera, puesto que, al existir zonas de acceso a lugares que presentan potencial minero, se facilita el ingreso de maquinarias y trabajadores. A esto se suma la generación de fuentes de empleo, que es una de las causas esenciales de la extracción minera, las grandes concesiones optan por incluir en su grupo a trabajadores de bajos recursos incentivándolos a aumentar sus ingresos económicos a través de esta actividad (Sarmiento y Carvajal, 2018).

Es preciso resaltar que, a pesar de los beneficios sociales y económicos que pueda presentar la explotación minera, es de suma importancia prestar atención a los impactos ambientales negativos que se generan antes, durante y después de la actividad, a causa de que las afectaciones son evidentes y cada vez más significativas como el deterioro del paisaje, la contaminación del agua y suelo; y la introducción de partículas al aire (Delgado y Ramos, 2017).

En el cantón San Lorenzo, existe al menos un frente de explotación en cada parroquia, sin embargo, las más afectadas son las que se muestran a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Principales áreas afectadas por la actividad minera en el cantón San Lorenzo

Nº	Parroquia
1	Urbina
2	Tululbí
3	Santa Rita
4	Concepción
5	Cinco de Junio
6	Alta Tambo

Sarmiento y Carvajal, 2018.

La tabla 1 denota que las principales zonas afectadas negativamente por la explotación minera son las parroquias Urbina, Tulubí, Santa Rita, Concepción, Cinco de Junio y Alto Tambo, puesto que es donde se ha denotado un incremento notorio de las actividades mineras ilegal e informal. Estos frentes están conformados por familias alrededor del 85,11% y el 14,89% se da en manera de asociaciones (Sarmiento y Carvajal, 2018).

Una de las concesiones más importantes de la parte norte del Ecuador es la concesión minera Río Santiago, misma que se encuentra ubicada entre las provincias Eloy Alfaro y San Lorenzo. Esta concesión ha ocasionado impactos ambientales notorios y el que se observa con mayor frecuencia es la degradación de la cobertura vegetal y la pérdida de fertilización del suelo (García, 2019). En 2017 se llevó a cabo un estudio el cual tuvo como base, determinar si las actividades mineras desarrolladas en ese sector repercuten drásticamente sobre la cobertura vegetal y para ello se comparó con información del año 1998, esta comparación se muestra en la figura 4.

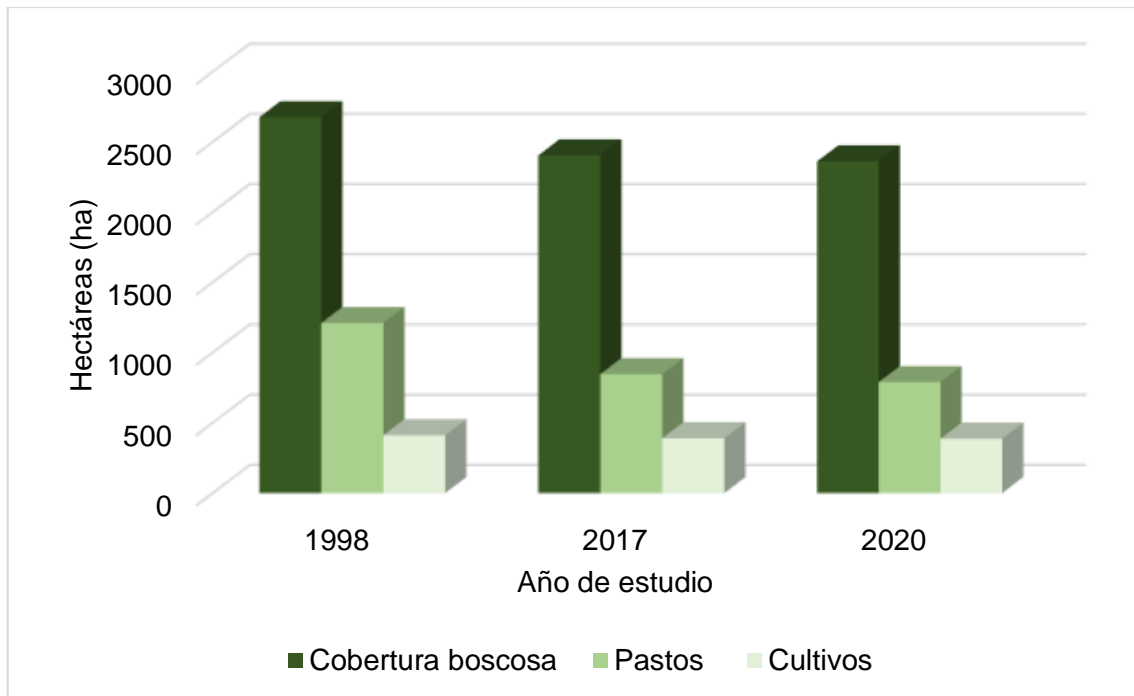


Figura 4. Cobertura vegetal en el cantón San Lorenzo en los años 1998 y 2017 y una proyección de pérdida para el 2020
García, 2019.

En la figura 4 se presentan los cambios que presentó la vegetación en el cantón San Lorenzo desde el año 1998 hasta 2017 a causa de la actividad minera de la concesión Río Santiago, en lo que respecta a la cobertura de bosque de 2675,84 ha pasaron a 2404,04 ha; la vegetación de pastos inicialmente existía 1209,25 ha y quedaron en 845,66 ha; los cultivos pasaron de 411,63 a 390,12 ha. En 2017 ya existía la presencia de explotación minera con una extensión de 559,7 hectáreas simbolizando el 12% del total del territorio (García, 2019). Además, en el estudio se muestra una proyección de 42,91 ha en cobertura boscosa, 56,61 ha de pastos y 3,39 ha de cultivos desde 2017 hasta 2020.

