



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

**“ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS POR EL
CAMBIO DE USO DEL SUELO EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL
RÍO LITA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

AUTORES:

Espinoza Viveros Viviana Daniela

Varela Guevara Jimmy Alexander

DIRECTOR:

Ing. Oscar Armando Rosales Enríquez, MSc.

DICIEMBRE, 2021



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE
TITULACIÓN

Ibarra, 06 diciembre del 2021

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: "ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS POR EL CAMBIO DE USO DEL SUELO EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LITA", de autoría de la señorita Espinoza Viveros Viviana Daniela y del señor Varela Guevara Jimmy Alexander estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que los autores han procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

MSc. Oscar Rosales
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

MSc. Melissa Layana
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

MSc. Gabriel Jácome
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TRITULACIÓN

Misión Institucional:

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	1003613724	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	VARELA GUEVARA JIMMY ALEXANDER	
DIRECCIÓN:		Ibarra	
EMAIL:		javarelag@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	063015866	TELÉFONO MÓVIL:	0967838635

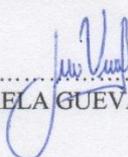
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS POR EL CAMBIO DE USO DEL SUELO EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LITA
AUTOR (ES):	ESPINOZA VIVEROS VIVIANA DANIELA VARELA GUEVARA JIMMY ALEXANDER
FECHA: DD/MM/AAAA	06/12/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Oscar Rosales MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 06 días del mes de diciembre de 2021

EL AUTOR:


.....
VARELA GUEVARA JIMMY ALEXANDER



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	1004156137	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	ESPINOZA VIVEROS VIVIANA DANIELA	
DIRECCIÓN:		Ibarra	
EMAIL:		vdespinozav@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	062631858	TELÉFONO MÓVIL:	0980500633

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS POR EL CAMBIO DE USO DEL SUELO EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LITA
AUTOR (ES):	ESPINOZA VIVEROS VIVIANA DANIELA VARELA GUEVARA JIMMY ALEXANDER
FECHA: DD/MM/AAAA	06/12/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Oscar Rosales MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 06 días del mes de diciembre de 2021

EL AUTOR:


.....
ESPINOZA VIVEROS VIVIANA DANIELA

AGRADECIMIENTO

En este apartado queremos agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron con nosotros a lo largo de nuestra formación académica. Estas palabras son para ustedes.

A Dios por brindarnos fortaleza, sabiduría, salud y ser nuestro guía para poder culminar esta etapa.

A nuestros padres por ser los principales impulsores de nuestros sueños y los mejores guías de vida, quienes con su esfuerzo y dedicación fueron un pilar fundamental para nuestra formación personal y académica.

A nuestro director de tesis Msc. Oscar Rosales por su apoyo incondicional desde el primer momento en que nos acogió como tesistas, que gracias a su entrega y dedicación se lograron los objetivos propuestos. Asimismo, a nuestros asesores Msc. Gabriel Jácome y Msc. Paúl Arias, por brindarnos sus conocimientos a través de las observaciones y sugerencias que fueron un gran apoyo para el desarrollo y culminación del trabajo de titulación.

A nuestros compañeros y amigos que han formado parte de este proceso formativo, de una manera especial a Mariana Galiano por acompañarnos en esta maravillosa aventura llena de momentos difíciles, alegres, tristes y nunca dejar de creer en nosotros.

Gracias infinitas y de todo corazón, Viviana y Jimmy

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación lo dedico de todo corazón...

A Dios porque me ha llenado de muchas bendiciones, y me ha brindado mucha fuerza para no rendirme en el camino y poder lograr mi sueño.

A mis amados padres Cecilia y Daniel quienes han luchado y trabajado con mucho esfuerzo para que nunca nada me falte, han inculcado en mí, principios y valores para convertirme en una persona de bien, me han llenado de su gran amor infinito e incondicional y, sobre todo, porque nunca han dejado de apoyarme y rezar por mí en los momentos más difíciles.

A mis hermanitos Nahomi, Edison y Emily porque jamás han dejado de creer en mí y me han inspirado a convertirme en un gran ejemplo para ellos.

A las maravillosas amigas que conocí en la universidad, Vero, Anita Thaly, Marianita y a mi mejor amigo Jimmy con los que he compartido hermosos momentos y que han estado conmigo en las buenas, en las malas, brindándome su apoyo, consejos y enseñanzas.

Viviana Daniela Espinoza Viveros

DEDICATORIA

Para todas las personas que creyeron en mí y me han apoyado en todo este proceso, este trabajo va dedicado a ustedes

Primeramente, a Dios por ser mi guía y llenarme de bendiciones a lo largo de mi vida y carrera universitaria.

A mis padres Estelita y Wilson por la constante lucha y apoyo incondicional demostrando día a día el gran amor y la unión familiar, además por inculcarme valores y principios que cada día me hicieron ser mejor hijo, hermano y persona.

A mis hermanos Libeya y Endis por el cariño, apoyo y ser mis compañeros de vida, quienes son mi motor principal para cada día salir adelante.

A mis abuelitos maternos Elvia y Raúl, quienes fueron los primeros impulsores de mis sueños y han estado presentes en cada etapa de mi vida, de los cuales me llevo las primeras enseñanzas y la inspiración para cumplir mis metas.

A Sole C., Nathy C., Marianita G. y Danilo A., amigos que se volvieron familia y han estado presentes a lo largo de mi carrera y me han entregado su cariño y apoyo incondicional, en especial a la mejor persona que se cruzó en mi camino y compartimos hasta el último proceso académico, este trabajo es contigo y para ti Vivi.

Jimmy Alexander Varela Guevara

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1. Revisión de antecedentes o estado del arte.....	1
1.2. Problema de investigación y justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo general	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	6
1.4. Pregunta directriz de la investigación	6
CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. Marco teórico referencial	7
2.1.1. Cambio de uso del suelo (CUS) e impactos	7
2.1.1.1. Cambios de uso del suelo en las cuencas hidrográficas	8
2.1.2. Teledetección y CUS.....	8
2.1.2.1. Clasificación de imágenes satelitales	8
2.1.2.2. Clasificación supervisada	9
2.1.2.3. Validación de la clasificación	9
2.1.3. Impacto ambiental.....	10
2.1.4. Impactos ambientales ocasionados por la minería.....	10
2.1.5. Evaluación de impacto ambiental	11
2.1.6. Proyección de escenarios futuros.....	12
2.2. Marco legal.....	12
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	15
3.1. Descripción del área de estudio	15
3.1.1. Hidrología.....	16

3.1.2. Clima	17
3.1.3. Suelos	18
3.1.4. Cobertura vegetal	19
3.1.5. Componente sociocultural	20
3.1.6. Actividades productivas	21
3.2. Métodos	23
3.2.1. Análisis de los cambios en el uso del suelo durante los años 1996 y 2017.	23
3.2.1.1. Delimitación del área de estudio	23
3.2.1.3. Tratamiento de imágenes.....	24
3.2.1.4. Clasificación de imágenes satelitales.	24
3.2.1.5. Matriz de cambios de uso	25
3.2.1.6. Verificación y validación de coberturas	25
3.2.2. Evaluación de los impactos ambientales generados por el cambio de uso del suelo.....	26
3.2.2.1. Determinación de la importancia de los impactos	26
3.2.3. Determinación de los impactos futuros bajo un escenario de uso de suelo proyectado	31
3.2.3.1. Preparación de insumos.....	31
3.2.3.2. Aplicación del modelo de proyección.....	33
3.2.3.3. Validación de la proyección	33
3.2.3.4. Análisis de causas subyacentes del CUS.....	33
3.3. Materiales y equipos	34
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1. Análisis de los cambios en el uso del suelo durante los años 1996 y 2017 ..	35
4.1.1. Validación de la clasificación supervisada de los años 1996 y 2017.....	35
4.1.2. Cambios en el uso del suelo durante los años 1996 y 2017	35

4.2. Evaluación de los impactos ambientales generados por el cambio de uso del suelo.....	40
4.2.1. Agricultura.....	40
4.2.2. Ganadería.....	42
4.2.3. Minería	45
4.3. Determinación de los impactos futuros bajo un escenario de uso de suelo proyectado	47
4.3.1. Análisis de causas subyacentes del CUS.....	49
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1. Conclusiones.....	52
5.2. Recomendaciones	53
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del tipo de minería de acuerdo con los niveles de producción	10
Tabla 2. Metodologías para la identificación y valoración de impactos ambientales	11
Tabla 3. Tipos de modelos que utilizados para realizar una proyección futura ...	12
Tabla 4. Parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica del río Lita.	16
Tabla 5. Concesiones mineras Lita	23
Tabla 6. Imágenes satelitales	24
Tabla 7. Cobertura y usos de suelo del área de estudio	25
Tabla 8. Clasificación, definición y valores asignados para la Intensidad dentro de la Matriz de Importancia.	27
Tabla 9. Clasificación, definición y valores asignados para la Extensión dentro de la Matriz de Importancia.	28
Tabla 10. Clasificación, rangos y valores asignados para el Momento dentro de la Matriz de Importancia.	28
Tabla 11. Clasificación, rangos y valores asignados para la Persistencia dentro de la Matriz de Importancia.	28
Tabla 12. Clasificación, definición y valores asignados para la Recuperabilidad dentro de la Matriz de Importancia.....	29
Tabla 13. Clasificación y valores asignados para la Sinergia dentro de la Matriz de Importancia.....	29
Tabla 14. Clasificación, definición y valores asignados para la Acumulación dentro de la Matriz de Importancia	29
Tabla 15. Clasificación, definición y valores asignados para el Efecto dentro de la Matriz de Importancia.	30
Tabla 16. Clasificación y valores asignados para la Periodicidad dentro de la Matriz de Importancia.	30
Tabla 17. Clasificación, rangos y valores asignados para la Reversibilidad dentro de la Matriz de Importancia.	30
Tabla 18. Clasificación y ponderación (Tipo de impacto) de la Matriz de determinación de importancia.	31

Tabla 19. Características que deben mantener los raster para ser usados en Terrset	31
Tabla 20. Materiales y equipos.....	34
Tabla 21. Área de diferentes tipos de cobertura y variación entre los años 1996 y 2017	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Lita	15
Figura 2. Hidrología de la cuenca hidrográfica del río Lita.....	17
Figura 3. Clima de la cuenca hidrográfica del río Lita	18
Figura 4. Suelos de la cuenca hidrográfica del río Lita	19
Figura 5. Zonas de vida de la cuenca hidrográfica del río Lita.....	20
Figura 6. Concesiones mineras ubicadas en la cuenca hidrográfica del río Lita .	22
Figura 7. Flujograma del proceso de corrección de imágenes, clasificación supervisada y validación	26
Figura 8. Áreas protegidas dentro del área de estudio.....	32
Figura 9. Ejemplo de matriz de impactos presentes y futuros de las causas subyacentes del CUS	34
Figura 10. Clasificación supervisada de los años 1996 y 2017 del área de estudio	36
Figura 11. Resultados de la evaluación de impactos ambientales de la actividad agrícola.....	41
Figura 12. Actividad agrícola en la cuenca hidrográfica del río Lita: a) Preparación del suelo y degradación del recurso, b) Quema de rastrojos y c) Uso de agroquímicos	42
Figura 13. Resultados de la evaluación de impactos ambientales de la actividad ganadera	43
Figura 14. Actividad ganadera en la cuenca hidrográfica del río Lita: a) Desbroce de vegetación para incremento de pastos, b) Mosaico agropecuario y c) Pastoreo de ganado vacuno.....	44
Figura 15. Resultados de la evaluación de impactos ambientales de la actividad minera	45
Figura 16. Impactos ambientales de la actividad minera en la parroquia La Merced de Buenos Aires: a) Pérdida de cobertura vegetal y modificación del paisaje y b) Contaminación del suelo.....	46
Figura 17. Variación en la superficie de las coberturas durante los años 1996, 2017 y la proyección a 2038	48
Figura 18. Escenario de uso del suelo proyectado para el año 2038	49

Figura 19. Matriz de impactos presentes y futuros subyacentes del CUS en la cuenca hidrográfica del río Lita..... 50

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS POR EL
CAMBIO DE USO DEL SUELO EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL
RÍO LITA

Espinoza Viveros Viviana Daniela

Varela Guevara Jimmy Alexander

RESUMEN

El cambio en el uso del suelo (CUS) es la manifestación más directa de los efectos de la actividad antrópica en los ecosistemas naturales. En el presente trabajo de investigación se analizó los impactos ambientales causados por el CUS en la cuenca hidrográfica del río Lita. Para ello se realizó un análisis multitemporal a partir de imágenes satelitales de los años 1996 y 2017, mismas que pasaron por un proceso de corrección tanto radiométrica como geométrica para posteriormente elaborar una clasificación supervisada y obtener los mapas de usos de suelo para los dos años de estudio. Como resultado se obtuvo 7 diferentes tipos de cobertura vegetal, de la cual se evidenció una pérdida del 11,64% de bosques al mismo tiempo que hubo un aumento en las áreas de cultivos y pastos con un 2,99% y 4,28% respectivamente. Además, con la aplicación del método cualitativo de evaluación de impactos ambientales propuesto por Conesa Fernández se han identificado y evaluado los diferentes procesos que se llevan a cabo en las actividades agrícola, ganadera y minera, y cómo estos afectan a los diferentes componentes ambientales. Como resultados se obtuvo que, para la matriz de la actividad agrícola, 3 de los impactos son severos, 23 moderados, 26 irrelevantes y 12 positivos, mientras que para la actividad ganadera se obtuvieron 3 impactos severos, 7 moderados, 13 irrelevantes y 6 positivos y en la actividad minera 1 impacto crítico, 14 severos, 24 moderados, 11 irrelevantes y 5 positivos. Finalmente, se proyectó un escenario futuro de CUS al 2038 en el cual se mostró una pérdida de 7,24% de bosque y un constante incremento en pastos y cultivos a partir del 2017, tendencia de cambio que se mantiene desde el año 1996, problemática que tiene relación con el crecimiento demográfico y la demanda de recursos naturales que esto conlleva.

Palabras clave: cambio de uso del suelo, actividad antrópica, imágenes satelitales, impacto ambiental, escenario futuro

ABSTRACT

Land use change (LUC) is the most direct manifestation of the effects of anthropic activity on natural ecosystems. In this investigation, the environmental impacts caused by LUC in the Lita river basin were analyzed. For this purpose, a multitemporal analysis was carried out from satellite images of the years 1996 and 2017, which went through a correction process both radiometric and geometric to subsequently develop a supervised classification and obtain the land use maps for the two years of study. As a result, 7 different types of vegetation cover were obtained, of which a loss of 11.64% of forests was evidenced at the same time that there was an increase in crop and pasture areas with 2.99% and 4.28% respectively. In addition, with the application of the qualitative method for evaluating environmental impacts proposed by Conesa Fernández, the different processes carried out in agricultural, livestock and mining activities have been identified and evaluated, and how they affect the different environmental components. The results showed that, for the agricultural activity matrix, 3 of the impacts are severe, 23 moderate, 26 irrelevant and 12 positive, while for the livestock activity, 3 severe, 7 moderate, 13 irrelevant and 6 positive impacts were obtained, and for the mining activity, 1 critical impact, 14 severe, 24 moderate, 11 irrelevant and 5 positive. Finally, a future LUC scenario was projected to 2038, showing a loss of 7.24% of forest and a constant increase in pastures and crops as of 2017, a trend of change that has been maintained since 1996, a problem that is related to population growth and the demand for natural resources that this entails.

Key words: land use change, anthropic activity, satellite images, environmental impact, future scenario

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Revisión de antecedentes o estado del arte

El componente principal de los ecosistemas es la cobertura vegetal y ocupa aproximadamente el 70% de la superficie terrestre, recurso natural que enfrenta un proceso de transformación debido a la creciente necesidad de satisfacciones humanas (Delgado et al., 2017; Zhang et al., 2019). De esta forma alrededor del 50% de la superficie terrestre ha sido modificada principalmente por el cambio en el uso del suelo (CUS), siendo ésta la manifestación más directa de los efectos de la actividad antrópica en el ecosistema natural. Este cambio puede causar modificaciones en los patrones de paisaje, así como la disposición espacial de varios elementos de diferentes tamaños y formas del mismo (Falcón, 2014; Hooke et al., 2012; Liu et al., 2014). El CUS constituye la expresión espacial más obvia de las actividades humanas y son considerados unas de las causas más importantes de la degradación ambiental a nivel mundial, además de afectar el suministro de los servicios ecosistémicos (Aldana y Bosque, 2008; Reyes y Sahagún, 2018).

En América Latina la explotación de los recursos naturales se inserta dentro de la economía mundial ya que, desde la época colonial hasta la actualidad, la base económica se vincula a los procesos de exportación de materias primas y minerales (Valdez y Cisneros, 2020). En este contexto, en los países latinos se encuentra un alto potencial mineral y ha sido el principal foco de inversión internacional a partir de la primera década del año 2000. A partir de entonces la frontera minera crece en territorio ya sea de forma legal o ilegal, dejando a su paso alteraciones en la estructura y composición de los bosques nativos (Organización de Conflictos Mineros en América Latina [OCMAL], 2019; Walter et al., 2016).

Por otra parte, López et al. (2014) demostraron que los impactos asociados al cambio de uso del suelo debido a las diferentes actividades antrópicas se evidencian en la transformación de bosque a pastizales, de pastizal a agricultura, donde se tiene una

ganancia de la frontera agrícola, además, el cambio de agricultura al de asentamientos humanos que indica un crecimiento de zona urbana. El cambio de modo de vida humano afecta en el uso del suelo, debido a la creciente necesidad de satisfacción y modernización.

Las herramientas de teledetección y el uso de imágenes satelitales son de vital importancia al momento de evaluar la fragmentación y deforestación debido al CUS ya que permiten valorar los impactos a través del tiempo, para de esta forma conocer el grado de amenaza de un ecosistema (Obodai et al., 2018; Rodríguez et al., 2018). La mayoría de los estudios relacionados con la evaluación de la correlación entre el cambio de cobertura vegetal y las diferentes actividades productivas, se han basado en datos satelitales (Hengkai et al., 2020).

En un estudio realizado por Altamirano y Lara (2010) aplicaron el método de Teledetección para determinar los cambios en la cobertura vegetal de la región Andina del Mule en Chile en el período 1989 – 2003; sus resultados demuestran que el bosque nativo se ha reducido en un 44%, el cual ha sido reemplazado en un 29% por cobertura de matorral y el restante por plantaciones de especies exóticas y zonas destinadas para agricultura. Por otra parte, Garai y Narayana (2018) realizaron un estudio en el campo de carbón del valle de Godavari (India) en el cual se aplicaron imágenes Landsat para evaluar el cambio de uso de suelo en áreas de minería, obteniendo como resultado que la disminución de la cobertura forestal de 36,38% a 31,67% entre 1990 y 2014 se debió al aumento de las áreas de minería de un 0,04% a 0,23% durante el periodo de estudio. Así mismo, Obodai et al. (2018) mencionan que en la cuenca hidrográfica del río Ankobra en Ghana, los cambios en los patrones de su paisaje se debieron al aumento de áreas de minería.

En cuanto al Ecuador, el estudio del uso de suelo aproximadamente empezó cuando se realizó un inventario de recursos naturales renovables con diferentes mapas en 1975 (Montaño, 2018). En las últimas décadas los usos del suelo del país han enfrentado transformaciones como resultado del avance de la frontera agrícola, un acelerado y

desordenado crecimiento de las áreas urbanas y la presión humana sobre el territorio (Sierra, 2013). Asimismo, la extracción de minerales a su paso ha dejado huella como las modificaciones en los ecosistemas terrestres y acuáticos, además de generar conflictos socio ambientales, ya que las personas y organizaciones buscan principalmente proteger territorios naturales y ancestrales (Adler et al., 2013; Avcı y Fernández, 2016).

Pinos (2016) demuestra como el uso del suelo del cantón Cuenca cambia en un periodo de 10 años (1991 – 2001), las coberturas que registran una mayor disminución de superficie son el páramo y bosque, al mismo tiempo que ha habido un aumento en las coberturas de pastos y cultivos, tendencia que se mantiene en su predicción al año 2030. Este modelo de proyecciones a futuro ha sido muy utilizado debido a la importancia que radica en la toma de decisiones respecto al aprovechamiento y conservación de los recursos naturales (Pérez et al., 2011).

Asimismo, Fagua y Ramsey (2019) en su estudio desarrollado en la Ecorregión Global Choco-Darién ubicado al noroeste del Ecuador y muestran en sus resultados que los bosques redujeron un 3% de su extensión desde el año 2002 hasta el 2015, donde el 98% de deforestación se dio por conversión agrícola y pastizales para pastoreo de ganado doméstico y el 1% para establecimiento de infraestructura urbana. Por su parte el Ministerio del Ambiente (MAE, 2017) presentó un informe sobre la deforestación en Ecuador continental y muestra que la tasa de deforestación en el país hasta el año 2016 es de 94500 ha/año con un incremento del 28% anual.