En la tabla 2 se puede observar las hectáreas de vegetación perdidas a causa de actividad minera en el cantón.

Tabla 2. Hectáreas de vegetación perdidas por actividades mineras

Vegetación	Héctareas perdidas	Porcentaje de pérdida
Pastos	267,8	47,85%
Bosque natural	212,03	37,88%
Cultivos	76,35	13,64 %

García, 2019.

En la tabla 2 se muestra que el tipo de vegetación mayormente afectado por las actividades mineras son los pastos, habiéndose perdido el 47,85% de estos, en segundo lugar, está el bosque natural, del cual se perdió un 37,88% y en último lugar los cultivos, deteriorándose el 13,64%. En la zona de estudio, los principales problemas ambientales ocasionados por la minería se denotan en la fragmentación del bosque natural por deforestación, ya que hasta la actualidad existe una tasa de deforestación de 11,16 ha al año (García, 2019).

4.2 Establecimiento de medidas de recuperación de espacios degradados por la actividad minera en el cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas.

Luego del análisis realizado se puede percibir que en el cantón San Lorenzo, existe gran contaminación de los recursos naturales provocada por la explotación minera que se desarrolla en varias zonas del cantón, esto repercute en la vegetación presente, disminuyendo su volumen a medida que se implementan más sectores con dicha actividad. Es por ello que se plantean varias medidas de recuperación de espacios degradados por actividades mineras.

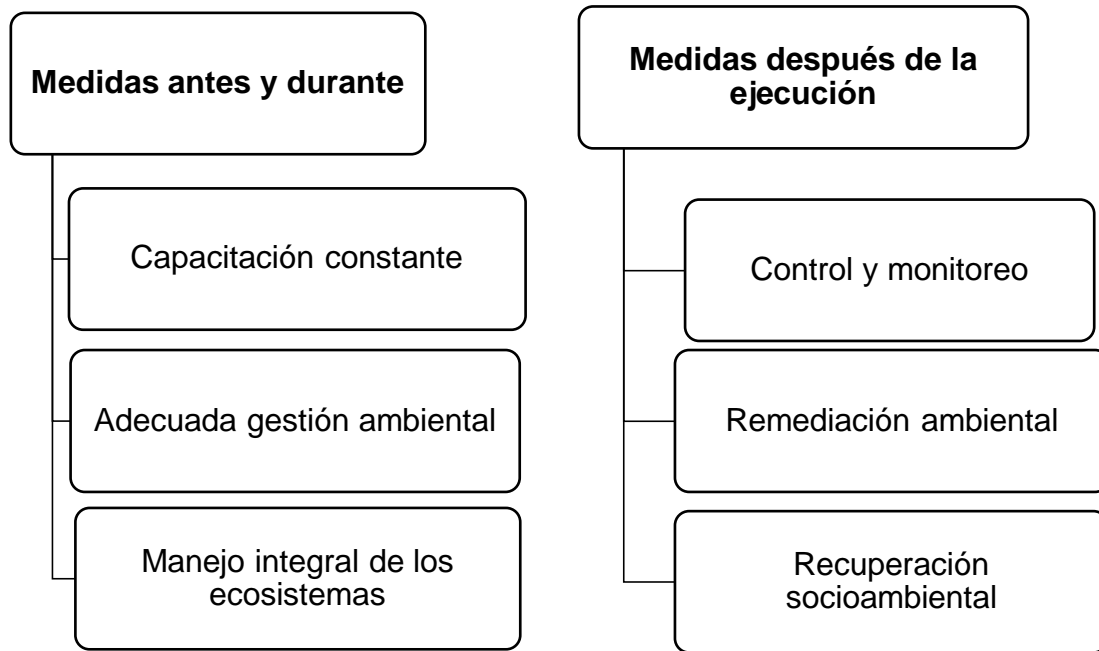


Figura 5. Medidas que se pueden implementar para recuperar espacios afectados por la minería
Ruano, 2022.

En la figura 5 se puede apreciar varias medidas que se pueden tener en cuenta para recuperar espacios alterados por explotación minera, para ello se pueden tomar acciones antes de la extracción y cuando se esté operando el proyecto, entre las acciones se mencionan:

- **Capacitación constante:** Este punto es primordial si se requiere evitar o reducir la contaminación que genera la industria minera, también es necesario si se quiere lograr un buen desempeño del personal que labora en la industria. Los temas de capacitación deben incluir información tanto de las tareas que les serán asignadas, como de los procesos que se pueden incluir para reducir en lo posible los impactos ambientales que se pudieran generar en las actividades mineras, en este sentido, es importante incluir temáticas de problemática ambiental, y métodos de contención y minimización de la contaminación. Otro tema importante es la salud de los trabajadores, por lo que es fundamental brindar información sobre los

equipos de protección personal y todos los riesgos a los que pudieran estar expuestos.

- **Adecuada gestión ambiental:** Este punto debe plantearse antes de iniciar los procesos de operación de la industria, ya que debe incluir los temas como un plan de manejo ambiental que garantice la correcta gestión que se brindará a los recursos suelo, agua, aire y paisaje, tratando de reducir en lo posible el impacto negativo. Se deben adecuar prácticas de mitigación y prevención de impactos.
- **Manejo integral de los ecosistemas:** En este punto la prioridad siempre debe ser la conservación de la flora y fauna que exista en el sitio, impidiendo la modificación del hábitat y adecuando sistemas de contención de la contaminación para que no se extienda a sectores aledaños vulnerables.
- **Control y monitoreo:** En esta fase es imprescindible que se lleve a cabo y riguroso proceso de control de las actividades que se desarrollen, procurando que estas no alteren gravemente las condiciones naturales del sitio, para ello se pueden implementar piscinas de contención de lixiviados, adecuar un lugar para la disposición de los desechos sólidos, reutilizar al agua para otros procesos, además de regularizar todos los procesos que se desarrollen y cumplir con los lineamientos establecidos en las normativas ambientales.
- **Remediación ambiental:** Es necesario realizar estudios antes y después de la explotación minera para conocer el grado de afectación que se produjo en el terreno y áreas aledañas a la zona de extracción, luego de esto se deben aplicar técnicas de remediación que se acoplen a este tipo de actividad, con el fin de recuperar en lo posible las condiciones iniciales del lugar o, en su

defecto, adecuarlo para otorgarle otro uso de suelo que se pueda implementar luego de una extracción minera.

- Recuperación socioambiental: Esta es una parte primordial en las medidas de recuperación de este tipo de espacios, puesto que, además de la contaminación ambiental que se genera en esta actividad, también se perturba la calidad de vida y la salud de las comunidades aledañas, por lo que, ellos deben estar en primer lugar para incluirlos en el proceso de recuperación de zonas afectadas.

5. Conclusiones

Se estableció los impactos ambientales ocasionados por las actividades mineras en el cantón San Lorenzo provincia de Esmeraldas, los impactos identificados sobre el agua se muestran como daños en los acuíferos subterráneos, alteración físico-químico y disminución o muerte de ecosistemas acuáticos; los impactos sobre el suelo alteran la superficie terrestre y la composición de físico-químico del mismo; los impactos sobre el aire se identifican al incrementarse partículas nocivas aumento así los gases de efecto invernadero.

Por otro lado, se concluye que en el cantón San Lorenzo las zonas más afectadas por la actividad minera son los poblados donde las familias de escasos recursos optan por incluir esta actividad en su vida como fuente de subsistencia y las principales parroquias afectadas son Urbina, Tululbí, Santa Rita, Concepción, Cinco de Junio y Alto Tambo, presentando pérdida de cobertura boscosa por deforestación.

Finalmente se estipuló que los planes de recuperación de zonas afectadas por actividades mineras son importantes y necesarios, puesto que esta actividad es potencialmente contaminante para los recursos naturales, así como también para la salud de la población.

6. Glosario

6.2. Sistemas de información geográfica

Los sistemas de información geográfica además comúnmente conocido como GIS por sus siglas en inglés (Geographical Information System), son un grupo de instrumentos que constituye y relaciona diferentes elementos que admiten la organización, almacenamiento, manipulación, estudio y modelización de enormes porciones de datos originarios de todo el mundo real que están ligados a una alusión espacial, haciendo más fácil la unión de puntos sociales-culturales, económicos y del medio ambiente que llevan a la toma de elecciones de una forma más eficaz (Olaya, 2009).

6.3. ArcGIS

ArcGIS es un sistema completo que posibilita recopilar, acomodar, regir, examinar, compartir y repartir información geográfica (Pucha *et al.*, 2017).

6.4. Imágenes satelitales

Son fotografías de satélite producto obtenido por un sensor instalado a bordo de un satélite artificial, por medio de la captación de la radiación electromagnética emitida o irradiada por un cuerpo humano, que más adelante se transmite a estaciones terrenas para su visualización, procesamiento y estudio (Collado, 2001).

6.5. Clasificación supervisada

La clasificación supervisada en ArcGIS posibilita clasificar el ráster mediante cada píxel de una celda, se necesita tener conocimiento sobre las clases del área de análisis (uso presente del suelo) (Willington *et al.*, 2013).

6.6. Cobertura vegetal

La vegetación es la cobertura de plantas salvajes o cultivadas que crecen naturalmente sobre un área de suelo o en un medio acuático (Quichimbo *et al.*, 2012).

6.7. Minería

La minería es el grupo de acciones que se desarrollan en un yacimiento para conseguir recursos de una mina, por medio de la explotación o sustracción de los minerales almacenados en el suelo y subsuelo (Hernández y Ramírez, 2005).

6.8. Minería subterránea

Es la que desarrolla su actividad de explotación en el interior de la tierra a través de túneles, ya sean verticales u horizontales (Banco Central del Ecuador, 2017).

6.9. Minería de superficie

Es la que se desarrolla sobre la superficie de la tierra, de manera progresiva por capas o terrazas en terrenos previamente delimitados (Banco Central del Ecuador, 2017).

6.10. Minería aluvial

Comprenden actividades y operaciones mineras realizadas en riberas o cauces de los ríos; también se emplean métodos de minería aluvial para la extracción de minerales y materiales en terrazas aluviales (Banco Central del Ecuador, 2017).

6.11. Minería por paredones

Es un método de explotación de carbón en fajas delgadas verticales, que son cortadas por medios mecánicos a lo largo de caras o paredes rectas (Banco Central del Ecuador, 2017).

6.12. Minería de pozos de perforación

Se refiere a cualquier perforación del suelo diseñada con el objetivo de hallar y extraer fluido combustible, ya sea petróleo o hidrocarburos gaseosos, tales como el gas y el petróleo (Banco Central del Ecuador, 2017).

6.13. Minería por dragado

Permite obtener materiales situados bajo el océano o ríos, extrayendo los materiales mediante una draga en una barca especialmente preparada para remover el lecho del mar o del río (Banco Central del Ecuador, 2017).

6.14. Matriz de Leopold

La matriz de Leopold es un método cualitativo de evaluación de impacto ambiental creado en 1971, se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural (Bermúdez, 2011).