1.2. Problema de investigación y justificación

Las actividades antrópicas han ocasionado cambios en el uso del suelo los cuales han generado algunos impactos negativos tanto en el suministro de los servicios ecosistémicos como en la biodiversidad, además de acelerar el cambio climático por emisiones de gases de efecto invernadero (Reyes y Sahagún, 2018). Del mismo modo, Aldana y Bosque (2008) mencionan que los cambios de usos del suelo constituyen la

expresión espacial más obvia de las actividades humanas y son considerados unas de las causas más importantes de la degradación ambiental a nivel mundial.

En la costa del estado Oaxaca en México se demostró que los bosques, manglares y selvas han sido severamente transformados por las actividades antrópicas ya que se han perdido 18 402 hectáreas de selva, 420 hectáreas de manglares y 369 hectáreas de bosques (Leija et al., 2016). En Chile las principales transformaciones del paisaje han sido a causa del desarrollo forestal, donde se ha comprobado que en el centro sur del país la pérdida del bosque nativo se debe principalmente a la expansión de las plantaciones forestales hacia los cordones montañosos andinos y costeros (Aguayo et al., 2009). Del mismo modo en Uruguay el cambio de uso del suelo fue considerado como la principal amenaza para la conservación de la biodiversidad terrestre ya que 46,969 km² de hábitats naturales del territorio uruguayo, esencialmente praderas, ya han sido sustituidos por cultivos de soja (Vanina y Fernandez, 2008).

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2012) en el país las actividades que implican la transformación de los suelos son: la conversión de bosques a otros usos como lo es la deforestación, la expansión de la frontera agrícola en zonas selváticas y de páramos, la transformación manglares en camaroneras, entre otras. Esta transformación genera gases de efecto invernadero (GEI) porque libera el carbono que se encuentra en la vegetación y el suelo a través de la descomposición o combustión de la materia orgánica y éste al combinarse con el oxígeno de la atmósfera produce CO₂. Por lo cual el cambio de uso del suelo es una de las principales fuentes de emisiones de CO₂ y la segunda fuente del total de GEI en el Ecuador.

En la cuenca hidrográfica del río Lita los principales problemas ambientales son el avance de la frontera agrícola, la ganadería, la deforestación donde se han perdido especies forestales (*Citharexylum kunthianum*, *Cedrela odorata*, *Bursera bipinnata*, *Humiriastrum procerum*, *Guarea cartaguenya* y *Quercus robur*), contaminación del recurso hídrico por aguas residuales o servidas, pesticidas, dinamita o barbasco, residuos de cabuya y la minería. Además, se encuentran especies en peligro de

extinción como: *Puma concolor*, *Tremarctos ornatus*, etc., debido a la caza no controlada y el mal manejo de residuos sólidos (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Lita [GAD Rural de Lita], 2014; Cevallos, 2015).

Por otra parte, la falta de conocimiento en la extracción de recursos no renovables en armonía con el ambiente en la zona es evidente, siendo así que la minería ilegal o artesanal ha ocasionado algunos problemas tales como: que las personas que viven en zonas de actividades mineras tienen que soportar el ruido, violencia, militarización, prostitución, escombros, químicos peligrosos, contaminación del agua, etc. (Soliz, 2013). Tal es el caso de la minería en la parroquia La Merced de Buenos Aires, en la cual, el primer día que se descubrieron las minas, los mineros derribaron los árboles nativos y crearon un camino de aproximadamente 2 km. de ancho para ingresar a las minas, además la comunidad perdió la tranquilidad en actividades diarias y se vieron afectados importantes cursos de agua (Chamorro, 2020).

La importancia de los bosques y la cobertura vegetal está bien establecida en el planeamiento de uso del suelo especialmente en la hidrología de las cuencas andinas, a pesar de ello se presentan grandes vacíos de estudios que aporten con información especialmente en lo relacionado al CUS y los impactos que este genera en la cubierta vegetal (Cerrón et al., 2019). Realidad que se vive en la cuenca hidrográfica del río Lita ya que no hay estudios que sustenten que los cambios producidos en el uso del suelo tengan relación con las diferentes actividades antrópicas de la región. Por otra parte, está la falta de empoderamiento de las autoridades locales hacia el fomento de investigaciones relacionadas a los impactos ambientales producidos por el CUS (GAD Rural de Lita, 2014; Cevallos, 2015).

Los impactos ambientales vinculados a las actividades productivas son evidenciados en la transformación que han sufrido los bosques nativos. En el presente trabajo de investigación se analizó los impactos ambientales causados por el cambio de uso del suelo en la cuenca hidrográfica del río Lita, además aspiramos ser un referente para futuras investigaciones, contribuyendo al Plan de Creación de Oportunidades 2021-

2025, de acuerdo con el Objetivo 11 que busca “Conservar, restaurar, proteger y hacer uso sostenible de los recursos naturales” (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar los impactos ambientales causados por el cambio de uso del suelo en la cuenca hidrográfica del río Lita durante los años 1996 y 2017.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar los cambios en el uso del suelo durante los años 1996 y 2017.
- Evaluar los impactos ambientales generados por el cambio de uso del suelo.
- Determinar los impactos futuros bajo un escenario de uso de suelo proyectado.

1.4. Pregunta directriz de la investigación

¿Qué actividad antrópica genera más impacto dentro de la cuenca hidrográfica del río Lita?

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico referencial

2.1.1. Cambio de uso del suelo (CUS) e impactos

Corresponde a la utilización antrópica que se hace al medio físico de un área (Mendoza, 2011). Tanto la estructura del paisaje como la función del paisaje cambian con el tiempo y a través del espacio debido a perturbaciones naturales y humanas (Liu y Taylor, 2002).

Entre los diferentes usos que se le da al suelo destacan los usos agrícolas, definido como el uso que se da al suelo por parte de las personas con el fin de dedicarlos al cultivo, éste puede ser de tipo temporal o estacional (verduras, legumbres y hortalizas) y los permanentes (frutales) (Muñoz et al., 2018). Por otra parte, los usos pecuarios o ganaderos en los que hace referencia a la cría doméstica del ganado principalmente bovino dónde de acuerdo con la intensidad de la actividad también aumenta la cantidad de espacios de suelo a ocupar, lo que conlleva a una transformación de los ecosistemas nativos. Entre los otros usos están la urbanización y su expansión y los usos mineros (Galicia et al., 2007).

El CUS y las actividades productivas además del desmedido uso de los recursos forestales se evidencian en la deforestación, definida como la pérdida de bosque (Leguía et al., 2011); la fragmentación, que es la división de grandes parches o fragmentos de bosque en un gran número de pequeños parches (Rodríguez et al., 2015) y la degradación de los ecosistemas, que es la disminución en la calidad ecosistémica (García, 2011). En ese sentido el cambio de uso del suelo genera impactos ambientales, tales como: la alteración de los procesos ecosistémicos, modificación de los procesos del paisaje, pérdida de diversidad biológica y la reducción en la provisión de servicios ecosistémicos (Parra et al., 2015; Song et al., 2018; Tang et al., 2020).

2.1.1.1. Cambios de uso del suelo en las cuencas hidrográficas

Los cambios en el uso del suelo ocasionados por las actividades antrópicas como la minería, ganadería, agricultura y la producción maderera modifican la estructura de la tierra, a su vez alteran la calidad y disponibilidad del recurso hídrico a nivel mundial (Pekel et al., 2016; Vörösmarty et al., 2000). A medida que se va perdiendo la cobertura vegetal, se pierde también la capacidad de infiltración y la recarga hídrica de la cuenca (Pérez et al., 2018). Conocer detalladamente por qué se producen estos cambios y entender cómo estos pueden afectar el comportamiento hidrológico de los ríos, es sumamente importante al momento de tomar decisiones, definir medidas y programas para el manejo de estos espacios (Corpocaldas y IGAC, 2012).

2.1.2. Teledetección y CUS

La teledetección se define como una técnica de adquisición de datos o imágenes de la superficie terrestre desde plataformas espaciales (Chuvieco, 2002). La información procedente de sensores remotos satelitales ha surgido como una herramienta vital que permite conocer los cambios ocurridos en la cobertura vegetal y los distintos usos del suelo que se dan en un lugar determinado en un periodo de tiempo en específico, además de estimar la velocidad con la que ocurren estas modificaciones y cuantificar los cambios, ya que permitirán establecer una línea base que facilite determinar las diferentes tendencias que siguen los procesos que modifican los ecosistemas como la deforestación, erosión, degradación y pérdida de la biodiversidad, así como también permite conocer la evolución de las actividades productivas humanas en una región determinada (Pinos, 2016).

2.1.2.1. Clasificación de imágenes satelitales

La clasificación de imágenes trata sobre la separación de las diferentes clases de información de una imagen con formato ráster, según las características espectrales y relaciones espaciales de las mismas, con la finalidad de que el analista pueda crear mapas temáticos (Liu et al., 2008).

Según Janssen y Bakker (2001), una imagen satelital está formada por miles de píxeles, por lo que, cuando se realiza una clasificación cada píxel es asignado a una clase en función a su vector de características comparándolo con grupos predefinidos, al hacer esto para todos los píxeles de la imagen se obtiene una imagen clasificada en una o más clases de cobertura terrestre. Existen dos técnicas diferentes de clasificación, puede ser supervisada o no supervisada.

2.1.2.2. Clasificación supervisada

Esta clasificación se caracteriza por la participación, ya que el analista define las características espectrales de las clases mediante la identificación de áreas de entrenamiento, donde se debe conocer o estar familiarizado con el área de interés en la imagen (Janssen y Bakker, 2001).

Según *ERDAS field guide* (2004), el analista debe asignar a cada píxel de la imagen una clase, esta puede ser: bosque, cultivo, páramo, etc. Para estas asignaciones existen tres algoritmos diferentes, el primero, el paralelepípedo, es aquel donde se establecen límites superiores e inferiores, cuando los valores del archivo de datos de un píxel están entre los límites de cada banda de una firma, el píxel es asignado a la clase de esa firma. El segundo algoritmo que se utiliza es el de distancia mínima, éste calcula la distancia espectral entre el vector de medición de los píxeles candidatos y el vector medio de cada firma, el píxel candidato se asigna a la clase con la media más cercana. Por último, el algoritmo de máxima probabilidad está basado en la probabilidad de que un píxel pertenezca a una clase determinada y lo asigna a la clase con la mayor probabilidad.

2.1.2.3. Validación de la clasificación

La calidad de la clasificación supervisada determina la confiabilidad de la clasificación y la realidad en el terreno. El método más aplicado es el denominado coeficiente Kappa (Cerde y Villarroel, 2008) y Matriz de confusión, este último es una matriz cruzada en la que se calculan los porcentajes de los píxeles correctamente clasificados y complementado con el resultado Kappa se obtienen intervalos de confianza y la

probabilidad, al ser una probabilidad los valores que toma se encuentran entre 1 y 0 (Del Toro et al., 2015).

2.1.3. Impacto ambiental

“Un impacto ambiental es la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana” (Crespo y Salvador, 2005). Se puede evidenciar en la vida cotidiana, aunque la mayoría de las veces se asocia con algún daño a la naturaleza, esta alteración también puede ser benéfica (Sánchez, 2016).

2.1.4. Impactos ambientales ocasionados por la minería

Bustamante et al. (2010) mencionan que “*La minería es parte de la historia de la humanidad*”. Tanto la explotación de minerales, como la de pueblos y naturaleza han sido un rasgo característico que ha iniciado desde la conquista española hasta la crisis de la deuda externa (Dore, 1994). Convirtiéndose en una de las actividades fundamentales para el progreso económico del hombre (Díaz et al., 2009). La minería en el Ecuador surge a principios del siglo XX con un acuerdo entre el estado y la empresa South American Development Company (SADCO) iniciando las actividades mineras, luego de eso se conformó la Compañía Minera Asociada (CIMA) la cual trabajo hasta los años 70, con ella surgieron mineros artesanales y pequeños mineros (Ministerio de Minería, 2016). De acuerdo con el marco legal vigente en el Ecuador existen diferentes tipos de actividades mineras como: artesanal o de subsistencia, pequeña, mediana, de gran escala e ilegal (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación del tipo de minería de acuerdo con los niveles de producción

Minería	Definición
Artesanal	Es aquella que realiza en áreas rurales utilizando métodos manuales o básicos
Pequeña escala	Es aquella en la que se procesa hasta 300 toneladas de mineral por día
Mediana escala	Se procesa de 301 a 1000 toneladas de mineral diarias
Gran escala	Se procesa desde 1001 toneladas de mineral diarias
Ilegal	Es aquella que se la realiza sin contar con un permiso legal correspondiente

Fuente: (Ley de Minería, 2009; Organización Mundial de la Salud [OMS], 2017).

En el Ecuador, a pesar de que se controla y se realizan seguimientos por las autoridades competentes, se han generado impactos tanto en el medio físico, como en el medio biótico debido a que la minería se la realiza con poca responsabilidad ambiental (Sandoval et al., 2000). Los impactos ambientales vinculados a la actividad minera están asociados a la construcción de infraestructura para campamentos, vías de acceso y la fase de extracción del mineral, así como también cambio en la topografía y patrones de drenaje de las cuencas hidrográficas, degradación de los paisajes debido a las perturbaciones físicas, pérdida de la diversidad biológica, erosión y degradación del suelo (Dezécache et al., 2017; Siquiera et al., 2020). Además, este último impacto repercute en las comunidades locales ya que las personas pierden el acceso al pastoreo, a cosechar productos forestales no maderables, insectos comestibles, leña, plantas medicinales, entre otras (Shackleton, 2020).

2.1.5. Evaluación de impacto ambiental

Evaluación de impacto ambiental se caracteriza como el procedimiento esencial para la valoración de impactos ambientales de un proyecto determinado con el fin de elegir la mejor alternativa desde el punto de vista ambiental (Crespo y Salvador, 2005). Según Sánchez (2016), sirve para prever las posibles consecuencias de una decisión. Las metodologías más usadas para la identificación y valoración de impactos son:

Tabla 2. Metodologías para la identificación y valoración de impactos ambientales

Método	Definición
Método de Leopold	Se trata de una matriz que presenta, en las columnas, las acciones del proyecto y en las filas, los componentes del medio y sus características.
Listados de chequeo	Consiste en realizar una lista de factores ambientales que son afectados por una acción antrópica para identificar las probables secuelas relacionadas a la acción propuesta, asegurando que ningún cambio importante sea omitido.
Diagramas de flujo	Se aplican para entablar colaboraciones de causalidad lineal entre la acción y el ambiente perjudicado. Son simples de realizar.
Método de Batelle	Este método consiste en realizar una lista de verificación con escalas de ponderación que contempla la especificación de los componentes del medio ambiente, la ponderación valórica de cada aspecto y la asignación de unidades de trascendencia.

Fuente: (Leopold et al., 1973; Conesa, 1997; Espinoza, 2007).

2.1.6. Proyección de escenarios futuros

La generación de escenarios futuros de uso de suelo es una herramienta que permite evaluar y explicar las causas de los cambios que se producen en el suelo predecir los posibles usos que se podrían dar en el futuro si se cumplen algunas suposiciones (Henríquez, 2012). Para Sandoval (2009), estas proyecciones futuras significan una gran oportunidad para anticipar, prevenir y mitigar dinámicas insostenibles de las actuales formas de vida y del proceso de cambio de usos de suelos. Se utilizan algunos modelos para predecir el cambio de uso del suelo, entre los más importantes están:

Tabla 3. Tipos de modelos que utilizados para realizar una proyección futura

Modelo	Definición
El Land Change Modeler (LCM).	Permite realizar análisis del cambio en la cobertura y uso del suelo y también de predicción mediante la creación de mapas y gráficos del cambio del suelo, transiciones y tendencias de los tipos de suelo
CA_Markov	Es un procedimiento de predicción del cambio del uso del suelo que utiliza la combinación de Autómatas Celulares / Cadenas de Markov los cuales, permiten que las probabilidades de transición de un pixel sean una función de los píxeles vecinos
El modelo CLUE	La metodología integra el análisis espacialmente explícito de las relaciones entre el uso del suelo y sus fuerzas motrices a una técnica dinámica de simulación para explorar los cambios en el uso del suelo bajo los supuestos de los escenarios

Fuente: (Henríquez, 2012)

2.2. Marco legal

La presente investigación se encuentra enmarcada en artículos de la Constitución de la República del Ecuador – 2008, Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), Código Orgánico Ambiental (COA) y al Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025.

De acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador (2008), Título II Sección segunda (Ambiente sano), Art. 14.- “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*”. En el Capítulo séptimo (Derechos de la naturaleza), en los Art. 71 y 73 se garantiza el respeto y mantenimiento de la naturaleza, así como también

el Estado aplicará medidas de precaución para todas las actividades que puedan generar alteraciones a los ecosistemas. Por otra parte, en el Título VII del Régimen del Buen Vivir en el Capítulo segundo de (Biodiversidad y Recursos Naturales), sección sexta - Agua: Art. 411 menciona que el Estado deberá garantizar la conservación y manejo integral de las cuencas hidrográficas. Además, regularizará las actividades que se desarrollen y puedan afectar en la disponibilidad del recurso y el equilibrio de los ecosistemas.

De conformidad con el COOTAD (2010) y las disposiciones constitucionales sobre la organización del territorio, involucran a los Gobiernos Autónomos Descentralizados provinciales, municipales, y parroquiales en los proyectos y planes a ejecutarse; teniendo en cuenta los Art. 54, 55 y 57 donde, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal tiene la función de establecer el régimen de uso del suelo y su control en la planificación territorial tanto urbana como rural respetando la diversidad biológica y cultural.

De acuerdo con el COA (2017), en el Título II de los Derechos, Deberes y Principios Ambientales, el Art. 5 hace énfasis en garantizar el derecho de la población a vivir en un ambiente sano contemplando principalmente la conservación de los recursos hídricos y cuencas hidrográficas, así como también la conservación y uso sostenible del recurso suelo con el fin de evitar impactos negativos y permitir su restauración.

Por otra parte, en el Art. 30. del Libro Segundo del Patrimonio Natural en el Título I de la conservación de la biodiversidad del COA, el Estado tiene por objetivo la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento y uso sostenible de los recursos naturales renovables principalmente el agua y suelo adoptando un enfoque integral considerando los aspectos sociales, económicos, y ambientales conjuntamente con las autoridades competentes que faciliten la inserción de criterios dentro de la planificación territorial y planes de uso de suelo en pro de un desarrollo sustentable. En el Título VI Régimen Forestal Nacional, Capítulo I - Patrimonio Forestal Nacional, en los Art. 90, 91 y 94 se declara de prioridad nacional y de interés público la

conservación del Patrimonio Forestal Nacional enfatizando en la importancia que tienen los bosques en la provisión de servicios ambientales y sociales. Además, se prohíbe su transformación a otros usos, especialmente agropecuarios. Asimismo, en el Libro Tercero de Calidad Ambiental, Título II Sistema Único de Manejo Ambiental, Capítulo V Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos, en el Art. 197 se menciona que las actividades que afectan al suelo deberán ser reguladas y si es el caso restringidas.

Por último, de acuerdo con el Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 y en marco de la transición ecológica las actividades humanas deben estar alineadas con el objetivo 11, en el que se promueve el uso de técnicas de explotación de recursos naturales renovables y no renovables para minimizar las externalidades sociales y ambientales (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Descripción del área de estudio

La cuenca hidrográfica del río Lita se encuentra en los límites de las provincias de Imbabura y Esmeraldas, la mayor parte del territorio se encuentra en las parroquias La Merced de Buenos Aires perteneciente al cantón Urcuquí y la parroquia Lita del cantón Ibarra (Figura 1).