7. Bibliografía

- Al, F. A., Kareem, S. L., & Saleh, L. A. (2020). Using the Leopold Matrix Procedure to Assess the Environmental Impact of Pollution from Drinking Water Projects in Karbala City, Iraq. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 671(1), 012078. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/671/1/012078>
- Alvarado, G., & Espinoza, I. (2018). *Evaluación temporal del uso y cobertura vegetal del suelo en la subcuenca del río Llavircay y planteamiento de acciones para su manejo y gestión* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15634/1/UPS-CT007683.pdf>
- Alvarado, M., Holwerda, F., González, T., López, E., Gutierrez, W., Roldán, M., Espinosa, M., Mora, M., Martínez, D., & Zavala-Hidalgo, J. (2014). *Evaluando el impacto del cambio de cobertura vegetal sobre el clima regional de una zona tropical de montaña*. <https://doi.org/10.13140/2.1.4239.3600>
- Arevalo, D., & Duarte, J. (2021). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y la degradación en la extensión de la cobertura de páramo – Subcuenca San José—Páramo El Rabanal* [Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33722/2021duvanarevalojuanduarte.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Banco Central del Ecuador. (2017). *La minería ecuatoriana* (p. 4). Banco Central del Ecuador. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla00.pdf>

- Banguera, A. (2014). *Impacto social de la minería ilegal y su repercusión en la salud, y el medio ambiente en el cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas.* [Universidad de Guayaquil].
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7363>
- Barraza, F., Schreck, E., Uzu, G., Lévêque, T., Zouiten, C., Boidot, M., & Maurice, L. (2021). Beyond cadmium accumulation: Distribution of other trace elements in soils and cacao beans in Ecuador. *Environmental Research*, 192, 110241. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110241>
- Bermúdez, C. (2011). *La matriz de Leopold para la evaluación del impacto ambiental.* Academia.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33938635/59130474-La-Matriz-de-Leopold-Guia-Buenazo-docx-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1629086203&Signature=O7NrvZ5ybFC0fbeFiFF0Knlo1O-WU~rr4UjCOUSGT6nu1Vi2Vb~RzNeuOqZxCe2Gt~83CJUCaByBp2w-p7Q4YjXP4F9JebW3Rly~~~pnMrSZgOxIKLuxSPgXGdN2S35Fi3ibNhW082PW~cUu-tE4xGXGQ6rXxBpONgYhGvaD9HSsjHvIXSjIOhMUAAKSM5~pdGOpu3J-92l9qQvS1yoEf2inmL41OsbhcOcOLmGbkM0coh2eGxhsKsR1p32yU6bjFGfpsZzN8hMdTK0glB8JHB2e92xQoge61iE4aiyocLF2xVTkgUaa5Ca1NMH6ac3Mt5b6JfR8WhhzwV2VTcNWw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Bian, Z., Miao, X., Lei, S., Chen, S., Wang, W., & Struthers, S. (2012). The Challenges of Reusing Mining and Mineral-Processing Wastes. *Science*, 337(6095), 702-703. <https://doi.org/10.1126/science.1224757>

- Collado, L. (2001). Los bosques de tierra del fuego. Análisis de su estratificación mediante imágenes satelitales para el inventario forestal de la provincia. *Multequina*, 10, 16.
- Cruz, H., Tapia, M., & Garcia, D. (2021). Corruption in the Security Forces. An Isolated Fact or a Generalization? A Brief Study of the Ecuadorian Case. En M. Botto-Tobar, H. Cruz, & A. Díaz Cadena (Eds.), *Artificial Intelligence, Computer and Software Engineering Advances* (pp. 474-485). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68080-0_35
- Delgado, K. E., & Ramos, Y. P. (2017). *Evaluación del impacto socioambiental causado por la actividad minera en las comunas de Angostura y Playa de Oro, cantón Eloy Alfaro, provincia de Esmeraldas* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7138>
- D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S., & Runyan, C. W. (2013). Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in Water Resources*, 51(4), 326-344. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.01.013>
- Dong, L., Tong, X., Li, X., Zhou, J., Wang, S., & Liu, B. (2019). Some developments and new insights of environmental problems and deep mining strategy for cleaner production in mines. *Journal of Cleaner Production*, 210(5), 1562-1578. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.291>
- Espinosa, C. (2020). *La actividad minera ilegal en el norte de Esmeraldas se realiza en 52 frentes. El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/mineria-ilegal-intensa-prohibiciones-esmeraldas.html>

- Farah, A. F. (2014). *Impacto social de la minería ilegal y su repercusión en la salud, y el medio ambiente en el cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas*. [Thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Comunicación Social].
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7363>
- Fuisz, S.-K. (2015). A three-dimensional framework to explore corporate sustainability activities in the mining industry: Current status and challenges ahead. *Resources Policy*, 46(3), 101-115.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2014.10.009>
- García, J. (2019). *Influencia de las actividades mineras sobre la cobertura vegetal dentro de la concesión río Santiago, cantón Eloy Alfaro y San Lorenzo, provincia de Esmeraldas* [Universidad Técnica del Norte].
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9109>
- Gavriletea, M. D. (2017). Environmental Impacts of Sand Exploitation. Analysis of Sand Market. *Sustainability*, 9(7), 1118. <https://doi.org/10.3390/su9071118>
- Hernández, J., & Ramírez, M. J. (2005). *Introducción a la minería de datos*. Pearson Educación.
http://181.176.223.4/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=15473
- Jiapaer, G., Chen, X., & Bao, A. (2011). A comparison of methods for estimating fractional vegetation cover in arid regions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(12), 1698-1710.
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.07.004>
- Krämer, L. (2020). Rights of Nature and Their Implementation. *Journal for European Environmental & Planning Law*, 17(1), 47-75.
<https://doi.org/10.1163/18760104-01701005>

- Lemus, G. (2019). *Alteración de la cobertura vegetal por la explotación minera en Ciudad Bolívar* [Tesis de grado, Fundación Universitaria los Libertadores]. https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/2712/Lemus_Giovanna_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lewis, J., Hoover, J., & MacKenzie, D. (2017). Mining and Environmental Health Disparities in Native American Communities. *Current Environmental Health Reports*, 4(2), 130-141. <https://doi.org/10.1007/s40572-017-0140-5>
- Li, W., Ciais, P., MacBean, N., Peng, S., Defourny, P., & Bontemps, S. (2016). Major forest changes and land cover transitions based on plant functional types derived from the ESA CCI Land Cover product. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 47(3), 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.12.006>
- Longjun, D., Xiaojie, T., Xibing, L., Jian, X., Shaofeng, W., & Bing, L. (2019). Some developments and new insights of environmental problems and deep mining strategy for cleaner production in mines. *Journal of Cleaner Production*, 210, 1562-1578. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.291>
- Loredo, E., Ceballos, S., Castro, M., González, G., Gaytán, G., Hernández, H., & Cantú, M. (2020). Análisis de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo en la región centro-norte de México. El caso de la cuenca baja del río Nazas. *Ecosistemas*, 29(1), 1826-1826. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1826>
- Mejía, J. (2016). *Análisis multitemporal utilizando técnicas de Teledetección de la pérdida de cobertura vegetal por causa de la minería ilegal en el Bajo Cauca Antioqueño* [Universidad Militar Nueva Granada]. <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/15543>

- Mestanza-Ramón, C., D'Orio, G., & Straface, S. (2021). Gold mining in Ecuador: Innovative recommendations for the management and remediation of mercury-contaminated waters. *Green World Journal*, 4, 11. <https://doi.org/10.53313/gwj42028>
- Meza Delgado, A. F. (2013). *Estudio de Impacto Ambiental Expost y elaboración del Plan de Manejo para la obtención de la Licencia Ambiental del Proyecto Minero río Huimbí* [Quito: UCE.]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/869>
- Miyasiro, M., & Ortiz, M. (2016). *Estimación mediante la teledetección de la variación de la cobertura vegetal en las lomas del distrito de Villa María del Triunfo por la expansión urbana y minera (1986-2014)* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5281>
- Molinero, J., Barrado, M., Guijarro, M., Ortiz, M., Carnicer, O., & Zuazagoitia, D. (2019). The Teaone River: A snapshot of a tropical river from the coastal region of Ecuador. *Limnetica*, 38(2), 587-605. <https://doi.org/10.23818/limn.38.34>
- Neira, S. P., Meza, P. A., Neira, S. P., & Meza, P. A. (2021). Contact Waters, Effects on Mining and the Environment. *Revista de la Facultad de Derecho*, 50. <https://doi.org/10.22187/rfd2020n50a6>
- Olaya, V. (2009). Sistemas de Información Geográfica. *Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano*, 8, 15.
- Ordeñana, X., & Dominguez, J. (2012). *La Minería a Gran Escala en Ecuador: Beneficios y Amenazas*. <https://www.espae.edu.ec/publicaciones/la-mineria-a-gran-escala-en-ecuador-beneficios-y-amenazas/>

- Owusu, F., Mantey, J., Nyarko, K. B., Appiah, E., & Aubynn, A. (2018). Spatial distribution patterns of illegal artisanal small scale gold mining (Galamsey) operations in Ghana: A focus on the Western Region. *Heliyon*, 4(2), e00534. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00534>
- Pal, S., & Mandal, I. (2017). Impacts of Stone Mining and Crushing on Stream Characters and Vegetation Health of Dwarka River Basin of Jharkhand and West Bengal, Eastern India. *Journal of Environmental Geography*, 10(1-2), 11-21. <https://doi.org/10.1515/jengeo-2017-0002>
- Peña, G. (2019). *Alteración de la cobertura vegetal por la explotación minera en Ciudad Bolívar* [Fundación Universitaria los Libertadores]. <https://repository.libertadores.edu.co/handle/11371/2712>
- Prevedello, J. A., Winck, G. R., Weber, M. M., Nichols, E., & Sinervo, B. (2019). Impacts of forestation and deforestation on local temperature across the globe. *PLOS ONE*, 14(3), e0213368. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213368>
- Pucha, F., Fries, A., Cánovas, F., Oñate, F., González, V., & Pucha, D. (2017). *Fundamentos de SIG: Aplicaciones con ArcGIS*. Franz Pucha Cofrep.
- Quichimbo, P., Tenorio, G., Borja, P., Cárdenas, I., Crespo, P., & Célleri, R. (2012). Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: Páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador. *Suelos Ecuatoriales*, 42, 138-156.
- Roy, B. A., Zorrilla, M., Endara, L., Thomas, D. C., Vandegrift, R., Rubenstein, J. M., Policha, T., Ríos-Touma, B., & Read, M. (2018). New Mining Concessions Could Severely Decrease Biodiversity and Ecosystem Services

- in Ecuador. *Tropical Conservation Science*, 11, 1940082918780427.
<https://doi.org/10.1177/1940082918780427>
- Sarmiento, D. V., & Carvajal, K. L. (2018). *Estrategia de regularización de actividades mineras en los cantones San Lorenzo y Eloy Alfaro, como alternativa a mejorar las condiciones de vida, salud y ambiente de las poblaciones de influencia directa* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8415>
- Sierra, R. (2013). Traditional resource-use systems and tropical deforestation in a multi-ethnic region in North-West Ecuador. *Environmental Conservation*, 26(2), 136-145. <https://doi.org/10.1017/S0376892999000181>
- Tambo, J. (2013). La minería avanza sin freno en Esmeraldas. *GK*. Obtenido de <https://gk.city/2018/05/13/mineria-norte-esmeraldas/>
- Tancara, C. (1993). La investigación documental. *Temas Sociales*, 17, 91-106.
- Tian, S., Liang, T., & Li, K. (2019). Fine road dust contamination in a mining area presents a likely air pollution hotspot and threat to human health. *Environment International*, 128, 201-209.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.050>
- Unanaonwi, O. E., & Amonum, J. I. (2017). Effect of Mining Activities on Vegetation Composition and nutrient status of Forest Soil in Benue Cement Company, Benue State, Nigeria. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 2(1), 297-305. <https://doi.org/10.22161/ijeab/2.1.39>
- White, R. (2013). Resource extraction leaves something behind: Environmental justice and mining. *International Journal for Crime, Justice and Social Democracy*, 2(1), 50-64. <https://doi.org/10.3316/informit.122679501390441>