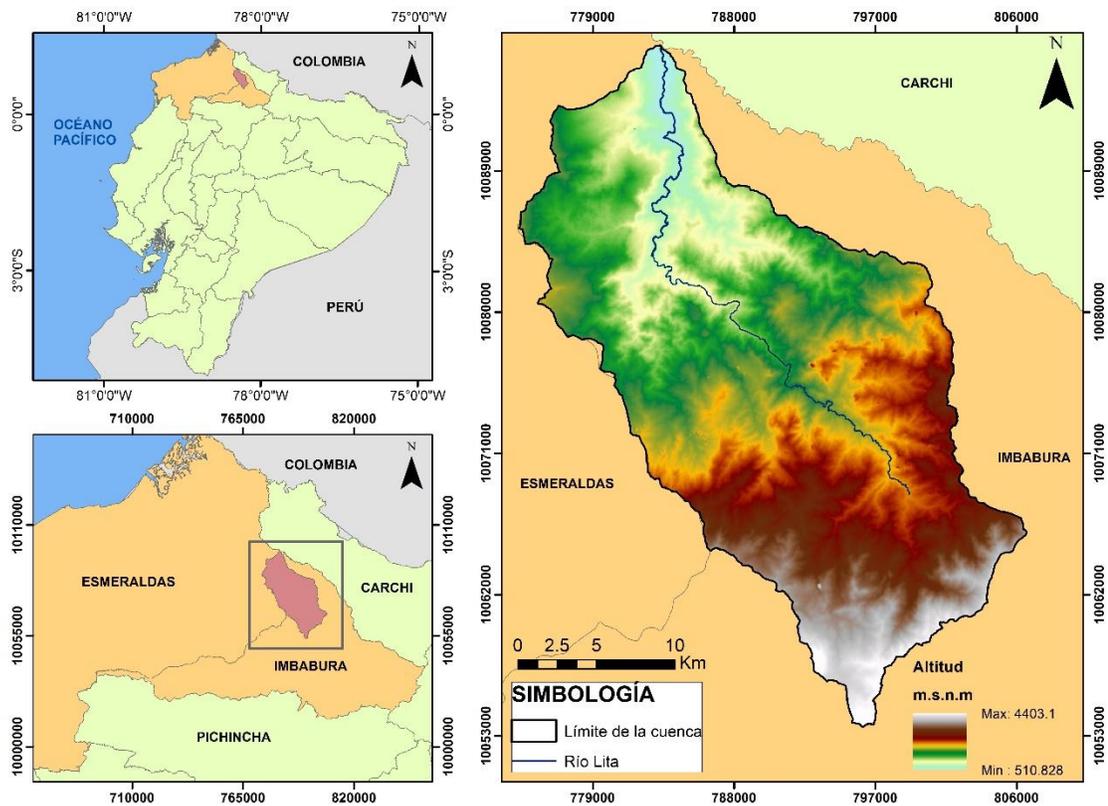


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Lita

La cuenca del río Lita tiene una superficie de 636,21 km² y un perímetro de 127,5 km, se localiza en un rango altitudinal entre los 500 y 4300 m.s.n.m.

3.1.1. Hidrología

El río Lita se origina en la parroquia Buenos Aires y fluye aproximadamente 42 km en dirección sur-norte hasta desembocar en río Mira; esta se caracteriza por tener niveles altos de biodiversidad, sus principales afluentes son los ríos Rumichaca, Salado, San Francisco, San José, Toctemí y Verde (Figura 2) (GAD Rural de Lita, 2014; Cevallos, 2015). Además, en la tabla 4 se presentan los parámetros de forma de la cuenca y comparados con los criterios de clasificación e interpretación ambiental descritos por Verdugo (2017), la cuenca del río Lita tiene una forma ligeramente achatada (Kf) y moderadamente alargada (Ia). Por otra parte, de acuerdo con los resultados del índice de compacidad (Kc) la cuenca se encuentra dentro de la clase II, indicando que la forma de esta área de estudio es oval redonda a oval oblonga, característica que hace que la cuenca no enfrente crecidas (Salas et al., 2011).

Tabla 4. Parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica del río Lita.

Parámetros de forma	
Parámetro	Resultado
Índice de compacidad (Kc)	1,41
Factor de forma de Horton (Kf)	0,33
Índice de alargamiento (Ia)	2,15
Parámetros de relieve	
Pendiente media (J)	38,07 %
Altitud media	2042,69 m.s.n.m.
Parámetros de drenaje	
Densidad de drenaje (Dd)	0,43 km/km ²
Coefficiente de torrencialidad (Ct)	0,06
Tiempo de concentración (Tc)	3,32 h

Cruz et al. (2015) mencionan que las características de forma de la cuenca inciden en los parámetros de drenaje, siguiendo esta afirmación se obtuvo que el tiempo de concentración es moderado de acuerdo con el rango establecido y finalmente el resultado del coeficiente de torrencialidad, mismo que es bajo, lo que quiere decir que la cuenca enfrenta bajas posibilidades de erosión en sus riveras (Lux, 2016).

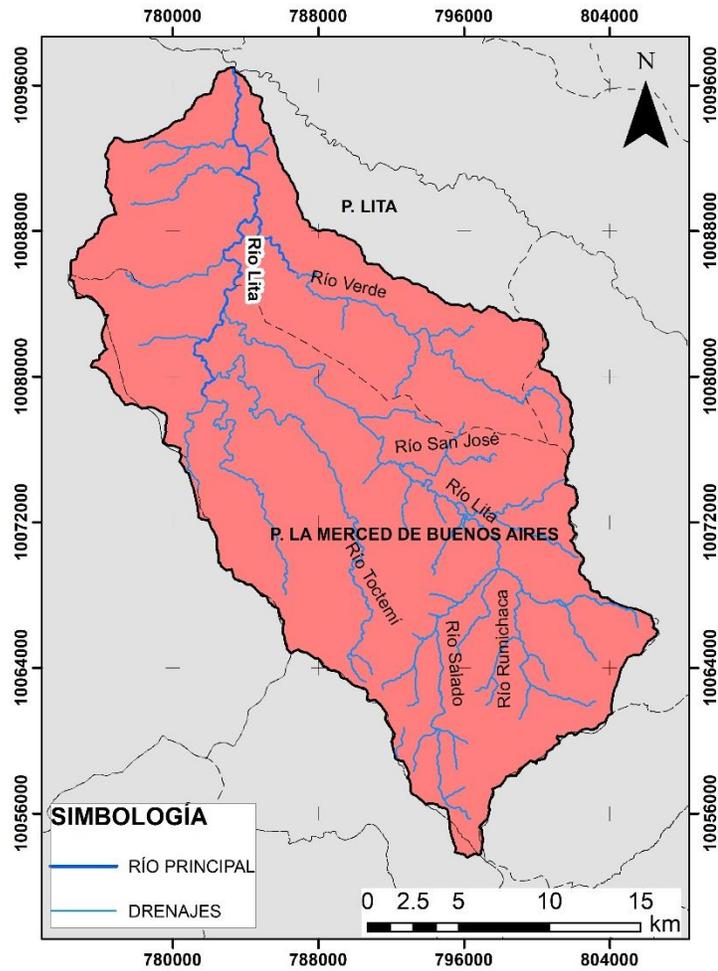


Figura 2. Hidrología de la cuenca hidrográfica del río Lita

3.1.2. *Clima*

El área de estudio se localiza en la región interandina y teniendo en cuenta la clasificación climática del Ecuador de Pourrut (1983), la zona presenta los siguientes tipos de clima: ecuatorial megatérmico húmedo, ecuatorial mesotérmico semi-húmedo y ecuatorial megatérmico super húmedo (Figura 3). La precipitación media anual de la cuenca oscila entre 1735,98 y 4890,5 mm, registrándose los meses de abril y noviembre como los máximos lluviosos, además el área se encuentra en la zona climática cálida subtropical andino con una temperatura promedio anual que oscila entre los 5°C y

24°C, variación debida a las diferencias de altitud que existen en la cuenca (Cevallos, 2015).

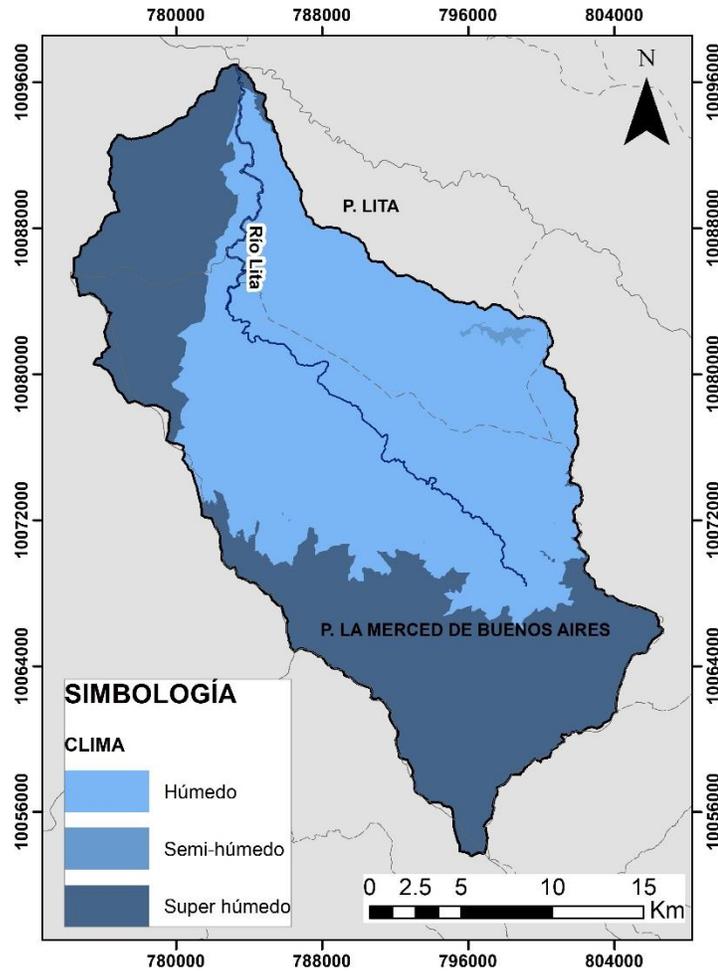


Figura 3. Clima de la cuenca hidrográfica del río Lita

3.1.3. Suelos

La cuenca hidrográfica del río Lita presenta en su gran mayoría suelos de orden Andisoles con 39050 hectáreas, seguido del orden Entisoles con 19009 hectáreas, Inceptisoles con 4533 hectáreas, tierras misceláneas con 494 hectáreas. Alfisoles con 161 hectáreas, y el orden Molisoles con 82 hectáreas. (Figura 4). Esto quiere decir que la cuenca hidrográfica presenta suelos que están constituidos por materiales de

erupciones volcánicas y que se caracterizan por tener propiedades ándicas, además, presentan una gran capacidad de retención de humedad y fosfatos (Jaramillo, 2009).

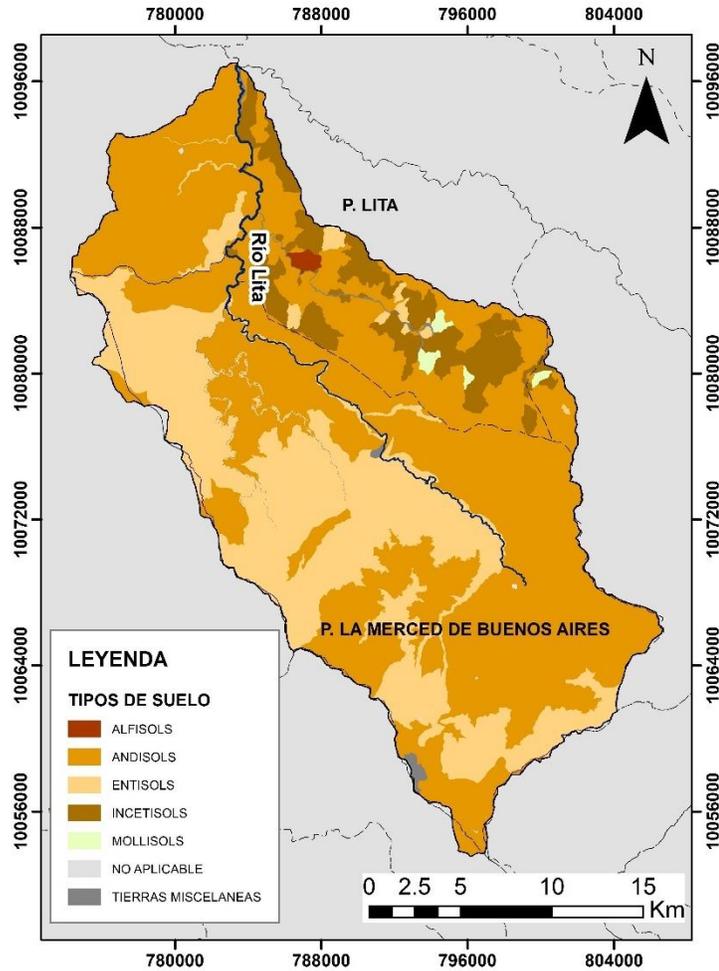


Figura 4. Suelos de la cuenca hidrográfica del río Lita

3.1.4. Cobertura vegetal

De acuerdo con el sector biogeográfico de la Cordillera Occidental de los Andes existen ecosistemas nativos tales como Bosque siempreverde premontano (BsPn01), Bosque siempreverde montano bajo (BsBn04), Bosque siempreverde montano (BsMn03), Arbustal siempreverde y Herbazal del páramo (AsSn01) además la cuenca hidrográfica del río Lita posee 9 zonas de vida (Figura 5); las especies representativas de flora son: *Nectandra guaripito*, *Ocotea sodiroana*, *Otoba gordoniiifolia*, *Pachira patinoi*,

Panopsis megistosperma. Además, existen especies de flora y fauna que aún no han sido descritas en su totalidad (MAE, 2013).

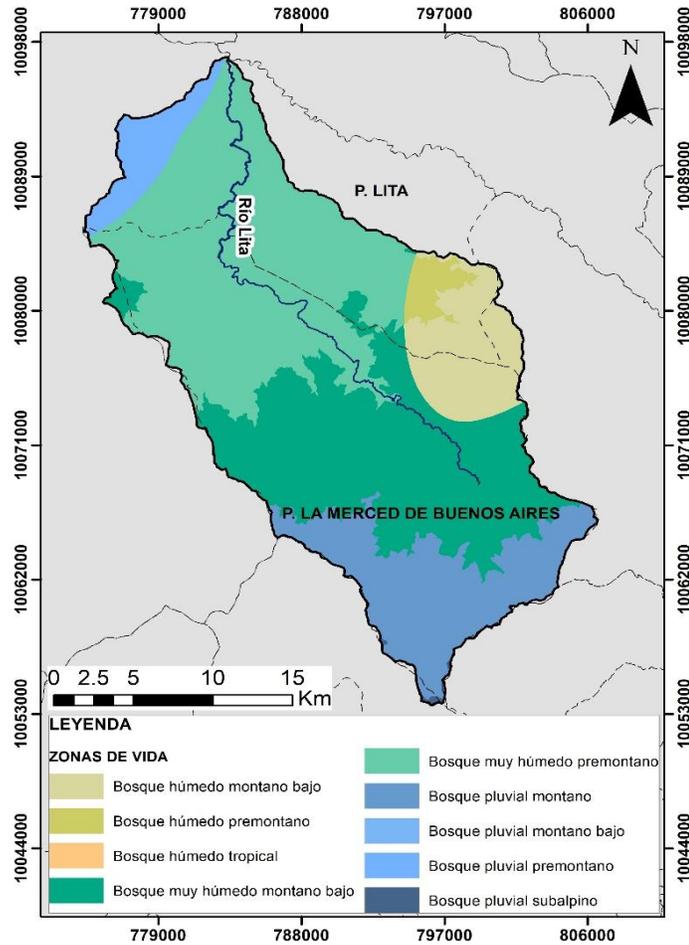


Figura 5. Zonas de vida de la cuenca hidrográfica del río Lita

3.1.5. Componente sociocultural

Las parroquias de Lita y La Merced de Buenos Aires son los asentamientos urbanos que ocupan mayor extensión de territorio de la cuenca hidrográfica. La parroquia de Lita está conformada por los grupos étnicos mestizos, afrodescendientes, montubios, Awa, Kichwa, Pasto entre otros, de los cuales la etnia Awa se considera como nativa propia del lugar, a pesar de ello la nacionalidad es aislada debido a problemas de comunicación con los demás habitantes del lugar (GAD Rural de Lita, 2014). Por otra parte, en la parroquia de Buenos Aires la población está conformada por mestizos y

una parte de indígenas ya que en Palmira se asienta la comunidad Awa (Cevallos, 2015).

3.1.6. Actividades productivas

La base de la economía de los pobladores de las parroquias de Lita y Buenos Aires en orden de trascendencia está definida por las ocupaciones productivas del sector: primario (agricultura, ganadería, piscicultura, forestal y minería), sector secundario (construcción, industrias y manufacturas) y terciario (comercio, restaurantes, hostales, transporte, enseñanza, esparcimiento y servicios turísticos (GAD Rural de Lita, 2014; Cevallos, 2015). Las actividades que más destacan son:

La agricultura. La actividad agrícola es considerada una de las más importantes, gracias a la diversidad de climas, alturas y suelos que posibilita a los habitantes dedicarse a ser productores agrícolas. En esta zona se obtienen una gran variedad de productos tropicales y subtropicales, pero éstos no son comercializados a gran escala por el difícil acceso a las comunidades aledañas, debido a que no cuentan con vías secundarias en buen estado y son susceptibles a deslaves y derrumbes. Por lo cual, las parroquias de la Merced de Buenos Aires y Lita son considerados lugares de aprovisionamiento para luego comercializar sus productos en los mercados de Ibarra y Atuntaqui (MAE, 2007).

Ganadería. Las condiciones climáticas y del suelo también son excelentes para la actividad ganadera ya que en la zona alta de la cuenca se encuentran pastos naturales y en la zona baja se han establecido cultivos de pastos, sin embargo los habitantes de la zona se han dedicado al cultivo y mejoramiento de pastos debido al incremento de esta actividad productiva, es así, que la mayoría de familias establecidas en este territorio tienen entre 7 y 10 cabezas de ganado de razas criollas y mestizas para la producción de leche y carne, especialmente en la parroquia de la Merced de Buenos Aires algunas personas venden la leche a empresas como Floralp y Nestlé, además se obtiene un ingreso económico de aproximadamente \$ 450 a \$ 1500 en un mes (Arellano y Ruales, 2012).

Minería. La minería que se realiza dentro de la cuenca hidrográfica del río Lita, en su mayoría es de tipo artesanal y en pequeña escala, lo cual es muy común en los países en desarrollo (IIED, 2002). Hasta el momento se han otorgado 40 concesiones de minerales metálicos en lo que abarca el territorio (Figura 6).

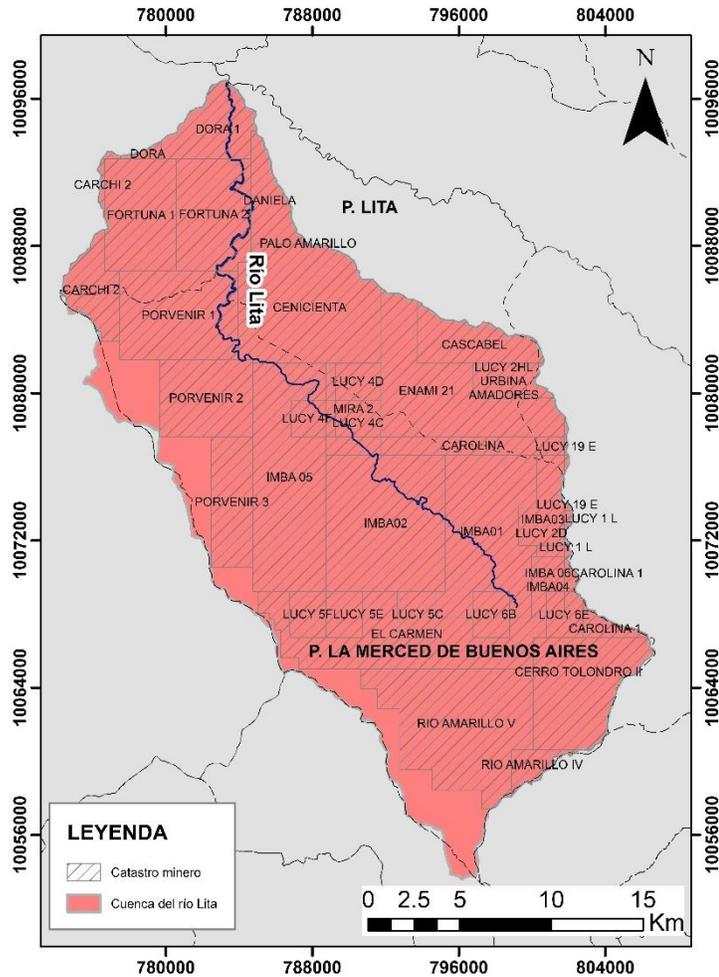


Figura 6. Concesiones mineras ubicadas en la cuenca hidrográfica del río Lita

Después de todo, esta actividad productiva representa una oportunidad de empleo e ingresos económicos para las comunidades, no obstante, en la parroquia de la Merced de Buenos Aires se realiza una minería de tipo ilegal, razón por la cual se ha generado un ambiente peligroso para comunidades aledañas (López, 2018). De acuerdo con datos de los estudios realizados por la compañía de exploración SolGold (2019), en el área se encuentran varios yacimientos de minerales lo que ha sido el foco de interés nacional

e internacional, siendo las más representativas CASCABEL y ENAMI tal como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Concesiones mineras Lita

Código	Concesionaria	Compañía	Responsable	Tipo
402288	CASCABEL	Exploraciones Novomining S.A.	Ward Jason Thomas	Metálico
40000172	ENAMI 21	Empresa Nacional Minera ENAMI EP	Gamboa Valladares Stevie Raul	Metálico

3.2. Métodos

En la presente investigación se aplicó la siguiente metodología descrita en diferentes fases para poder cumplir cada uno de los objetivos propuestos.