- Willington, E. A., Nolasco, M., & Bocco, M. (2013). *Clasificación supervisada de suelos de uso agrícola en la zona central de Córdoba (Argentina): Comparación de distintos algoritmos sobre imágenes Landsat*. V Congreso Argentino de AgroInformática (CAI) - JAIIO 42 (2013). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/93581>
- Yang, Y., Erskine, P. D., Lechner, A. M., Mulligan, D., Zhang, S., & Wang, Z. (2018). Detecting the dynamics of vegetation disturbance and recovery in surface mining area via Landsat imagery and LandTrendr algorithm. *Journal of Cleaner Production*, 178(3), 353-362. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.050>
- Zapata, J., Galarza, J., Yáñez, M., Toulkeridis, T., Zapata, A., & Ordoñez, E. (2020). Determination of the Natural Plant Coverage of the Eloy Alfaro Canton Based on GIS, NW Ecuador. *2020 Seventh International Conference on eDemocracy eGovernment (ICEDEG)*, 175-182. <https://doi.org/10.1109/ICEDEG48599.2020.9096857>

8. Anexos

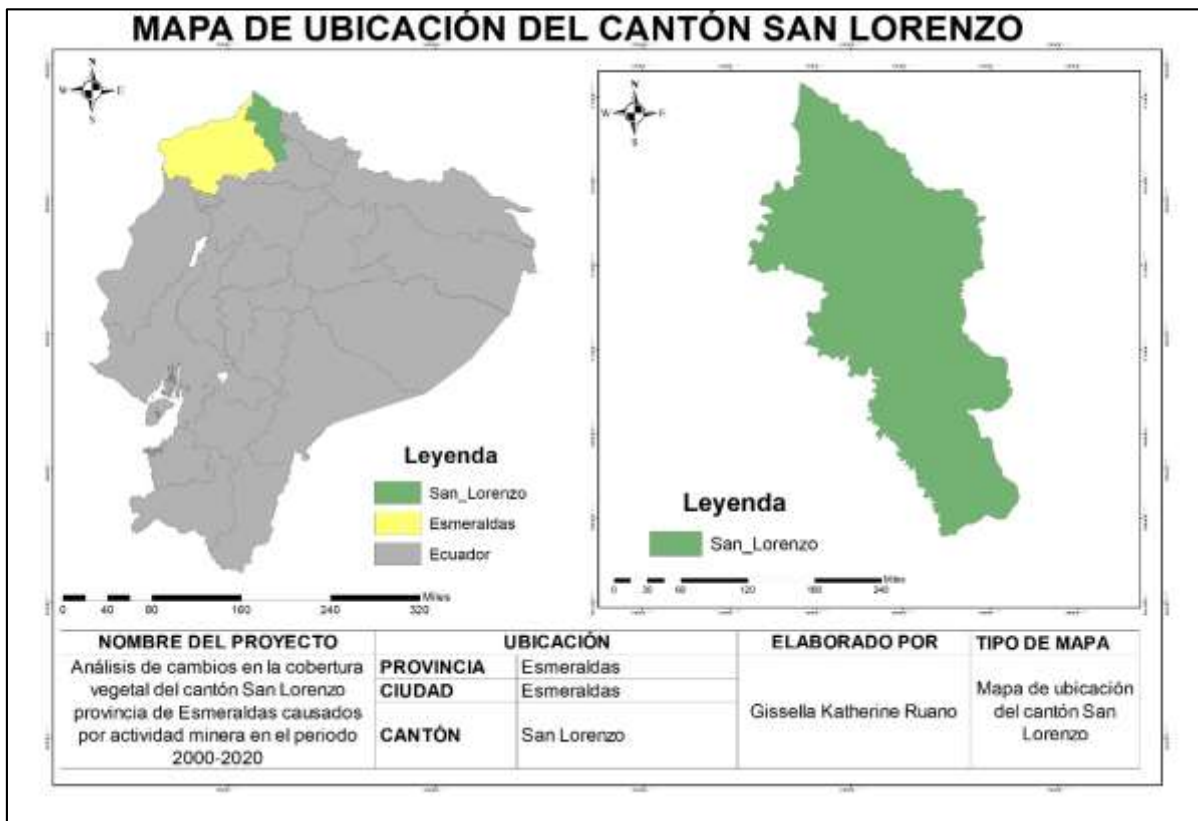


Figura 6. Mapa de delimitación de la zona de estudio Ruano, 2022.

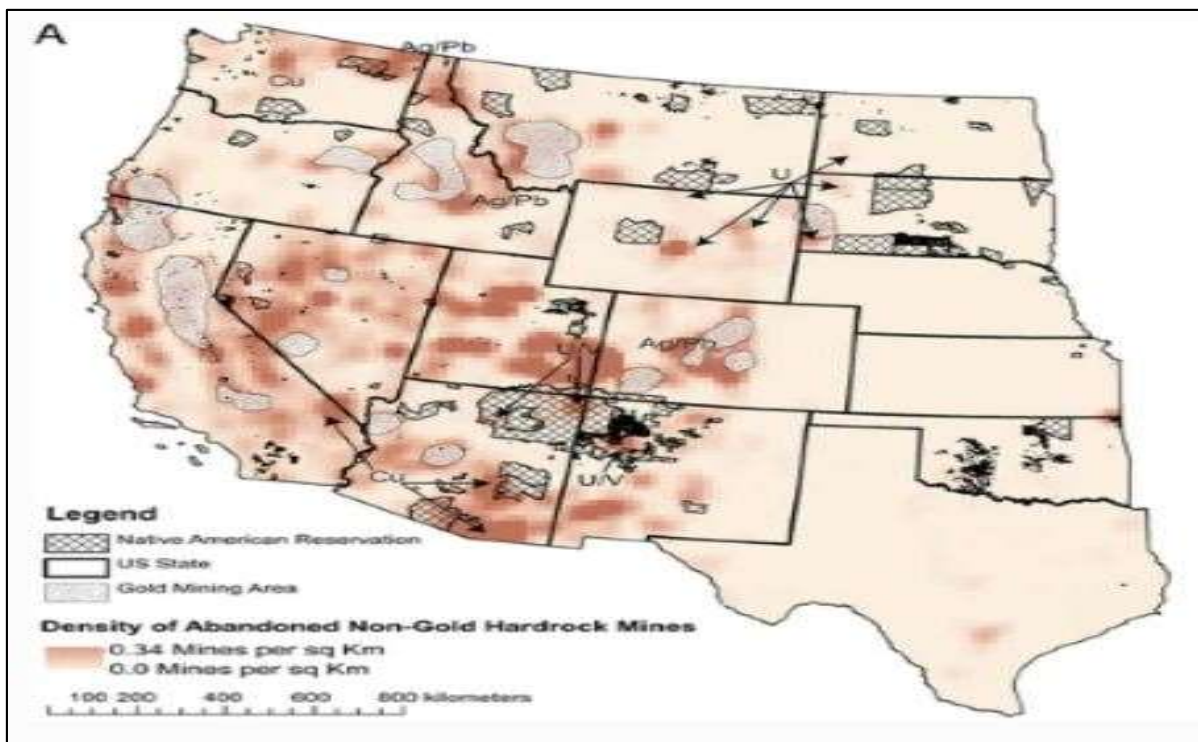


Figura 7. Minas metálicas en Estados Unidos Lewis et al., 2017.

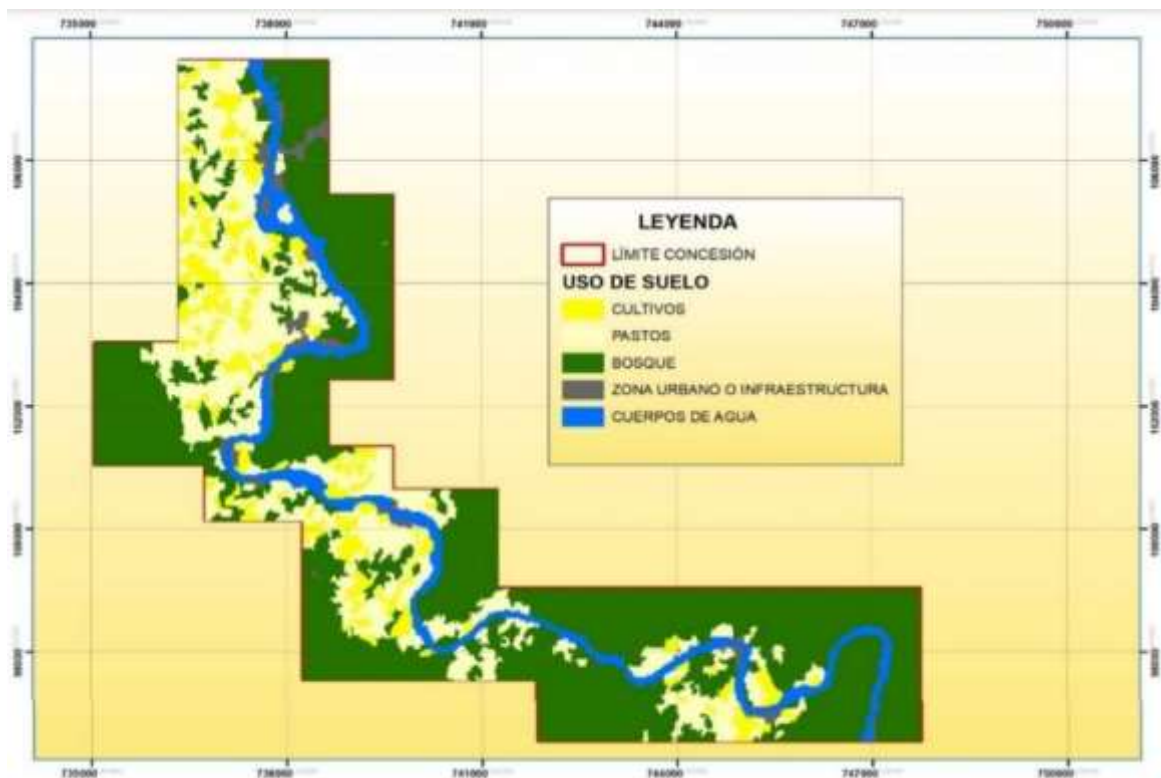


Figura 8. Vegetación en concesión Río Santiago año 1998
García, 2019.