3.2.1. Análisis de los cambios en el uso del suelo durante los años 1996 y 2017

3.2.1.1. Delimitación del área de estudio

La delimitación de la cuenca hidrográfica del río Lita se realizó de forma automática utilizando la caja de herramientas del software ArcGIS 10.5, como insumos principales para lograr el objetivo está el modelo digital de elevación (DEM) del área de estudio, ríos, además de identificar el punto de aforo o desfogue de la cuenca.

3.2.1.2. Obtención de imágenes satelitales

Las imágenes satelitales fueron obtenidas desde el Geoportal de la página web del USGS (*Unite States Geological Survey*) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) en los diferentes años de estudio, donde se seleccionaron imágenes adecuadas, que presentaban el mínimo porcentaje de nubes dentro del área de estudio. Además, fue preciso verificar que las imágenes contengan metadatos para las correcciones radiométricas pertinentes en cada imagen. En la Tabla 6 se indica las características principales de las imágenes satelitales que fueron empleadas en el presente estudio.

Tabla 6. Imágenes satelitales

Path	Row	Fecha	Satélite	Sensor
10	60	1996-07-24	Landsat 4-5	TM
10	59	2017-01-23	Landsat 8	OLI_TIRS
10	60	2017-01-23	Landsat 8	OLI_TIRS

3.2.1.3. Tratamiento de imágenes

Se realizó las correcciones necesarias en las imágenes satelitales previamente obtenidas por medio de los softwares ENVI 5.3 y ArcGIS 10.8, los cuales permitieron realizar el tratamiento digital a cada imagen.

Corrección geométrica. Este proceso consistió en la localización de las imágenes en un sistema de coordenadas para que permitan sobreponer la imagen de satélite con otro tipo de coberturas en formato *shapefile* en la interfaz de ArcGIS (Sarria, 2006). En este caso se trabajó con el sistema de coordenadas con proyección WGS 1984 UTM zona 17S.

Corrección radiométrica. Esta corrección se la realizó en el software ENVI 5.3, la cual consistió en corregir líneas o píxeles perdidos, corrección de bandeo de la imagen y transformación de valores de niveles digitales a valores de reflectancia (Reuter, 2006).

3.2.1.4. Clasificación de imágenes satelitales.

Mediante el software ArcGIS 10.8 se obtuvo los diferentes tipos de cobertura y uso de suelo (Tabla 7), aplicando la técnica de clasificación supervisada mediante el método de máxima verosimilitud, para lo cual se necesita que el clasificador participe activamente en la clasificación de la imagen de satélite, indicando al software como debe procesar las clases espectrales, a partir de la definición de áreas de entrenamiento (*training areas*) de las cuales se conoce a priori la naturaleza de las coberturas presentes en la superficie terrestre (Reuter, 2006).

Tabla 7. Cobertura y usos de suelo del área de estudio

Código	Coberturas
1	Bosque
2	Cultivos
3	Pastos
4	Páramo
5	Vegetación arbustiva
6	Zona urbana
7	Área sin vegetación

3.2.1.5. Matriz de cambios de uso

Se elaboró una matriz en la que se detallan superficies y porcentajes que ocupan las diferentes coberturas y usos del suelo en los años 1996 y 2017 respecto al área total de la cuenca hidrográfica, asimismo se calculó el porcentaje de variación de las superficies en los años de estudio.

3.2.1.6. Verificación y validación de coberturas

Después de realizar la clasificación de imágenes satelitales se crearon 35 puntos aleatorios con la herramienta *Create random points* en el software ArcGIS 10.8, teniendo en cuenta un estimado de 5 puntos por cada clase, los cuales fueron exportados a Google Earth para realizar una comparación entre los puntos predichos en la clasificación y los puntos reales, posteriormente se evaluaron los resultados obtenidos aplicando el índice de Kappa en el cual indica que, si el resultado es cercano a 1, mayor es el grado de concordancia y mientras más cercano a -1, existe menor concordancia y un valor de 0 expresa que la concordancia es la esperada, el índice Kappa fue calculado con la siguiente formula (Cerde y Villarroel, 2008).

$$K = \frac{[(\Sigma \text{ concordancias obserbadas}) - (\Sigma \text{ concordancias atribuibles al azar})]}{[(\text{total de observaciones}) - (\Sigma \text{ concordancias atribuibles al azar})]}$$

Finalmente, se verificó el grado de concordancia de las clasificaciones utilizando la matriz de confusión, mediante la calculadora online *Confusion matrix* (<https://www.marcovanetti.com/pages/cfmatrix/?noc=5>).

A continuación, se presenta un flujograma resumido con los procedimientos aplicados para la corrección de imágenes, clasificación y validación (Figura 7).

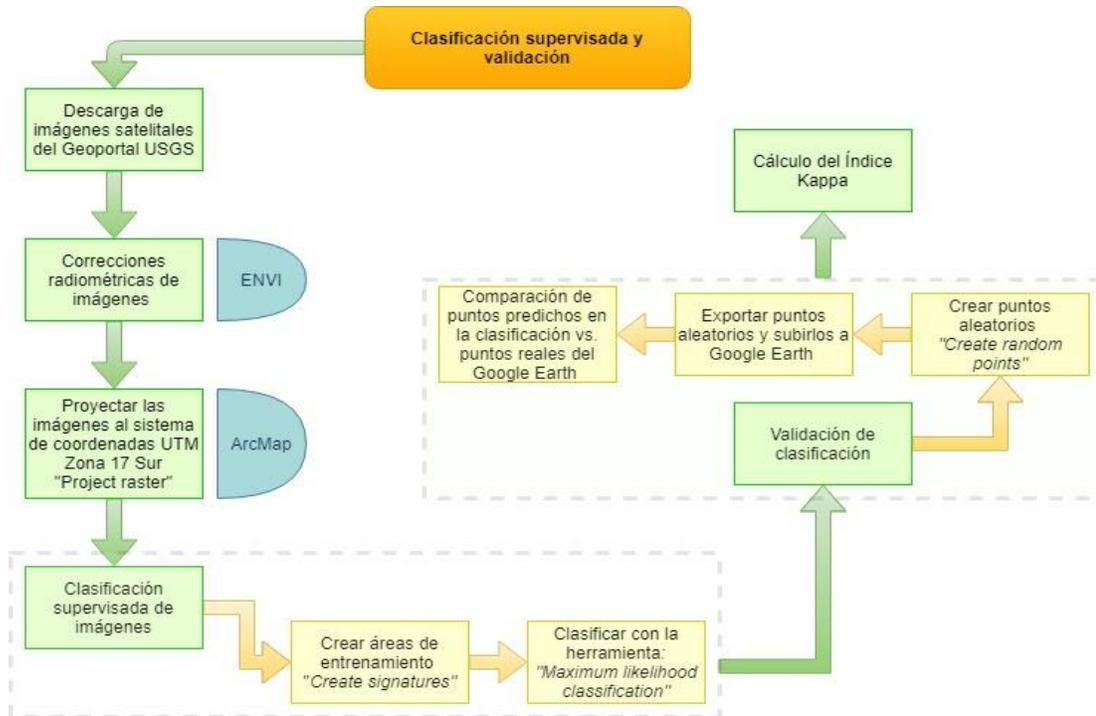


Figura 7. Flujograma del proceso de corrección de imágenes, clasificación supervisada y validación

3.2.2. Evaluación de los impactos ambientales generados por el cambio de uso del suelo

3.2.2.1. Determinación de la importancia de los impactos

Para este análisis se utilizó la matriz de importancia como método para analizar de forma cualitativa los impactos ambientales identificados sobre los factores ambientales (suelo, agua, aire) (Coria, 2008). Según propone Conesa-Fernández (1997), la importancia de los impactos se calcula con la siguiente ecuación:

$$I = \pm(3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + RB)$$

Dónde “*I*” es la intensidad, “*EX*” es la extensión, “*MO*” es el momento, “*PE*” es la persistencia, “*RV*” la reversibilidad, “*SI*” sinergia, “*AC*” acumulación, “*EF*” efecto “*PR*” periodicidad y “*RV*” recuperabilidad.

A continuación, se describen las variables que se encuentran dentro de la matriz de importancia y su ponderación de acuerdo con lo sugerido por Coria (2008) y Soriano et al., (2015):

Naturaleza: Carácter beneficioso o perjudicial del efecto sobre el factor considerado.

Intensidad (I): Mide el grado de ocurrencia de la acción sobre el factor, en el entorno específico que actúa, la intensidad es baja cuando la destrucción es mínima, a medida que la destrucción aumenta pasa a ser media, alta, muy alta, hasta total si su destrucción es extremada (Conesa et al., 1997).

Tabla 8. Clasificación, definición y valores asignados para la Intensidad dentro de la Matriz de Importancia.

Clasificación	Definición	Valor
Baja	Efecto que expresa una destrucción mínima del factor considerado	1
Media	Efecto que se manifiesta como una alteración del ambiente o de algunos de sus factores	2
Alta	Efecto que se manifiesta como una alteración del ambiente o de algunos de sus factores	4
Muy Alta	Efecto que se manifiesta como una modificación del ambiente, recursos naturales o de sus procesos de funcionamiento	8
Total	Expresa una destrucción casi total del factor considerado en el caso en que se produzca el efecto	12

Fuente: (Coria, 2008; Soriano et al., 2015).

Extensión (EX): Se refiere al área que abarca un impacto en relación con el entorno del proyecto, si el efecto se da en una pequeña parte del entorno el impacto es puntual, a medida que la extensión de la superficie va aumentando puede clasificarse como parcial, extenso o total (Sbarato et al., 2016).

Tabla 9. Clasificación, definición y valores asignados para la Extensión dentro de la Matriz de Importancia.

Clasificación	Definición	Valor
Puntual	Efecto muy localizado en el entorno	1
Parcial	Efecto que se manifiesta de manera apreciable en una parte del medio	2
Extenso	Efecto que se detecta en una gran parte del medio considerado	4
Total	Efecto que se manifiesta de manera generalizada en todo el entorno	8

Fuente: (Coria, 2008; Soriano et al., 2015).

Momento (MO): Es considerado como el momento en el que se produce un efecto al tiempo que se realiza una acción, es decir que se evalúa de acuerdo con los años que transcurre esta relación acción-efecto. Sí al momento de realizar una acción no ha pasado mucho tiempo en producir un efecto se dice que es inmediato, si el efecto se da en un tiempo menor a 1 año éste es a corto plazo, entre 1 y 5 años el efecto es de medio plazo, si se da en 5 años su efecto es a largo plazo (Paredes et al., 2019).

Tabla 10. Clasificación, rangos y valores asignados para el Momento dentro de la Matriz de Importancia.

Clasificación	Rangos	Valor
Largo plazo	Más de 5 años	1
Medio plazo	Entre 1 a 5 años	2
Corto plazo	Menos de un año	4
Inmediato		(+4)

Fuente: (Coria, 2008; Soriano et al., 2015).

Persistencia (PE): Es el tiempo supuesto de permanencia del efecto desde su aparición. Una vez transcurrido ese lapso el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previa a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras (Soriano et al., 2015).

Tabla 11. Clasificación, rangos y valores asignados para la Persistencia dentro de la Matriz de Importancia.

Clasificación	Rangos	Valor
Fugaz	Menor a un año	1
Temporal	Entre 1 y 10 años	2
Permanente	Superior a 10 años	4

Fuente: (Coria, 2008; Soriano et al., 2015).

Recuperabilidad (RB): Se trata de la posibilidad que existe de que el factor afectado por los impactos del proyecto vuelva a su estado inicial previo a la actuación de este

por medio de la intervención humana y la aplicación de medidas correctoras y de manejo ambiental (Chacón y Pinilla, 2018).

Tabla 12. Clasificación, definición y valores asignados para la Recuperabilidad dentro de la Matriz de Importancia

Clasificación	Definición	Valor
Inmediata	Recuperación inmediata tras el cese de la actividad y no precisa prácticas correctoras o protectoras	1
Medio plazo	Efecto en que la alteración puede ser asimilable por el entorno	2
Mitigable	Efecto en que la alteración se puede mitigar mediante de medidas correctoras	4
Irrecuperable	Efecto en que la alteración del medio o pérdida que supone es imposible de reparar, tanto por la acción natural y humana	8

Fuente: (Coria, 2008; Soriano et al., 2015).

Sinergia (SI): En este criterio se toma en cuenta el reforzamiento de dos o más efectos simples ya que al actuar de forma conjunta el efecto sobre el factor será superior. Además, se establece que los impactos pueden tener sinergismo a medida que estos puedan generar otros impactos adversos (Reinoso, 2014).

Tabla 13. Clasificación y valores asignados para la Sinergia dentro de la Matriz de Importancia.

Clasificación	Valor
Sin sinergismo	1
Sinérgico	2
Muy sinérgico	4

Fuente: (Coria, 2008; Soriano et al., 2015).

Acumulación (AC): Este criterio da una idea del aumento progresivo que tienen las diferentes actividades y sus impactos sobre el recurso a medida que esta persiste en el tiempo (Granda, 2012). La clasificación se detalla en la tabla 14.

Tabla 14. Clasificación, definición y valores asignados para la Acumulación dentro de la Matriz de Importancia

Clasificación	Definición	Valor
Simple	Efecto que se manifiesta sobre un solo componente ambiental	1
Acumulativo	Efecto que al prolongarse en el tiempo, incrementa progresivamente su gravedad	4

Fuente: (Coria, 2008; Soriano et al., 2015).

Efecto (EF): Se tiene como referencia la forma de causa y efecto, es decir, los impactos que genera una determinada acción en cuanto a las actividades que se realiza y los efectos sobre un factor. Este parámetro considera el grado de repercusión de la acción, de esta forma puede ser directo o indirecto (Chacón y Pinilla, 2018).

Tabla 15. Clasificación, definición y valores asignados para el Efecto dentro de la Matriz de Importancia.

Clasificación	Definición	Valor
Indirecto	Efecto que supone una incidencia inmediata respecto a la relación de un factor ambiental con otro	1
Directo	Efecto que tiene una incidencia en algún factor ambiental	4

Fuente: (Coria, 2008; Soriano et al., 2015).

Periodicidad (PR): Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, este puede ser desde periódico o recurrente hasta impredecible o irregular, así como también constante en el tiempo y sus valoraciones se detallan en la tabla 16 (Soriano et al., 2015).

Tabla 16. Clasificación y valores asignados para la Periodicidad dentro de la Matriz de Importancia.

Clasificación	Valor
Discontinuo	1
Periódico	2
Continuo	4

Fuente: (Coria, 2008; Soriano et al., 2015).

Reversibilidad (RV): Este parámetro pondera la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales antes de la ocurrencia de la acción del proyecto o actividad por medios naturales, una vez que la acción deja de actuar sobre el medio como se muestra en la tabla 17 (Reinoso, 2014).

Tabla 17. Clasificación, rangos y valores asignados para la Reversibilidad dentro de la Matriz de Importancia.

Clasificación	Rangos	Valor
Corto plazo	Menos de 1 año	1
Mediano plazo	Entre 1 y 5 años	2
Irreversible	Más de 10 años	4

Fuente: (Coria, 2008; Soriano et al., 2015).

Los resultados obtenidos de la importancia de los impactos se analizarán en base a la clasificación y ponderación de estos (Tabla 18).

Tabla 18. Clasificación y ponderación (Tipo de impacto) de la Matriz de determinación de importancia.

Tipo de Impacto	Valores
Impactos irrelevantes	< 25
Impactos moderados	25 – 50
Impactos severos	>50 – 75
Impactos críticos	> 75

Fuente: (Soriano et al., 2015).

3.2.3. *Determinación de los impactos futuros bajo un escenario de uso de suelo proyectado.*

3.2.3.1. Preparación de insumos

Se aplicaron criterios de susceptibilidad de cada pixel para representar la idoneidad del terreno para ser ocupado por cada uso de suelo. Las variables asignadas a estos criterios serán estáticas como el modelo de elevación digital (DEM), pendiente, vías, ríos asumiendo que estas variables no presentarán cambios a través del tiempo y variables dinámicas corresponden a la distancia euclidiana a las vías y poblados. Para la correcta proyección de escenarios futuros de cambio en el uso del suelo, los insumos deben estar en formato ráster y pasar por un proceso de estandarización para mantener las mismas características como se detallan en la Tabla 19.

Tabla 19. Características que deben mantener los ráster para ser usados en Terrset

Información del ráster	Características
Columnas y filas	3394 y 3927
Número de bandas	1
Tamaño del pixel	30 m x 30 m
Formato	TIFF
Tipo de pixel	Unsigned integer
Fondo de pixel	8 bit, 32 bit

Además, se identificó si dentro de la unidad de estudio se encuentran áreas protegidas declaradas e incluidas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) (Figura 8). De acuerdo con Henríquez (2012), esta variable debe ser considerada principalmente

ya que es la que presenta una restricción en el proceso de modelación, es decir que en la proyección realizada no se analizó los cambios de uso del suelo de las áreas que se encuentran dentro del SNAP y se mantuvieron de acuerdo con la clasificación del año 2017. Esta aseveración se sustenta en la normativa ambiental ecuatoriana, donde en sus apartados en los que se refiere a áreas protegidas se menciona la prohibición de actividades extractivas que conlleven al cambio en el uso del suelo en este territorio, que cuyo objetivo principal es la conservación del patrimonio natural.

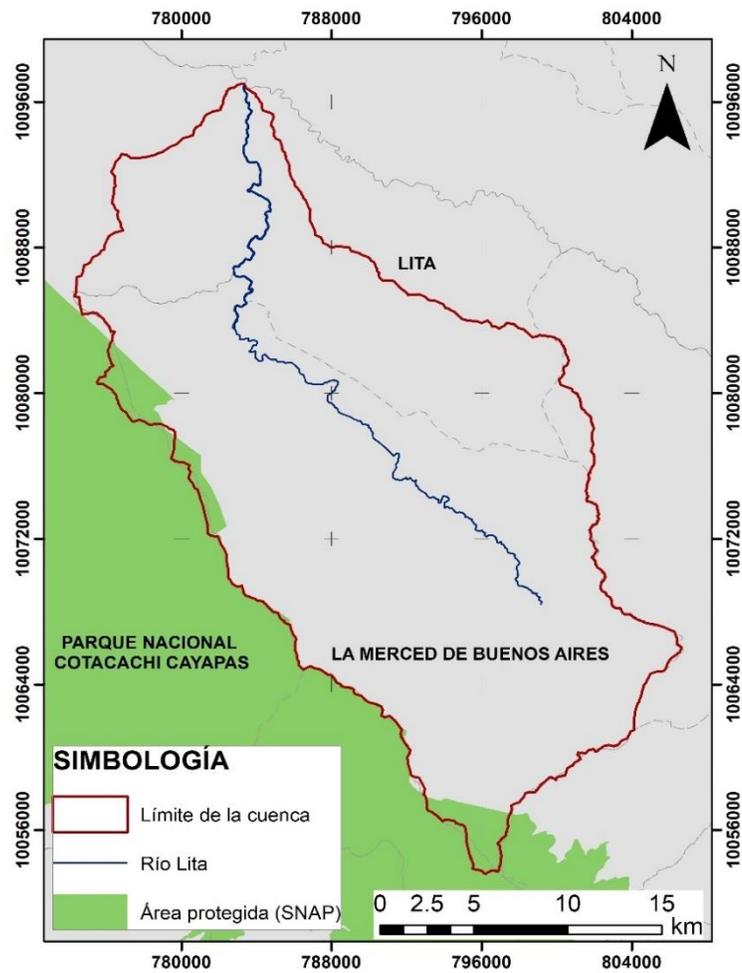


Figura 8. Áreas protegidas dentro del área de estudio

3.2.3.2. Aplicación del modelo de proyección

Para este análisis se utilizaron los mapas temáticos de cobertura y uso del suelo de los años 1996 y 2017 previamente obtenidos. La proyección a un escenario futuro se realizó mediante el módulo *Land Change Modeler* (LCM) del software TerrSet, el cual permitió analizar los aumentos y pérdidas de uso del suelo. Además, se definieron tendencias de cambio entre las categorías de uso del suelo de los mapas de entrada. Finalmente se empleó el algoritmo de cadenas de Markov el cual calcula la probabilidad de que un área determinada adquiera cierto cambio en un tiempo futuro en función de su estado pasado (Pérez et al., 2011).

3.2.3.3. Validación de la proyección

Para comparar las coberturas de uso originales y simuladas se utilizó el módulo *Validate* de TERRSET, donde este módulo proporcionó un valor estadístico Kappa a partir del cual se evaluó la similitud entre la clasificación de uso del suelo actual y la clasificación proyectada.

3.2.3.4. Análisis de causas subyacentes del CUS

Se adopta el procedimiento propuesto por Carodenuto et al. (2015), el cual permite comprender las causas históricas del CUS, así como de estimar los patrones futuros de estos, esta metodología es de tipo exploratoria. De este modo se utilizó la información obtenida en los resultados del CUS de los años 1996 y 2017 además de la evaluación de impactos ambientales de la actividad agrícola, ganadera y minera, mismas actividades que se someterán a la evaluación futura. Los impactos presentes se catalogarán de alto, medio y bajo impacto, mientras que los posibles impactos futuros se evaluarán como impactos crecientes, usuales y decrecientes (Figura 9).

Conductores inmediatos	Causas subyacentes	Demográfico	Económico		Tecnológico	Institucional		Cultural	
	Agentes	Crecimiento poblacional, migración	Pobreza	Demanda de mercado	Desarrollo de infraestructura /vías	Falta de política pública	Falta de control y regulación	Patrones de consumo	Cambios culturales
Actividades que impulsan el CUS.	Pobladores locales	↘	↗	→	↘	→	→	↘	↗
		↗	→	↘	↘	→	↗	→	→
		↘	→	↗	↗	↘	↘	↘	→
		Alto impacto	Medio impacto	Bajo impacto	↗ Impactos crecientes	→ Usuales	↘ Impactos decrecientes		

Figura 9. Ejemplo de matriz de impactos presentes y futuros de las causas subyacentes del CUS

Fuente: (Carodenuto et al., 2015)

3.3. Materiales y equipos

En la Tabla 20, se detallan los materiales y equipos que se utilizaron para el desarrollo de la investigación.

Tabla 20. Materiales y equipos

Materiales	Equipos
	Oficina
Imágenes de satélites Landsat	Computadoras portátiles
Software ArcGIS 10.8 y ENVI	Impresora
Software TERRSET	Material de oficina
	Campo
Libreta de campo	Cámara fotográfica
	Navegador GPS
	Vehículo

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de los cambios en el uso del suelo durante los años 1996 y 2017

4.1.1. Validación de la clasificación supervisada de los años 1996 y 2017

De acuerdo con el análisis del índice Kappa y la matriz de confusión se comprobó que la concordancia entre las clasificaciones del año 1996 es casi perfecta, con un coeficiente kappa de 0,7 y para el año 2017 la concordancia es perfecta con un 0,9 y una precisión general del 91,43% para los años de estudio.

4.1.2. Cambios en el uso del suelo durante los años 1996 y 2017

En la clasificación supervisada de los años 1996 y 2017 se obtuvieron 7 diferentes tipos de cobertura y uso del suelo identificados en la cuenca hidrográfica del río Lita (Figura 10). En la cual se evidencia que en el año 1996 la cobertura que predomina es el bosque, mientras que para el 2017 la cobertura se modificó debido a diferentes actividades productivas.

Se identificó que existe una variación en la superficie de las coberturas, donde el bosque se redujo en un 11,64% al mismo tiempo que hubo un aumento en las áreas de cultivos y pastos con un 2,99% y 4,28% en los años de estudio como se muestra en los resultados de la Tabla 21. Del mismo modo, Loza y Taype (2020) presentan los resultados de su estudio espacio temporal realizado en el territorio de Cabana-Perú demostrando que el bosque nativo ha enfrentado pérdidas y transformaciones en un periodo de 16 años (2000-2016). La cobertura se ha reducido en un 12% respecto al área de estudio y se han presentado aumentos en las zonas agrícolas (38,61%) y pastizales (18,05%) las cuales han reemplazado los espacios donde anteriormente había bosque.

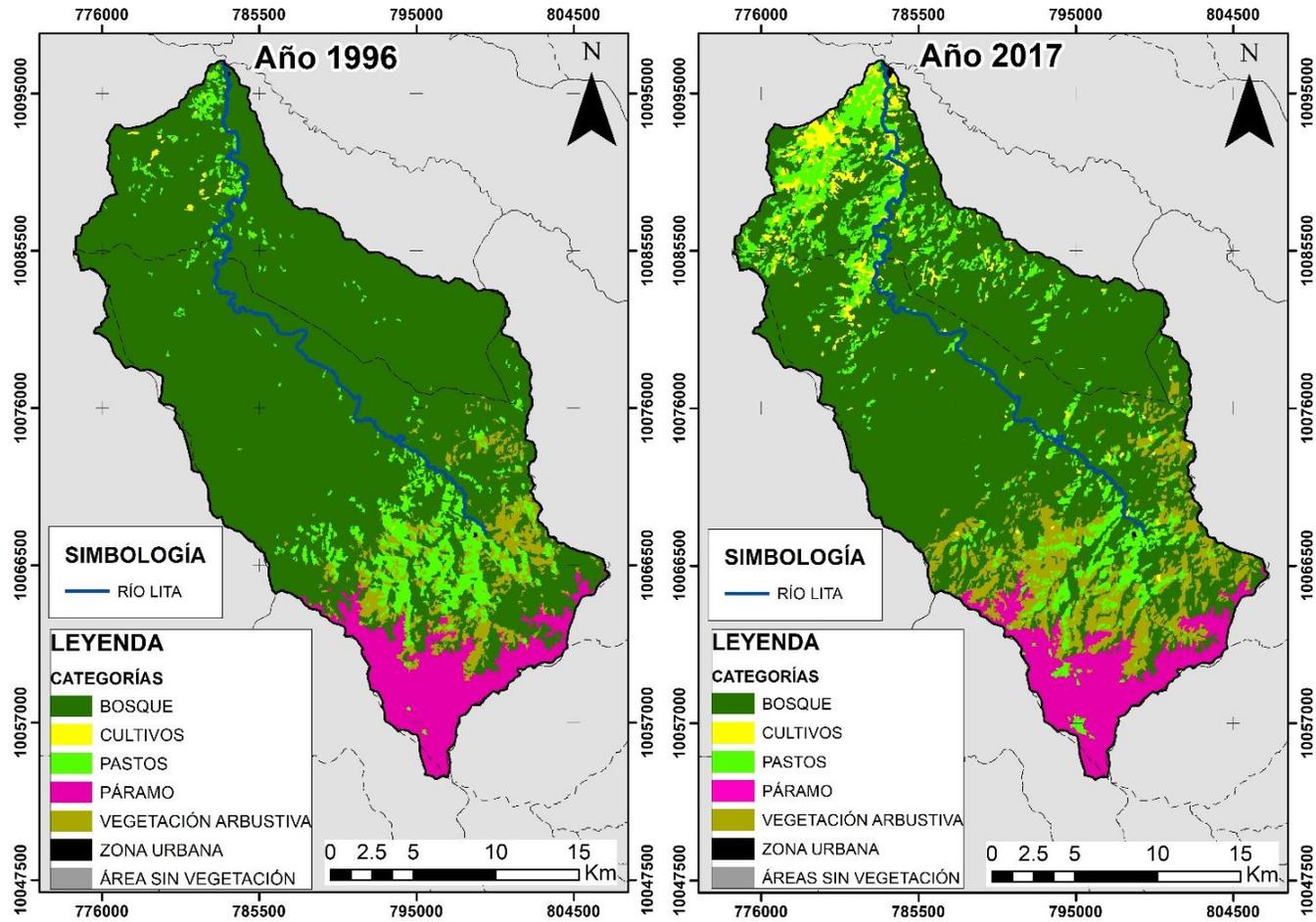


Figura 10. Clasificación supervisada de los años 1996 y 2017 del área de estudio

Tabla 21. Área de diferentes tipos de cobertura y variación entre los años 1996 y 2017

Cobertura	1996		2017		Variación (%)
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
Áreas sin vegetación	0,36	0,0006	1,62	0,003	0,002
Bosque	50817,35	79,88	43410,28	68,24	-11,64
Cultivos	119,01	0,19	2023,21	3,18	2,99
Páramo	5229,66	8,22	5175,16	8,14	-0,09
Pastos	4311,02	6,78	7036,75	11,06	4,28
Vegetación arbustiva	3125,22	4,91	5941,94	9,34	4,43
Zona urbana	10,55	0,02	24,21	0,04	0,02
Área Total	63613,17	100	63613,17	100	

En Ecuador, de acuerdo con el MAE (2013) se menciona que dentro del proceso de deforestación los bosques son talados para el establecimiento de pastizales y zonas de cultivo. Es así como en un estudio realizado en la provincia de Bolívar, cantón Las Naves se evaluaron los cambios de uso del suelo en un período de 12 años (2002-2014) y se obtuvieron datos que demuestran cartográficamente la transformación de bosque nativo en tierras agrícolas y pastizales, la pérdida de cobertura natural oscila en un 26% respecto al área del cantón y las ganancias en las coberturas que la reemplazan está en un 5,02% y 3,37% respectivamente (Lombeida et al., 2017). Por otra parte, la GeoPlaDes (2009) presentó los resultados de su estudio realizado en territorio Cofán donde concluye que desde el año 1990 hasta el 2008 se han perdido alrededor de 250000 hectáreas de bosque debido a la expansión de la frontera agrícola.

Las tierras de cultivo han sido consideradas una de las principales causas del cambio producido en los usos naturales del suelo a nivel mundial, estas transformaciones se hacen más evidentes en territorios rurales ya que la agricultura es el principal medio de subsistencia (Nájera et al., 2010). Es así como, en la unidad de estudio una de las importantes actividades productivas es la agricultura, esto se debe a que gracias a su ubicación geográfica y clima los habitantes obtienen productos como: naranjilla (*Solanum quitoense*), caña (*Saccharum officinarum*), cabuya (*Furcraea andina*), papa (*Solanum tuberosum L.*), maíz duro (*Zea mays*), cacao fino de aroma (*Theobroma cacao*), papaya (*Carica papaya*), yuca (*Manihot esculenta*), cítricos, arazá (*Eugenia*

stipitata), borojó (*Borojoa patinoi*), tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), tomate de árbol (*Solanum betaceum*), granadilla (*Passiflora ligularis*), ají (*Capsicum annuum*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y algunas variedades de plátano (Gonzaga y Ramirez, 2014). Otras actividades que determinan la base de la economía de los habitantes son: la ganadería y la piscicultura (Chuquin, 2015). Así pues, Donoso (2012) en su investigación denominada “*Análisis del sistema ambiental según la metodología SENPLADES como aporte a la planificación y ordenamiento territorial del cantón Ibarra*” menciona que en diferentes localidades de la provincia de Imbabura tales como Lita, La Carolina, Ambuquí, Angochagua, Sagrario y San Francisco se ha formado una superficie compuesta por pastos en un 22,6% aproximadamente, a causa de las actividades ganaderas. Además, Lara (2015) señala que el 28% de la producción ganadera de la provincia se centra en el cantón Ibarra.

Por otra parte, entre las coberturas que también experimentaron pérdidas en su extensión está el páramo (Tabla 21), considerado como ecosistema frágil dentro del Ecuador, es decir, susceptible ante cualquier disturbio (MAE, 2013). Los páramos son de gran importancia para la regulación de la provisión de agua para las comunidades locales y las que se localizan en las zonas bajas de las cuencas hidrográficas. En la actualidad existe una gran preocupación sobre la condición ecológica de los páramos en especial de la calidad y cantidad de agua de los ríos y quebradas que se originan en este ecosistema (Hofstede et al., 2014).

La intensificación de las actividades productivas altera la dinámica natural de los ecosistemas ya que al perder parte de la superficie de los bosques y páramos se incurre en la pérdida de diversidad biológica (flora y fauna), además, existe alteraciones en los procesos ecológicos, se da paso a la erosión de los suelos, disminución y pérdida de caudales y no solo se evidencian impactos desde el punto de vista ambiental sino también en lo social ya que existe disminución en la provisión de servicios ecosistémicos (López et al., 2014).

Por lo que refiere al crecimiento en zonas urbanas (Tabla 21), Polliotto et al (2019) señalan que se ha producido un crecimiento acelerado de urbanizaciones en Latinoamérica en las últimas décadas, causando la pérdida de tierras fértiles. En un análisis realizado por Rosero (2021) en la subcuenca del río Ambi, se ha evidenciado que las zonas urbanas han incrementado 1622,64 hectáreas en 26 años (1991-2017). Del mismo modo en un estudio realizado en Cuenca, Pinos (2016) menciona que se ha ocasionado una disminución en los suelos productivos del cantón y se han perdido zonas boscosas, ya que han sido reemplazadas por viviendas dispersas, actividades agrícolas y una ganadería de subsistencia en gran parte del territorio cantonal.

En cuanto a las áreas sin vegetación se evidencia un incremento (Tabla 21), el cual puede llegar a ocupar una mayor extensión de territorio en años posteriores al 2017 debido a que en la cuenca se localizan los depósitos más grandes de oro (Au), cobre (Cu) y plata (Ag) a nivel mundial (SolGold, 2019). El interés por extraer estos minerales se ha hecho notable, recurriendo a la explotación de forma artesanal o ilegal (Macas, 2019). En la parroquia La Merced de Buenos Aires a partir del último trimestre del año 2017 llegaron personas ajenas a la parroquia con el fin de extraer el mineral ilegalmente, de acuerdo con los comuneros las personas que ingresaron provenían de Zaruma considerando que ellos tenían el conocimiento de la extracción de mineral ya que en la década de 1550 se describieron las primeras actividades mineras de tipo artesanal en este sector del país (Velásquez et al., 2010). Sin embargo, en el presente estudio no se ha podido cuantificar cartográficamente el área de impacto de la actividad minera debido a la limitante que se presentó en la búsqueda de imágenes satelitales, ya que para dicho efecto la información idónea era del año 2018 o años siguientes pero las imágenes presentaron altos niveles de nubosidad en el área de estudio y de acuerdo con Martínez et al. (2003), Polanco (2012) y Schorsch (2019) mencionan que las imágenes que contengan una elevada cobertura nubosa deben ser rechazadas y no utilizarse, especialmente para estudios de teledetección ya que dificulta el proceso además del análisis de los resultados deseados.

4.2. Evaluación de los impactos ambientales generados por el cambio de uso del suelo

Se identificaron los principales conductores de cambio en el uso del suelo de la cuenca hidrográfica del río Lita, siendo la agricultura, ganadería y minería ilegal, ya que éstas han sido las actividades productivas en las que las comunidades locales han basado su economía en los últimos años, sin embargo, han generado una serie de impactos ambientales negativos y conflictos sociales. A continuación, se presenta la valoración de impactos ambientales identificados y evaluados de forma individual de acuerdo con las actividades identificadas en la cuenca hidrográfica.

4.2.1. Agricultura

En la identificación de impactos ambientales de la actividad agrícola y evaluación respecto a los aspectos ambientales (Figura 11, Anexo 4) se obtuvo como resultados que 3 de los impactos identificados son de carácter *severo* los cuales representan un 5% del total, 23 *moderados* (36%), 26 *irrelevantes* (40%) y 12 *positivos* (19%). Sin embargo, Romero (2014) aplicó la misma metodología en su estudio “*Identificación y evaluación de impactos ambientales de la intervención por parte de la población en zona de reserva forestal Cuchillas del Choque en la vereda retiro de los blancos del municipio de Choconta*” y obtuvo como resultados 8 impactos críticos, 6 severos, 3 moderados, 9 irrelevantes.

Dentro de los impactos positivos descritos en los resultados (Figura 11) se encuentran la generación de empleo a los pobladores, ya que la actividad agrícola es la base de la economía de las comunidades asentadas dentro del área de estudio, así como de América Latina y el Caribe y de acuerdo con Vergara et al (2014), el sector agrícola contribuyó con el 5% del Producto Interno Bruto (PIB) de la región hasta el año 2012, del mismo modo se crearon plazas de empleo para hombres y mujeres cubriendo alrededor del 19% y 9% respectivamente.

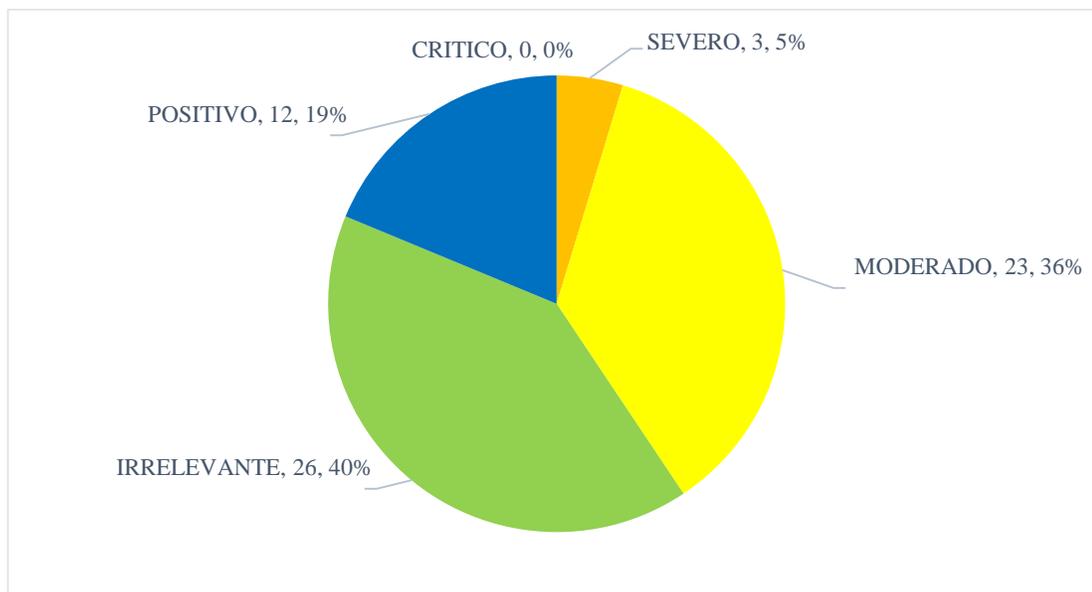


Figura 11. Resultados de la evaluación de impactos ambientales de la actividad agrícola

A pesar del beneficio descrito se han generado impactos en categoría de moderados e irrelevantes como son los conflictos sociales y ambientales en torno a la intensificación agrícola ya que se han perdido grandes extensiones de bosques destruyendo hábitats naturales provocando la disminución y pérdida de diversidad biológica, además, un cambio en las relaciones socioculturales (Rebolledo, 2011).

Por otra parte, los impactos ambientales con categorías de severos y moderados se encuentran en el ámbito físico siendo la erosión del suelo uno de los principales problemas ocasionados por la agricultura, esto conlleva a la degradación física del recurso (Figura 12a). Además, el suelo se contamina por la concentración de componentes químicos presentes en fertilizantes y pesticidas (Life Sinergia, s.f.). En Ecuador, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC] (2016), la superficie agropecuaria representa el 19% del territorio nacional, entre cultivos permanentes, cultivos transitorios y pastos cultivados, de los cuales, en los cultivos perennes el uso de agroquímicos se da en un 50,03% y en un 78,24% en los cultivos transitorios (Figura 12c). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2015), la agricultura también es una de las

causantes de la contaminación del aire ya que, por la combustión de biomasa de las plantas (Figura 12b), la utilización de fertilizantes y residuos de cultivos se emite al aire dióxido de carbono, óxido nitroso y partículas de humo.



Figura 12. Actividad agrícola en la cuenca hidrográfica del río Lita: a) Preparación del suelo y degradación del recurso, b) Quema de rastrojos y c) Uso de agroquímicos

4.2.2. Ganadería

En la identificación de impactos ambientales de la actividad ganadera y evaluación respecto a los aspectos ambientales (Figura 13, Anexo 5) se obtuvo como resultados que 3 de los impactos identificados son de carácter *severo*, los cuales representan un 10% del total, 7 *moderados* (24%), 13 *irrelevantes* (45%) y 6 *positivos* (21%).