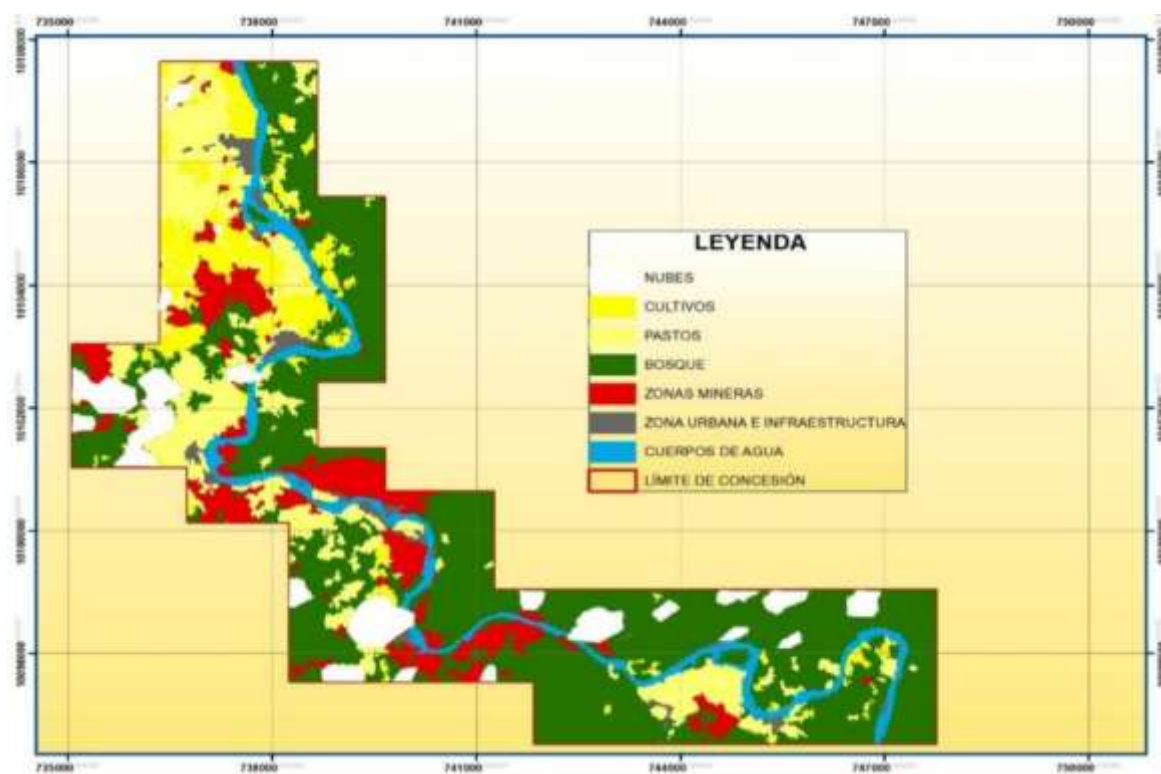


Figura 9. Vegetación en la concesión Río Santiago año 2017
García, 2019.

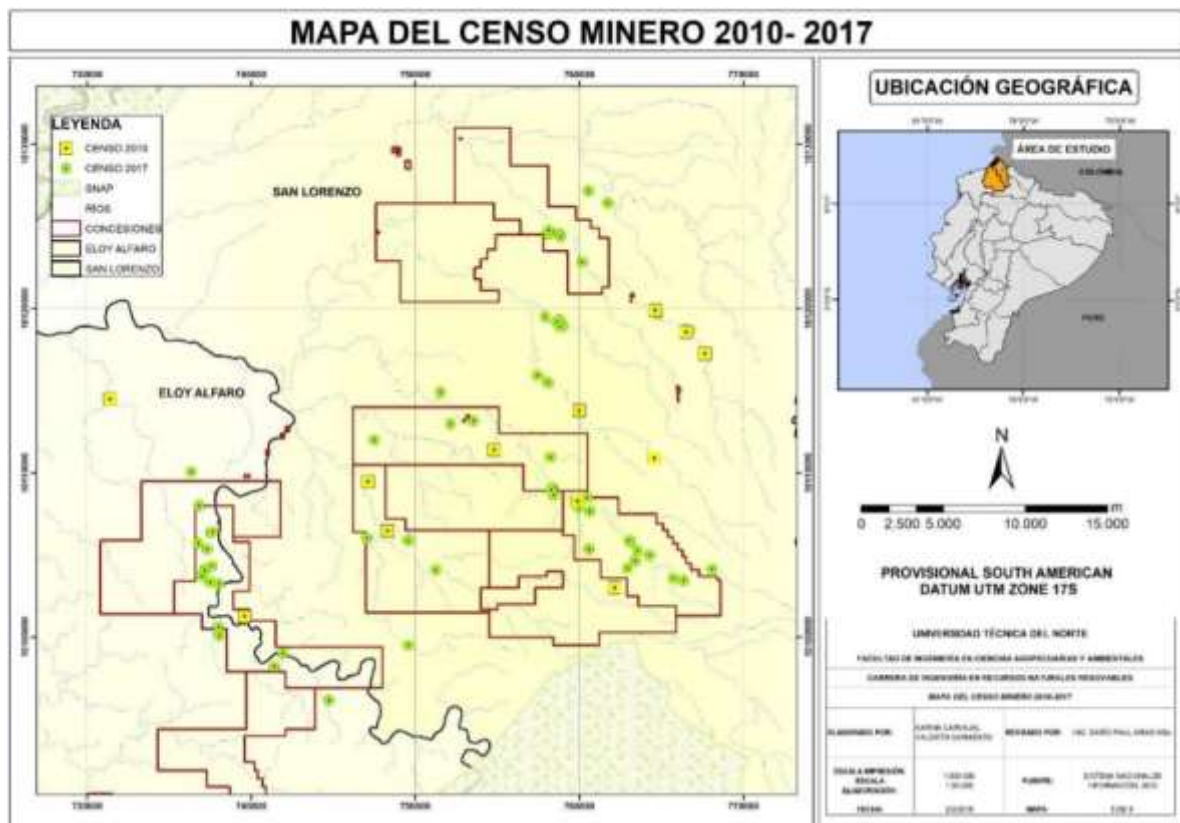


Figura 10. Comparación zona minera en 2010 y 2017 en el cantón San Lorenzo García, 2019.