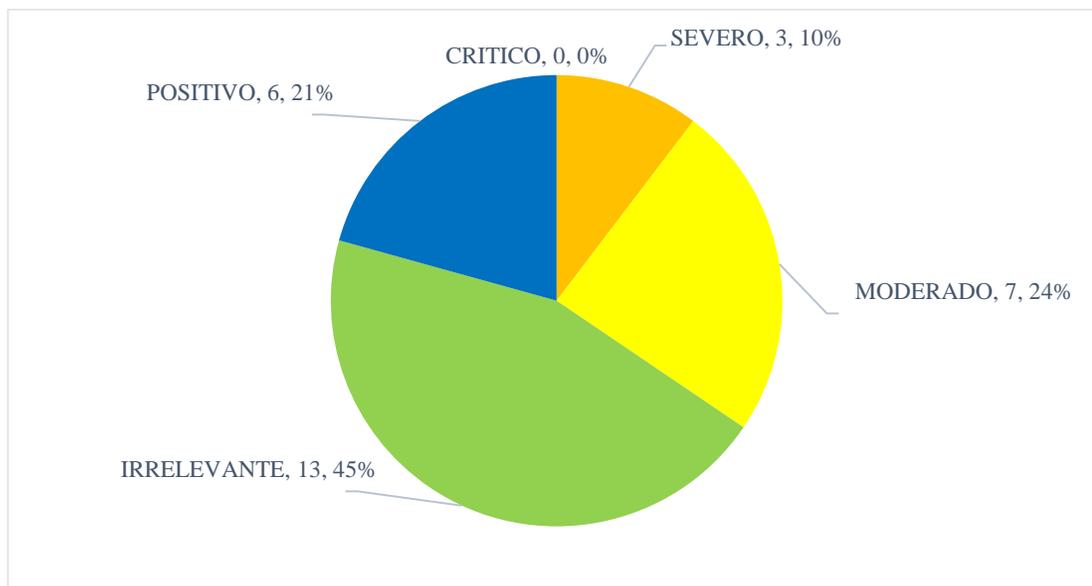


Figura 13. Resultados de la evaluación de impactos ambientales de la actividad ganadera

En el área de estudio, los principales impactos severos producidos por la actividad ganadera son el cambio de uso del suelo, emisiones de gases contaminantes y modificación del paisaje afectando los componentes ambientales físico (suelo, calidad del aire) y perceptual (paisaje) (Figura 14b). Arango (2012) afirma que esta actividad productiva es la que más utilidad hace del suelo, la cual ocupa el 26% de la superficie terrestre para el pastoreo del ganado (Figura 14c). Esta actividad es también responsable del 18% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero, tales como: dióxido de carbono emitiendo el 9 % del total de las emisiones globales a la atmósfera proveniente de la conversión de bosques a pastos, también emite metano en un 37% que proviene de la fermentación del estiércol de los animales, 65% de óxido nitroso y 64% de amoníaco (Steinfeld et al., 2009).

En cuanto a los impactos moderados, éstos afectan principalmente al componente físico (suelo) ocasionando la erosión y compactación de este en la zona, además afectan al componente biótico. Según Steinfeld et al. (2009), los principales factores que conllevan a la erosión de la tierra en la actividad ganadera son: la remoción de la vegetación natural que retiene el suelo (Figura 14a), las prácticas inapropiadas de

cultivo, la implementación de maquinaria agrícola pesada y el agotamiento de la fertilidad natural del suelo. En un estudio denominado “*Impacto en el medioambiente de las actividades agropecuarias en el cantón el Empalme, Ecuador*” por Silva et al. (2016) mencionan que los agricultores del cantón realizan prácticas inadecuadas en el proceso de cría del ganado vacuno lo que ha ocasionado un alto nivel de compactación y erosión del suelo.



Figura 14. Actividad ganadera en la cuenca hidrográfica del río Lita: a) Desbroce de vegetación para incremento de pastos, b) Mosaico agropecuario y c) Pastoreo de ganado vacuno

Por otra parte, la ganadería y cobertura de pastos han llegado a cubrir extensiones de páramo y bosques, lo que se considera como una amenaza para la biodiversidad ya sea

por la introducción de plagas y enfermedades, además, del deterioro de las vertientes y disminución de caudales (Arango, 2012; Jácome, 2015).

4.2.3. Minería

En la identificación de impactos ambientales de la actividad minera y evaluación respecto a los aspectos ambientales, se tiene como resultados 1 impacto en categoría de *crítico* lo que representa un 2% del total, 14 *severos* (25%), 24 *moderados* (44%), 11 *irrelevantes* (20%) y 5 *positivos* (9%) (Figura 15, Anexo 6). Los impactos críticos y moderados alteraron el componente suelo principalmente, del mismo modo Concha y Zambrano (2019) en su estudio “*Evaluación de los impactos ambientales producidos por fase de extracción de la actividad minera empresa Santa Rosa, cantón Camilo Ponce Enríquez*”, obtuvieron como resultados 4 impactos *críticos*, 5 *severos* y 3 *moderados*, similares a los obtenidos en el presente estudio ya que las principales alteraciones se encuentran en los componentes suelo y biótico.

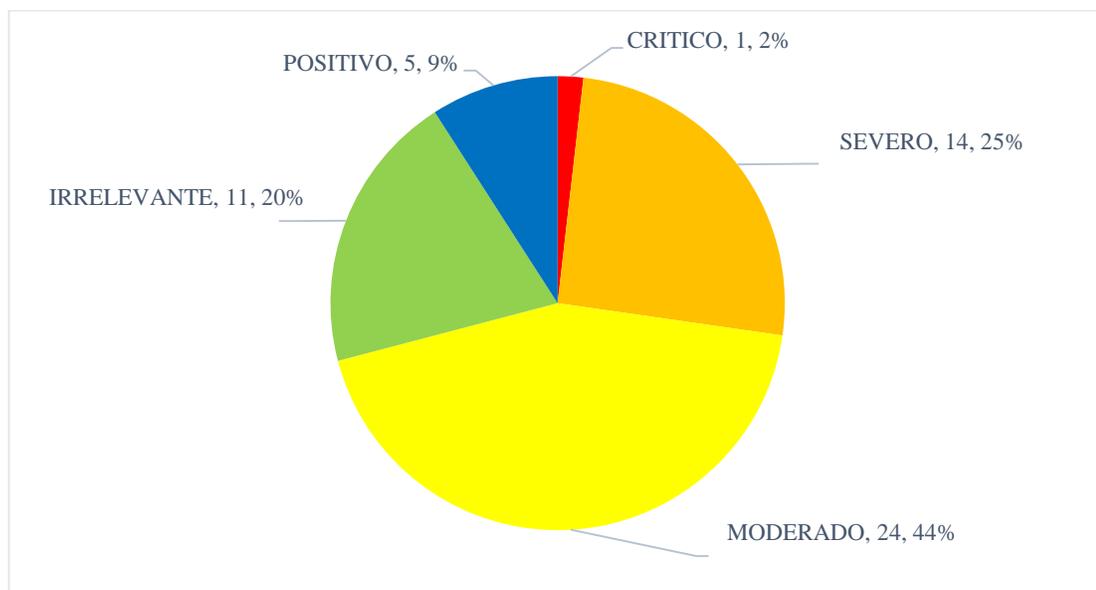


Figura 15. Resultados de la evaluación de impactos ambientales de la actividad minera

En este estudio se identificaron impactos críticos, severos y moderados que alteran a los componentes suelo y agua derivados de las actividades de remoción de suelo y

extracción del mineral, así como la apertura de caminos (Figura 15, Figura 16a y Figura 16b). En un estudio realizado en zonas mineras de la Amazonía brasileña se identificaron impactos ambientales vinculados a la actividad e infraestructura como las carreteras han causado alteraciones al suelo provocando la pérdida de la cobertura vegetal y alteración del ecosistema natural (Siquiera et al., 2020).



Figura 16. Impactos ambientales de la actividad minera en la parroquia La Merced de Buenos Aires: a) Pérdida de cobertura vegetal y modificación del paisaje y b) Contaminación del suelo.

Fuente: Adaptado de *Mina Vieja y Material minero abandonado*, de Ivan Castaneira, 2021, <https://n9.cl/ny0vbw.Tegantai>.

En el área de estudio se localizan alrededor de 40 concesiones mineras otorgadas a empresas nacionales e internacionales, entre las principales están la Empresa Nacional Minera (ENAMI-EP), Exploraciones Novomining S.A. y Hanrine (Banco Central del Ecuador, 2020; SolGold, 2019). Estas concesiones se encuentran en fase de exploración, sin embargo, se han generado conflictos en torno a la actividad minera como lo ocurrido en la parroquia La Merced de Buenos Aires, con la llegada de los mineros ilegales desató una serie de conflictos socioambientales los cuales han sido identificados en el estudio y se han catalogado con una importancia de impactos

severos y moderados (Anexo 6), estos resultados se replican a lo ocurrido en el proyecto Mirador ubicado en Zamora Chinchipe mismo que se encuentra establecido en territorio indígena y sus pobladores lo defienden aseverando su importancia cultural y ancestral (Avci y Fernández, 2016), por otra parte, en Intag-Imbabura, campesinos y grupos ambientalistas se oponen y defienden los medios y formas de vida y el ambiente local (Avci, 2017); estos conflictos se suscitan debido a que las comunidades han perdido el acceso al pastoreo, a cosechar productos forestales no maderables (frutas, verduras silvestres), insectos comestibles, leña, plantas medicinales además han perdido la tranquilidad en su entorno local a causa de las minas (Shackleton, 2020).

4.3. Determinación de los impactos futuros bajo un escenario de uso de suelo proyectado

A continuación, se presentan los resultados de un escenario de uso del suelo proyectado para el año 2038 obtenido del módulo *Land Change Modeler* y *Marcov*, con una precisión de 83,66%, esta predicción se realizó en un periodo de 21 años (Figura 18). Roy et al. (2014) mencionan que, para conseguir una mejor predicción del CUS, es importante que la simulación se realice para periodos cortos de tiempo. Este factor puede considerarse como un limitante en la aplicación del modelo (Pérez et al., 2011).

En un periodo de 21 años a partir del año 1996 al 2017 se ha evidenciado una transformación en la cobertura vegetal de la cuenca debido a las actividades antrópicas, las cuales han modificado la vegetación natural de la zona, esta tendencia de cambio se mantiene hasta el año 2038, es decir, en un periodo de 21 años más a partir del 2017. Los usos del suelo de bosque y páramo disminuyen 4604 hectáreas (7,24%) y 141 hectáreas (0,22%) respectivamente como se muestra en la figura 17, mientras que las áreas de pastos, cultivos, vegetación arbustiva, zona urbana y área sin vegetación siguen en constante crecimiento, especialmente los pastos han incrementado 3548 hectáreas (5,58%) y los cultivos 675 hectáreas (1,06%).

Del mismo modo, Wu et al. (2019) evaluaron el CUS en la ciudad Kunshan en China y en sus resultados se muestra que hubo un incremento de las áreas urbanas en un 19%

desde el 2006 hasta el 2016 y continuará expandiéndose en un 15% hasta el 2030, donde el suelo urbano se convertiría en la principal fuente de contaminación en todos los escenarios futuros. De acuerdo con esta afirmación y con los resultados mostrados en la figura 17 se evidencia que los cambios en el uso del suelo de la cuenca tienen estrecha relación con el crecimiento urbano, que a pesar de ser mínimo ejercen una presión sobre los recursos naturales incrementando la problemática ambiental (Pérez et al., 2011).

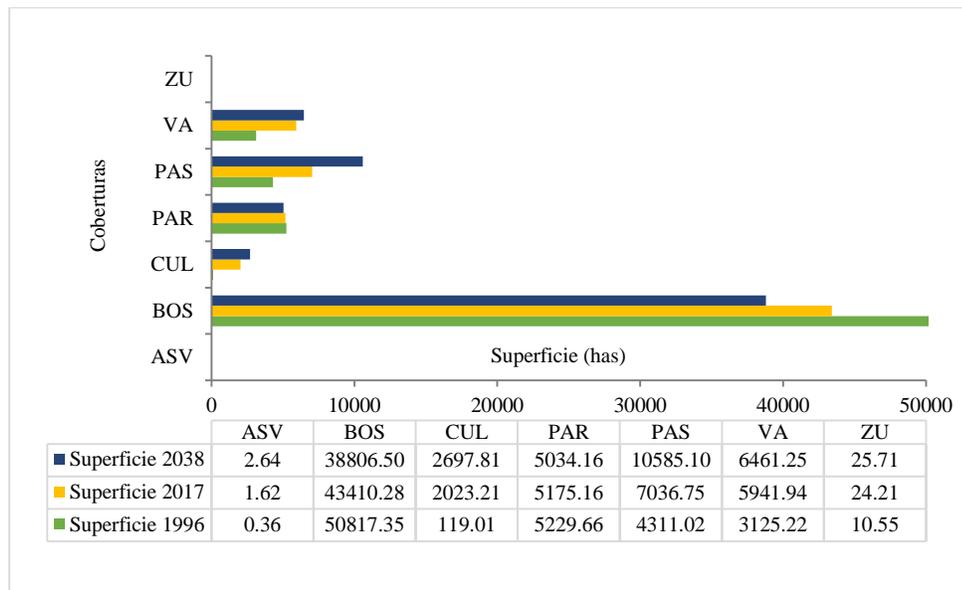


Figura 17. Variación en la superficie de las coberturas durante los años 1996, 2017 y la proyección a 2038

Nota: Áreas sin vegetación (ASV), Bosque (BOS), Cultivos (CUL), Páramo (PAR), Pastos (PAS), Vegetación arbustiva (VA) y Zona urbana (ZU).

Por otra parte, Pinos (2016) en su estudio realizado en el cantón Cuenca analizó los cambios del uso de suelo entre 1991 y el 2001 y su proyección al año 2010 y 2030, obtuvo como resultados que para el año 2030 las coberturas de bosque y páramo disminuyen 9049 hectáreas y 17306 hectáreas respectivamente, mientras que las coberturas de pastos y cultivos mantienen una tendencia de crecimiento, llegando a cubrir una superficie de 41909 hectáreas. La pérdida de bosques incide en la disminución en la provisión de servicios ambientales, así como la degradación progresiva de los ecosistemas naturales (Wang et al., 2018). Mientras que Moreno

(2017) en su trabajo de investigación en el que evaluó los cambios de uso y cobertura del suelo y el impacto en los servicios ambientales de la reserva natural Pacoche, demuestra que el bosque nativo ha sido una de las coberturas con mayores pérdidas, lo que ha afectado a los servicios ambientales de provisión y de regulación.

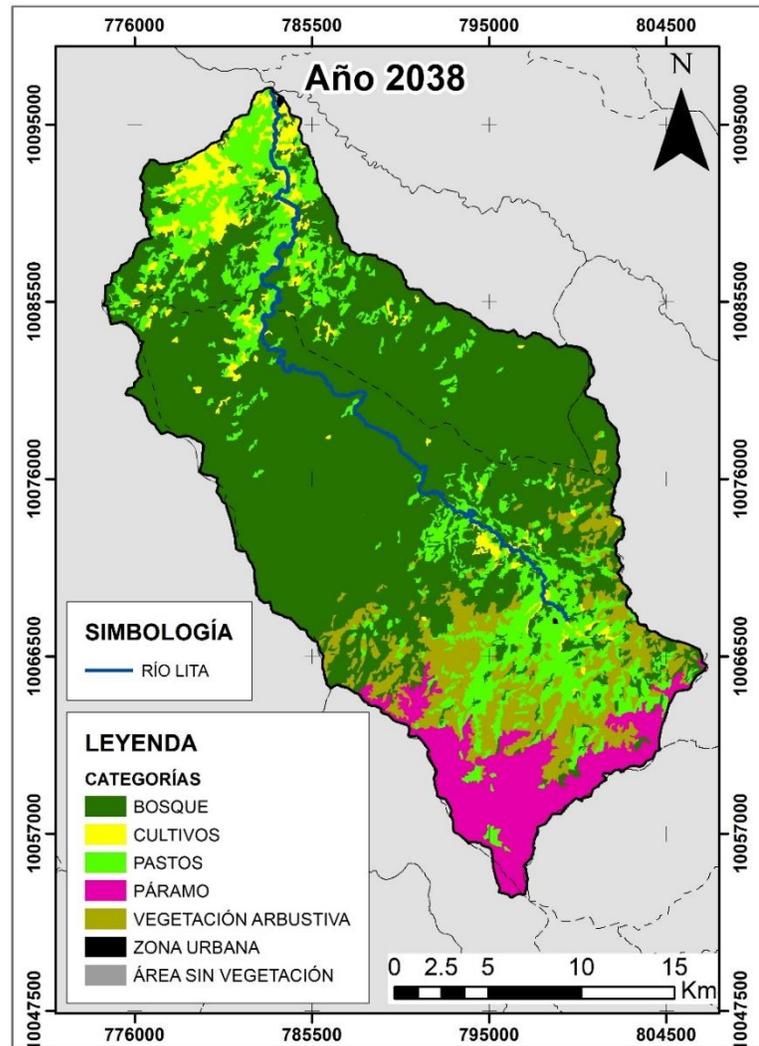


Figura 18. Escenario de uso del suelo proyectado para el año 2038

4.3.1. Análisis de causas subyacentes del CUS

Los resultados previamente obtenidos permitieron identificar los conductores de cambio en el uso del suelo de la cuenca y las causas subyacentes que lo provocan, de

esta forma se determinaron los impactos actuales y futuros por cada causa como se muestra en la figura 19.

Conductores inmediatos	Causas subyacentes	Demográfico	Económico		Tecnológico	Institucional		Cultural	
	Agentes		Crecimiento poblacional, migración	Pobreza		Demanda de mercado	Desarrollo de infraestructura/vías	Falta de política pública	Falta de control y regulación
Expansión agrícola	Pobladores locales	↗	→	↗	↗	→	→	↗	→
Expansión ganadera		↗	→	↗	→	→	→	↗	→
Minería		↗	→	↗	↗	↘	↘	→	↗

Figura 19. Matriz de impactos presentes y futuros subyacentes del CUS en la cuenca hidrográfica del río Lita

En este análisis se ha identificado que una de las principales causas del CUS es el crecimiento poblacional, cambios que ocurren de forma natural o a través de la migración (Obiahu et al., 2021). En la provincia de Imbabura de acuerdo con cifras de Delgado (2021) y su estimación poblacional basada en datos del año 2018, en el cual alrededor de 470 mil personas residían en la provincia, cifra que se espera se incremente a cerca de 540 mil personas en 2030 y a 585 mil en 2040, incremento al que se suma la llegada de migrantes extranjeros a la provincia. Datos que muestran un crecimiento poblacional de tipo exponencial a través del tiempo, lo que implica una mayor demanda de productos agropecuarios y por lo tanto, una afectación directa en el patrón de uso de la tierra y el suelo de un determinado lugar (Obiahu et al., 2021).

Asimismo, otra de las causas está el componente económico de las comunidades rurales asentadas dentro el área de estudio, ya que la pobreza es uno de los factores determinantes que conllevan al CUS. La expansión de la frontera agrícola y ganadera se debe a que estas actividades son el principal medio de subsistencia y que permite

combatir al factor (Zarrilli, 2020). Del mismo modo la actividad minera en el área de estudio ha representado una nueva forma de ingresos y oportunidad de trabajo para los pobladores locales, como lo menciona Arizaca et al. (2020) esta actividad productiva sí representa una nueva oportunidad laboral y económica para las comunidades rurales, sin embargo, también aumenta la complejidad de sus impactos y los desafíos que implica la degradación ambiental y los conflictos socio ambientales que esta ocasiona.

En cuanto a las causas tecnológicas se encuentra el desarrollo de infraestructura y vías, factores que favorecen a que la actividad agropecuaria sea más rentable (Volante, 2014). Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente el acceso a algunas de las comunidades asentadas en la cuenca hidrográfica es dificultoso, debido a que las vías de segundo y tercer orden se encuentran en mal estado, también a veces ocurren deslizamientos del suelo y derrumbes provocados en su mayoría por las malas prácticas agropecuarias y forestales, las cuales han reducido la capa vegetal del suelo (GAD Rural de Lita, 2014). Por otra parte, las causas institucionales también tienen que ver con el cambio de uso del suelo (Schmook y Vance, 2009), ya que en el Ecuador la ineficiencia de las políticas públicas en temática ambiental ha sido considerada como una de las principales causas del incremento de la tasa de deforestación en el país, sin embargo, en los últimos años se han llevado a cabo programas de incentivos para conservación de los bosques nativos, el más representativo es el programa Socio Bosque (Valdez y Cisneros, 2020). Además, Quintana (2017) hace referencia que los negocios de servicios ambientales (ecoturismo) serían una alternativa viable para reducir los impactos de las diferentes actividades productivas en comunidades rurales, pero el conocimiento sobre este mercado se considera como una limitante para poder impulsarlo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En la cuenca hidrográfica del río Lita se ha evidenciado una transformación en la cobertura vegetal durante los años de estudio debido a las diferentes actividades productivas y su intensificación. Los resultados obtenidos muestran que el bosque se ha reducido en un 11,64% al mismo tiempo que ha habido un incremento en la superficie agrícola y pastizales, además se ha identificado que la actividad minera ha influenciado en las transformaciones en el uso del suelo de la cuenca. Estas conversiones de los usos naturales del suelo han provocado impactos ambientales negativos principalmente a la diversidad biológica.

Los impactos ambientales identificados en la actividad agrícola, ganadera y minera afectan principalmente a los componentes suelo y biótico ocasionado por el desbroce de vegetación natural, remoción del suelo, entre otros. Sin embargo, las comunidades locales han obtenido un beneficio económico por la generación de empleo a sus pobladores, además, se ha identificado que estos impactos ambientales perduran e incrementan con el tiempo, problemática que tiene relación con el crecimiento demográfico y la demanda de recursos naturales que esto conlleva.

El estudio también se enfocó en mostrar un escenario futuro de cambio de uso del suelo y los impactos que este ocasiona. La proyección se realizó al año 2038 y el escenario obtenido estima una pérdida de 7,24% de bosque y un constante incremento en pastos y cultivos, tendencia de cambio que se mantiene desde el año 1996 así como los impactos ambientales que provoca. Se considera como la causa más influyente en la transformación del uso del suelo de la cuenca al crecimiento poblacional ya que conduce a la expansión de frontera agrícola y ganadera para poder satisfacer las necesidades básicas de la población.

5.2. Recomendaciones

En la búsqueda de imágenes satelitales es recomendable considerar criterios que influyen en la calidad de la información como la alta presencia de nubes y sombras ya que dificulta el proceso de clasificación de uso del suelo.

El conflicto social que se vive en el área de influencia de la cuenca hace del lugar un sitio idóneo para implementar más proyectos de investigación enfocados a los impactos ambientales que causa la excesiva demanda de los recursos naturales.

Socializar los resultados obtenidos a fin de lograr la participación de las autoridades locales, parroquiales, cantonales y provinciales para la generación de política ambientales enfocadas en el manejo de los recursos naturales.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son de importancia y deberían ser considerados en las nuevas actualizaciones de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de las parroquias Lita y La Merced de Buenos Aires.

REFERENCIAS

- Adler, R., Bergquist, B., Adler, S., Guimarães, J., Lees, P., Niquen, W., y Veiga, M. (2013). Challenges to measuring, monitoring, and addressing the cumulative impacts of artisanal and small-scale gold mining in Ecuador. *Resources Policy*, 38(4), 713 – 722. Doi: 10.1016/j.resourpol.2013.03.007
- Aguayo, M. Pauchard, A. Azócar, G. y Parra, O. (2009). Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural*. 82, 361-374.
- Aldana, A. y Bosque, J. (2008). Cambios ocurridos en la cobertura/uso de la tierra del Parque Nacional Sierra de la Culata. Mérida-Venezuela. Período 1988-2003. *GeoFocus*, N° 8, pp. 139-168. ISSN: 1578-5157.
- Altamirano, A. y Lara, A. (2010). Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro – sur de Chile. *Bosque*, 31(1).
- Arango, L. (2012). Ganadería bovina en América Latina (pp.81-82). D - FAO. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/66078?>
- Arellano, Y., y Ruales, O. (2012). *Estudio de factibilidad para la creación de una planta de producción y comercialización de lácteos en la Parroquia La Merced de Buenos Aires del Cantón de Urcuquí* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2403/1/02%20ICO%20328%20TESIS.pdf>
- Arizaca, A., Arizaca, F. y Huisa, F. (2020). Impacto de las transferencias por canon-regalías en el índice de desarrollo humano y la pobreza de los distritos del Perú: Aplicación de la técnica de minería de datos. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 8(2).

- Avci, D. (2017). Mining conflicts and transformative politics: A comparison of Intag (Ecuador) and Mount Ida (Turkey) environmental struggles. *Geoforum*, 84, 316–325. doi:10.1016/j.geoforum.2015.07.013
- Avci, D., y Fernández-Salvador, C. (2016). Territorial dynamics and local resistance: Two mining conflicts in Ecuador compared. *The Extractive Industries and Society*, 3(4), 912–921. doi:10.1016/j.exis.2016.10.007
- Banco Central del Ecuador, (2020). *Reporte de minería*.
- Bustamante, T., y Lara, R. (2010). *El Dorado o la caja de Pandora*. FLACSO Ecuador.
- Carodenuto, S., Merger, E., Essomba, E., Panev, M., Pistorius, T., y Amougou, J. (2015). A Methodological Framework for Assessing Agents, Proximate Drivers and Underlying Causes of Deforestation: Field Test Results from Southern Cameroon. *Forest*, 6(1). 203-224. <https://doi.org/10.3390/f6010203>
- Cerda, J. y Villaroel, L. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista Chilena de Pediatría*. (1). 54-58.
- Cerrón J, del Castillo J, Bonnesoeur V, Peralvo M, y Mathez-Stiefel S L. (2019). *Relación entre árboles, cobertura y uso de la tierra y servicios hidrológicos en los Andes Tropicales: Una síntesis del conocimiento*. Occasional Paper No. 27. Lima, Perú. Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF), Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN). DOI: <http://dx.doi.org/10.5716/OP19056.PDF>
- Cevallos, M. P. (2015). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia de Buenos Aires 2015-2019. Recuperado de: <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Parroquial/PDOT%20BUENO%20AIRES.pdf>

- Chacón, B. y Pinilla, L. (2018). *Propuesta de una guía metodológica para la realización de la evaluación de impacto ambiental aplicable en ecoparque sabana (Jaime Duque)* [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia].
- Chamorro, W. (2020). Minería ilegal en Imbabura - Rainforest Action Group. (4 septiembre 2020). <https://rainforestactiongroup.org/es/illegal-mining-in-imbabura/>
- Chuquin, M. (2015). *Estrategia de comercialización de una ruta agroturística para el mejoramiento socioeconómico de los pobladores de la parroquia de Lita, cantón Ibarra*. [Tesis de pregrado, Universidad Regional Autónoma de los Andes].
- Chuvieco, E. (2002). *Fundamentos de Teledetección Espacial*, tercera edición. Manuales Universitarios Rialp. Editorial Rialp
- Código Orgánico Ambiental [COA] (2017). *Registro oficial*, 983 (12 de abril de 2017).
- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización [COOTAD] (2010). *Registro Oficial*, 303 (19 de octubre de 2010).
- Concha, E. y Zambrano, M. (2019). *Evaluación de los impactos ambientales producidos por fase de extracción de la actividad minera empresa Santa Rosa, cantón Camilo Ponce Enríquez* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala, Ecuador].
- Conesa Fernández, V. (1997). *Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental. Segunda edición*. Editorial Mundi-Prensa, Madrid.
- Constitución de la República del Ecuador (2008). *Registro oficial*, 449 (20 de octubre de 2008).

- Coria, I. (2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. *Invenio*, vol. 11, núm. 20.
- Corporación Autónoma Regional de Caldas [CORPOCALDAS], Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], (2012). *Estudio semidetallado de suelos de los municipios de Manizales, Chinchiná, Palestina, Neira y Villamaría*. Manizales, Colombia.
- Crespo, C. y Salvador, A. (2005). Evaluación de impacto ambiental. Pearson Educación. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/45334?page=37>
- Cruz, B., Gaspari, F., Rodríguez, A., Carrillo, F. y Téllez, J. (2015). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México. *Investigación y Ciencia*, vol. 23, núm. 64, pp. 26-34.
- Del Toro, N., Gomariz, F., Cánovas, F. y Alonso, F. (2015). Comparación de métodos de clasificación de imágenes de satélite en la cuenca del río Argos (Región de Murcia). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (67).
- Delgado, A. (2021). Proyecciones de la población de la provincia de Imbabura (Ecuador), 2011-2040. "*Matemática*" *ESPOL-FCNM JOURNAL*, 19(1).
- Delgado, M., Matteucci, S., Acevedo, M., Valeri, C., Blanca, R. y Marquéz, J. (2017). Causas directas que inducen el cambio de uso del suelo y de la cobertura boscosa, a escala de paisaje, en el sur de Venezuela. *Interciencia*.
- Dezécache, C., Faure, E., Gond, V., Salles, J., Vieilledent, G., y Hérault, B. (2017). Gold-rush in a forested El Dorado: deforestation leakages and the need for regional cooperation. *Environmental Research Letters*, 12(3). Doi:10.1088/1748-9326/aa6082
- Díaz, M., Gandara, G., Tesoro, A., Correa, A., Ocampo, A., Ruggeri, P., y Delfino, R. (2009). *Salud y seguridad en trabajos de minería*. Fernando Ramírez.

- Donoso, E. (2012). *Análisis del sistema ambiental según la metodología SEMPLADES como aporte a la planificación y ordenamiento territorial del cantón Ibarra. Enríquez* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].
- Dore, E. (1994). Alternativas Latinoamericanas Una interpretación socio-ecológica de la Historia minera Latinoamericana. *Dialnet*, (7), 49-68. <https://doi.org/ISSN1130-6378>
- Espinoza, G. (2007). *Gestión y fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago-Chile: Banco Interamericano de Desarrollo-BID y Centro de Estudios para el Desarrollo-CED.
- Fagua, J., y Ramsey, R. (2019). Geospatial modeling of land cover change in the Chocó-Darién global ecoregion of South America; One of most biodiverse and rainy areas in the world. *PLOS ONE*, 14(2). Doi:10.1371/journal.pone.0211324
- Falcón, O. (2014). *Dinámica de cambio en la cobertura/uso del suelo, en una región del estado de Quintana Roo, México* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Galicia, L., García, A., Gómez, L. y Ramírez, M. (2007). Cambio de uso del suelo y degradación ambiental. *CIENCIA*, 58(4).
- Garai, D. y Narayana, A. C. (2018). Land use/land cover changes in the mining area of Godavari coal fields of southern India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*.
- García, D. (2011). Efectos biológicos de la fragmentación de hábitats: nuevas aproximaciones para resolver un viejo problema. *Ecosistemas*.
- GeoPlaDes (2009). *Estudio Multitemporal de la Cobertura Vegetal y Uso del Suelo en los años 1990 – 2008 y Proyección al 2030*. Presentado a The Nature

Conservancy.

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Lita [GAD Rural de Lita] (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014-2019*.

Gonzaga, G. y Ramírez, L. (2014). *Estudio de la Cadena productiva de la Naranjilla en la Parroquia Lita Provincia de Imbabura en el periodo 2008-2012* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador].

Granda, L. (2012). *Estudio de impacto ambiental del proyecto: Centro de almacenamiento temporal y disposición final de desechos industriales: Barrotieta* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador].

Hengkai, L., Feng, X., y Qin, L. (2020). Remote sensing monitoring of land damage and restoration in rare earth mining areas in 6 counties in southern Jiangxi based on multisource sequential images. *Journal of Environmental Management*, 267, 110653. Doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110653

Henríquez, L. E. (2012). *Escenarios futuros de uso de suelo para el análisis del efecto del cambio global en los recursos hídricos aplicado al acuífero de la Mancha Oriental* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/15479/TFM_Lenin_Henriquez_2011.pdf?sequence=1

Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., Vázquez, A., y Cerra, M. (2014). *Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. UICN, Quito, Ecuador

Hooke, R., Martín, J., y Pedraza, J. (2012). Land transformation by human: a review. *Geological Society of America*, 22, 4–10.

- Instituto Internacional para el Medio Ambiente y Desarrollo IIED. (2002). *Minería Artesanal y en Pequeña Escala*. Recuperado de <http://pubs.iied.org/pdfs/G00687.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC] (2016). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2016. Obtenido de. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Informacion_ambiental_en_la_agricultura
- Jácome, G. (2015). *Propuesta de gestión de los conflictos socioambientales generados por el agua de consumo humano dentro de la microcuenca de la laguna de Yahuarcocha* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador].
- Janssen, L., y Bakker, W. (2001). *Principles of remote sensing*. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC).
- Jaramillo, D. F. (2009). Variabilidad espacial de las propiedades ándicas de un andisol hidromórfico del Oriente Antioqueño (Colombia). 62(1), 4907-4921. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a17v62n1.pdf>
- Jumbo, F. (2015). Delimitación automática de microcuencas utilizando datos SRTM de la NASA. Enfoque UTE, 6(4), 81-97. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v6n4.80>
- Lara, D. (2015). *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Asfaltado de la Vía Quichinche – Urcusiqui*. Gobierno Autónomo Descentralizado de Imbabura.
- Leguía, J. Villegas, H. y Alaiga, J. (2011). Deforestación en Bolivia: Una aproximación espacial. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*.
- Leica Geosystems GIS y Mapping, LLC. (2004). *ERDAS field guide* (7th ed.).

- Leija, E., Reyes, H., Reyes, O., Flores, J., y Sahagún, F. (2016). Cambios en la cubierta vegetal, usos de la tierra y escenarios futuros en la región costera del estado de Oaxaca, México <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v22n1/1405-0471-mb-22-01-00125.pdf>
- Leopold, L.B. et. al. (1973). A procedure for Evaluating Enviromental Impact. US Department of the Interior. USA: Gov. Print. Office.
- Ley de Minería (2009). *Registro oficial*, 517 (29 de enero del 2009).
- Life Sinergia (s.f.). Producción Respetuosa en Viticultura Impactos Ambientales en Agricultura, pp-6
- Liu, J., Kuang, W., Zhang, Z., Xu, X., Qin, Y., Ning, J., Zhou, W., Zhang, S., Li, R., Yan, C., Wu, S., Shi, X, Jiang, N., Yu, D., Pan, X. y Chi, W. (2014). Spatiotemporal characteristics, patterns, and causes of land-use changes in China since the late 1980s. *Journal of Geographical Sciences*, 24(2), 195–210. Doi:10.1007/s11442-014-1082-6
- Liu, J., y Taylor, W. (2002). Integración de la ecología del paisaje en la gestión de recursos naturales. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511613654>
- Liu, Y., Guo, Q. y Kelly, M. (2008). A framework of region-based spatial relations for non-overlapping features and its application in object based image analysis. ISPRS. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 63, 461–475.
- Lombeida, A., Calderón, F., Santos, A y Párraga, C. (2017). Evaluación geoespacial del cambio de cobertura y uso del suelo: caso del cantón las Naves, provincia Bolívar. *CIENCIA*, 19(2).
- López, G. (2018). *Análisis de impactos paisajísticos y vulnerabilidad física derivados de la actividad minera en la parroquia La Merced de Buenos Aires, cantón Urcuquí*. [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador,

Quito, Ecuador]

- López, V., Balderas, M., Chávez, M., Juan, J. y Gutiérrez, J. (2014). Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano. *CIENCIA*.
- Loza, A. y Taype, I. (2020). Análisis multitemporal de asociaciones vegetales y cambios de uso del suelo en una localidad altoandina, Puno-Perú. *Uniciencia*, 35 (2).
- Lux, B. (2016). *Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas*. Universidad de San Carlos Guatemala.
- Macas, J. (2019). *Correlación de la propuesta gama espectrométrica con la litología y la alteración hidrotermal, en el pozo CSD-18-068 del pórfido Alpala – Proyecto Cascabel, provincia de Imbabura, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil, Ecuador].
- Martínez, L., Palá, V., y Arbiol, R. (2003). Discriminación de nubes, agua e innovación en series de imágenes corregidas y compensadas físico-estadísticamente.
- Mendoza, F. (2011). Análisis Multitemporal del Cambio de Uso del Suelo en base a Imágenes Satelitales de los territorios indígenas de Mayangna Sauni As, MayangnaSauni Bas, Sikilta, Matung Bak / Sauni Arungka, SIPBAA, Layasiksa y el área afectada por el Huracán Félix en 2007 para el período de tiempo 2005 – 2007/08 en los Departamentos de Jinotega y la RAAN, Nicaragua. Managua, Nicaragua. Disponible en: <http://masrenace.wikispaces.com/file/view/Analisis+multitemporal+Cambio+Uso+Suelo.pdf>
- Ministerio de Minería (2016). Instructivo para el Otorgamiento de Concesiones Minera para Minerales Metálicos. Quito: Registro Oficial No. 722

- Ministerio del Ambiente [MAE] (2013). *Sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente [MAE] (2017). *Deforestación del Ecuador continental periodo 2014-2016*. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE] (2007). *Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas*. Proyecto GEF Ecuador: Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP-GEF). Quito.
- Ministerio del Ambiente Ecuador [MAE] (2012). *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025*. Quito, Ecuador.
<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu140074.pdf>
- Montaño, A. E. (2018). *Análisis multitemporal de cambios de uso de suelo en la zona minera del cantón Portovelo entre los años 2001-2016* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional UG.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29536>
- Moreno, G., (2017). *Análisis del cambio de uso y cobertura del suelo y su impacto en los servicios ambientales en el bosque Pacoche en el cantón Manta de la provincia de Manabí*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/128811/D-CD108604.pdf>
- Muñoz, F., Gaicia, L. y Pérez, E. (2018). Agricultura migratoria conductor del cambio de uso del suelo de ecosistemas alto – andinos de Colombia. *Bioteología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(1).
- Nájera, O., Bojórquez, J., Cifuentes, L. y Marceleño, S. (2010). Cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Mololoa, Nayarit. *Revista Bio-Ciencias*, 1(1).

- Obiahu, O., Yang, Z. y Uchenna, U. (2021). Spatiotemporal analysis of land use land cover changes and built-up expansion projection in predominantly dystrophic soil of Ebonyi state, Southeastern, Nigeria. *Environmental Challenges*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100145>
- Obodai, J., Adjei, K., Odai, S., y Lumor, M. (2018). Land use/ land cover dynamics using Landsat data in a gold mining basin-the Ankobra, Ghana. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. Doi: 10.1016/j.rsase.2018.10.007
- Organización de Conflictos Mineros de América Latina [OCMAL] (2019). *Conflictos mineros en América Latina: Extracción, saqueo y agresión: Estado de situación 2018*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2015). Agricultura y medio ambiente. Consultado el 02 de mayo del 2021. <http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.htm#TopOfPage>
- Organización Mundial de la Salud [OMS] (2017). *Riesgos para la salud relacionados con el trabajo y el medioambiente asociados a la extracción de oro artesanal o a pequeña escala*. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259452/9789243510279-spa.pdf;jsessionid=133F3C6F2588C56E4E936A0CE6EBC62C?sequence=1>
- Paredes, M. Uribe, L. y Rosales, V. (2019). Manual de impacto ambiental. Bogotá, Ediciones de la U. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/127100?page=118>.
- Parra, L., Rivera, M. y Lizama, E. (2015). Criterios de evaluación de impacto ambiental en el sector minero, *Diseño y Tecnología*, 18(2), 99-112.
- Pekel, J., Cottam, A., Gorelick, N., y Belward, A. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540(7633), 418-422. <https://doi.org/10.1038/nature20584>

- Pérez, D., Segovia, J., Cabrera, P., Delgado, I., y Martins, M. (2018). Uso del suelo y su influencia en la presión y degradación de los recursos hídricos en cuencas hidrográficas. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 9(1), 41-57. <https://doi.org/10.22490/21456453.2089>
- Pérez, R., Valdez, R., Moreno, F., Gonzáles, A. y Valdez, J. (2011). Predicción espacial de los cambios del uso de suelo en Texcoco, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2 (5).
- Pinos, N. (2016). *Prospectiva del uso del suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial: Caso cantón Cuenca* [Tesis de maestría, Universidad de Cuenca, Ecuador].
- Polanco, J. (2012). Teledetección de la vegetación del páramo de Belmira con imágenes Landsat. *Dyna*, 79 (171).
- Polliotto, G., Lema, E., Alonso, M., Reyes, G. y Simeoni, D. (2019). Impactos ambientales asociados al crecimiento urbano: el caso de los barrios cerrados en la ciudad de Salta. *Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo*. DOI10.5821/siiu.6821
- Pourrut, P. (1983). *Los climas del Ecuador – Fundamentos explicativos*. Orstom, Quito.
- Quintana, A. (2017). *Impacto de las causas próximas y subyacentes en el cambio del bosque andino y altoandino del municipio de Chámeza (Casanare – Colombia)* [Tesis de posgrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia].
- Rebolledo, D. (2011). Manual para la valoración social de: impactos y daños ambientales de actividades agrícolas. FAO

- Reinoso, L. (2014). *Criterios para la elaboración de estudios de impacto ambiental: versión 2013. – Primera edición*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.
- Reuter, A. (2006). *Nociones de cartografía, proyecciones, sistemas de referencia y coordenadas en Argentina*. <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-29-Nociones-cartografia-REUTER.pdf>
- Reyes, H. y Sahagún, F. (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *CienciaUAT*, 6-21.
- Rodríguez-Echeverry, J., Echeverría, C., y Nahuelhual, L. (2015). Impacts of anthropogenic land-use change on populations of the Endangered Patagonian cypress *Fitzroya cupressoides* in southern Chile: implications for its conservation. *Oryx*, 49(03), 447–452. Doi: 10.1017/s0030605314000945
- Rodríguez-Echeverry, J., Fuentes, R., Leiton, M. y Jaque E. (2018). Changing Landscape Forest: Implications for its Conservation. *Environment and Natural Resources Research*. Doi: 10.5539/enrr.v8n3p44
- Romero, E. (2014). *Identificación y evaluación de impactos ambientales, de la intervención por parte de la población en la zona de reserva forestal Cuchillas del Choque en la vereda retiro de los blancos del municipio de Choconta* [Tesis de especialización, Universidad Libre de Colombia].
- Rosero, E. (2021). *Estudio multitemporal de uso del suelo y cobertura vegetal de la subcuenca del río Ambi, provincia Imbabura, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio digital Universidad Técnica del Norte.
- Roy, H. G., Fox, D. M., y Emsellem, K. (2014). Predicting Land Cover Change in a Mediterranean Catchment at Different Time Scales. In B. et al Murgante (Ed.),

Computational Science and Its Applications - ICCSA 2014. Lecture Notes in Computer Science (ICCSA). Springer, 315-330.

Salas, V., Pinedo, C., Viramontes, O., Báez, A., y Quintana, R. (2011). Morfometría de la cuenca del río Nazas-Rodeo aplicando tecnología geoespacial en Durango, México. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 5(1): 34-42.

Sánchez, J. (2016). Análisis de calidad cartográfica mediante el estudio de la matriz de confusión. *Pensamiento matemático*. (6), p11.

Sandoval, F., Albán, J., Carvajal, M., Chamorro, C., y Pazmiño, D. (2000). Capítulo 7- Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable en Ecuador. Consultado el 20 de julio del 2020.

Sandoval, G. (2009). *Análisis del proceso de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del Gran Valparaíso, su evolución y escenarios futuros* [Tesis de grado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/100106>

Sarria, F. (2006). *Sistemas de Información Geográfica*. Murcia: Universidad de Murcia. 239p.

Sbarato, R. D., Sbarato, V. M. y Ortega, J. E. (2016). Los estudios de impacto ambiental. Editorial Brujas. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/77039?pg=37>

Schmook, B., y Vance, C. (2009). Agricultural Policy, Market Barriers, and Deforestation: The Case of Mexico's Southern Yucatán. *World Development*, 37(5), 1015-1025. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2008.09.006>

Schorsch, C. (2019). *Análisis del cambio de uso del suelo en el Bloque Ishpingo, Tambococha y Tiputini (ITT) de la Amazonía Ecuatoriana* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Amazónica, Ecuador].

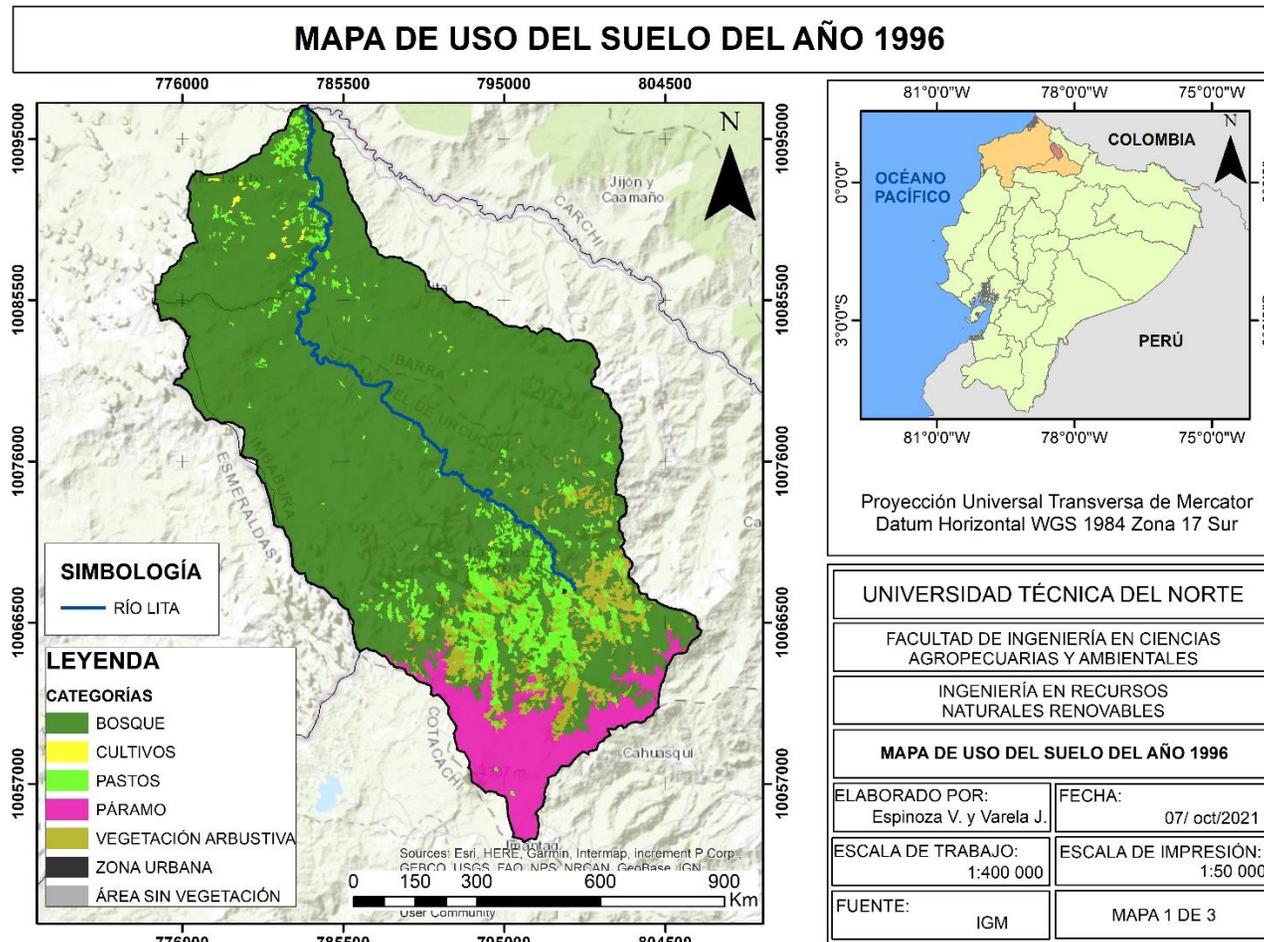
- Secretaría Nacional de Planificación (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025*. Quito.
- Shackleton, R. T. (2020). Loss of land and livelihoods from mining operations: A case in the Limpopo Province, South Africa. *Land Use Policy*, 99, 104825. Doi: 10.1016/j.landusepol.2020.104825
- Sierra, R. (2013). *Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años*. Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends. Quito, Ecuador.
- Silva, C., Cevallos, R., Sarabia, M., y Boza, J. (2016). Impacto en el medio ambiente de las actividades agropecuarias en el Cantón El Empalme, Ecuador, *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* (agosto 2016). <https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/08/ganaderia.html>
- Siquiera, J., Sonter, L. y Sánchez, L. (2020). Exploring potential impacts of mining on forest loss and fragmentation within a biodiverse region of Brazil's northeastern Amazon. *Resources Policy*. Doi: 10.1016/j.resourpol.2020.101662
- SolGold (2019). *Annual Report for the year ended 30 June 2019*.
- Soliz, F. (2013). Minería: reparar, resistir, rechazar El conflicto minero desde el país de los derechos de la naturaleza. 179-189. <https://core.ac.uk/download/pdf/159774378.pdf>
- Song, X., Hansen, M., Stehman, S., Potapov, P., Tyukavina, A., Vermote, E., y Townshend, J. (2018). Global land change from 1982 to 2016. *Nature* Doi:10.1038/s41586-018-0411-9
- Soriano, L., Ruiz, M. y Ruiz, E. (2015). Criterios de evaluación de impacto ambiental en el sector minero. *Diseño y Tecnología*, 18(2).

- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., y de Haan, C. (2009). La larga sombra del ganado (pp. 126-128). FAO.<http://www.fao.org/3/a0701s/a0701s.pdf>
- Tang, J., Li, Y., Cui, S., Xu, L., y Ding, S. (2020). Linking land-use change, landscape patterns, and ecosystem services in a coastal watershed of southeastern China. *Global Ecology and Conservation*. Doi: 10.1016/j.gecco.2020.e01177
- Valdez, M. y Cisneros, P. (2020). Gobernanza ambiental, Buen Vivir y la evolución de la deforestación en Ecuador en las provincias de Tungurahua y Pastaza. *FORO: Revista de Derecho*.
- Vanina, A. y Fernández, L. (2008). *Efecto de los cambios globales sobre la biodiversidad*. Fernández Denis.
- Velásquez-López, P. C., Veiga, M. M., y Hall, K. (2010). Mercury balance in amalgamation in artisanal and small-scale gold mining: identifying strategies for reducing environmental pollution in Portovelo-Zaruma, Ecuador. *Journal of Cleaner Production*, 18(3), 226–232. doi:10.1016/j.jclepro.2009.10.010
- Verdugo, M. (2017). *Análisis morfométrico de las microcuencas a las que pertenece el bosque y vegetación protectora Aguarongo (BVPA), influencia en el comportamiento hidrológico* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Sede de Cuenca, Ecuador].
- Vergara, W., Ríos, A., Trapido, P. y Malarín, H. (2014). *Agricultura y clima futuro en América Latina y el Caribe: Impactos sistémicos y posibles respuestas*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Volante, J., (2014). *Dinámica y consecuencias del cambio en la cobertura y el uso del suelo en el Chaco Semi-Árido* [Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires]. Repositorio Institucional Biblioteca Digital.

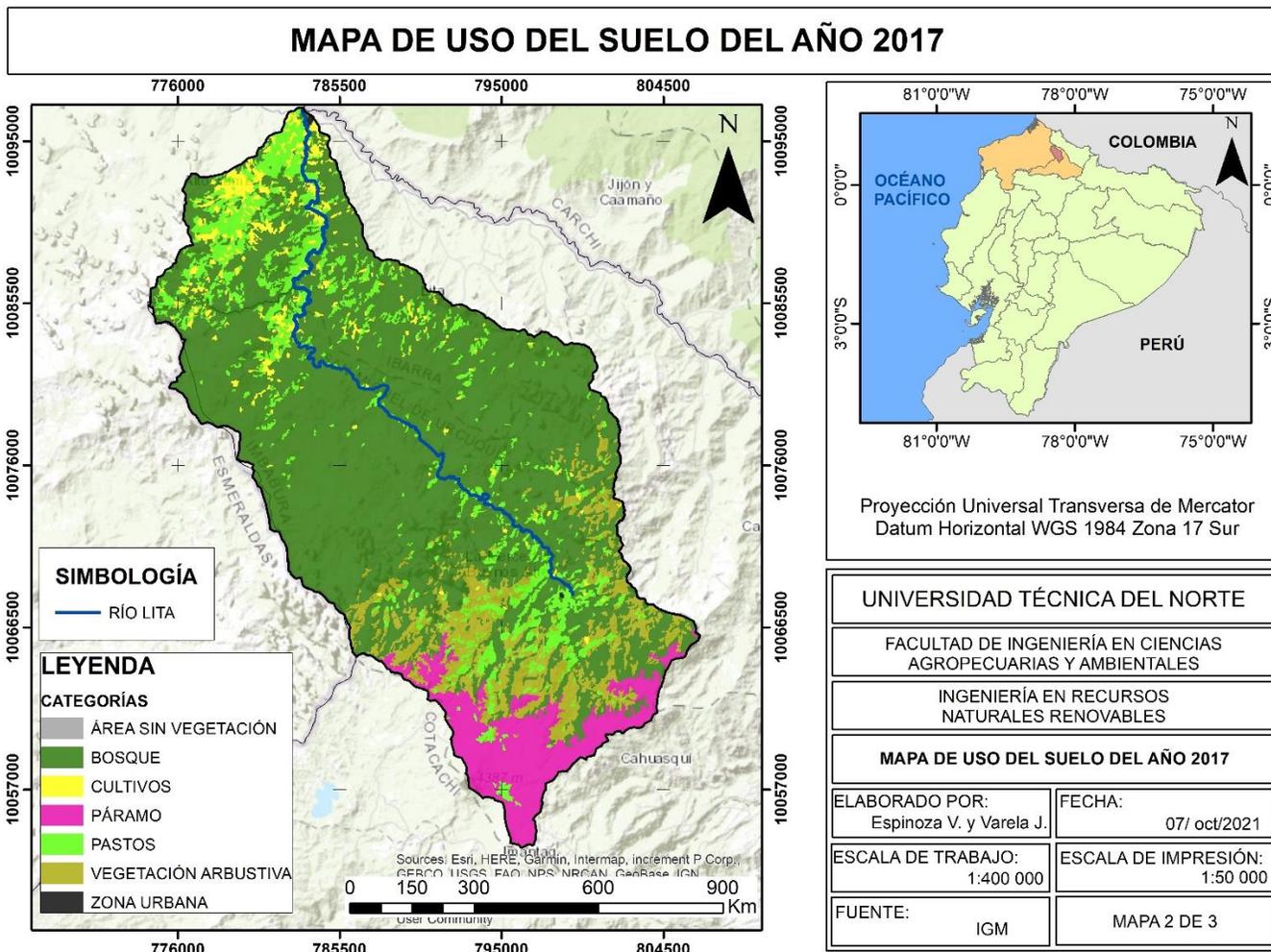
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_tesis_volante_13112014_versin_finalonline.pdf

- Vörösmarty, C., Green, P., Salisbury, J., y Lammers, R. (2000). Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth. *Science*, 289(5477), 284-288. <https://doi.org/10.1126/science.289.5477.284>
- Walter, M., Latorre Tomás, S., Munda, G., y Larrea, C. (2016). A social multi-criteria evaluation approach to assess extractive and non-extractive scenarios in Ecuador: Intag case study. *Land Use Policy*, 57, 444–458. Doi: 10.1016/j.landusepol.2016.05.030
- Wang, Y., Li, X., Zhang, Q., Li, J., y Zhou, X. (2018). Projections of future land use changes: Multiple scenarios-based impacts analysis on ecosystem services for Wuhan city, China. *Ecological Indicators*, 94, 430–445. doi:10.1016/j.ecolind.2018.06.047
- Wu, Y., Tao, Y., Yang, G., Ou, W., Pueppke, S., Sun, X., Chen, G y Tao, Q. (2019). Impact of land use change on multiple ecosystem services in the rapidly urbanizing Kunshan City of China: Past trajectories and future projections. *Land Use Policy*, 85, 419–427. doi:10.1016/j.landusepol.2019.04.022
- Zarrilli, A. (2020). Tierra y veneno. La expansión de la frontera agropecuaria en el Gran Chaco Argentino y sus conflictos socio-ambientales (1990-2017). *Revista de Paz y Conflictos*, 13(1), 175-201. <http://dx.doi.org/10.30827/revpaz.v13i1.11503>
- Zhang, M., Wang, J. y Li, S. (2019). Tempo-spatial changes and main anthropogenic influence factors of vegetation fractional coverage in a large-scale opencast coal mine area from 1992 to 2015. *Journal of Cleaner Production*, 232. Doi: 10.1016/j.jclepro.2019.05.334

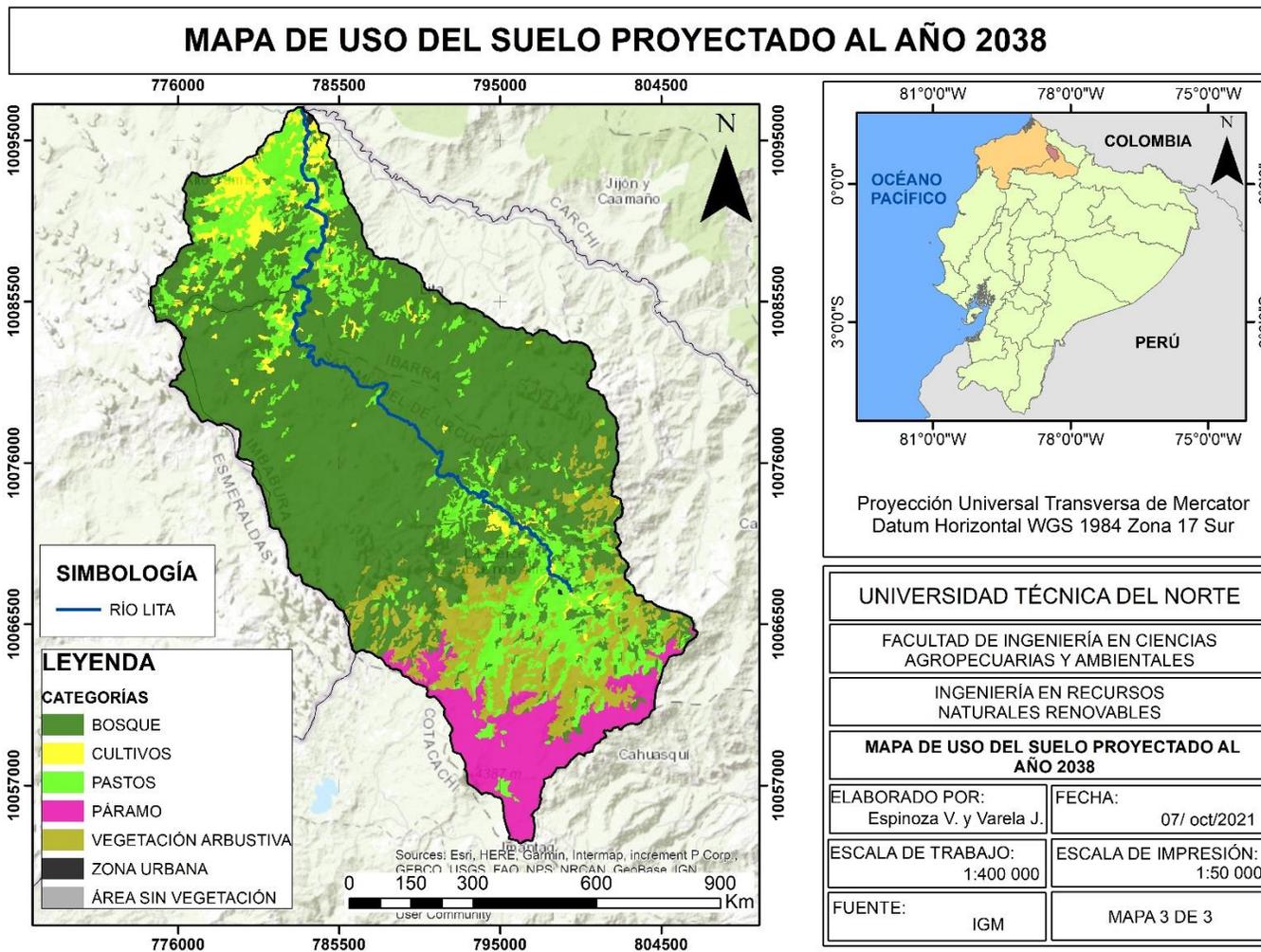
ANEXOS



Anexo 1. Mapa de uso del suelo de la cuenca hidrográfica del río Lita del año 1996



Anexo 2. Mapa de uso del suelo de la cuenca hidrográfica del río Lita del año 2017



Anexo 3. Mapa de uso del suelo de la cuenca hidrográfica del río Lita proyectado al año 2038

Anexo 4. Matriz de importancia de la actividad agrícola

Componentes Ambientales		Impactos Ambientales	Actividades del Proyecto											
			Preparación del terreno						Siembra	Mantenimiento del sembrío			Cosecha	
			1. Desbroce de vegetación	2. Fumigación con herbicida	3. Quema de rastrojo	4. Desinfección del terreno	5. Abonado pre-siembra	6. Surcado	7. Siembra (cultivos de ciclo corto)	8. Riego	9. Control fitosanitario	10. Abonado	11. Cosecha	12. Comercialización
Físico	Suelo	1. Cambio de uso del suelo	-62						-52					
		2. Erosión del suelo	-27	-21	-23	-21	-22			-21		-21		
		3. Contaminación del suelo por uso de agroquímicos		-34		-29	-32				-32	-34		
		4. Desertificación del suelo		-20	-20	-20	-20					-20		
	Residuos sólidos	5. Generación de desechos peligrosos		-26		-26					-26			
		6. Generación de desechos no peligrosos	-17				-16					-16	-16	
	Calidad de aire	7. Contaminación por emisiones de gases		-28	-25	-28					-28			
		8. Alteración de la calidad del aire por material particulado		-28	-25	-28					-28			
Recursos	Agua	9. Cambio en la disponibilidad del recurso								-33				
		10. Agotamiento del recurso								-27				
	Energía	11. Demanda de energía no renovable		-17		-17				-17				
Socioeconómico	Generación de empleo	12. Generación de ingresos	21	24	21	24	24	24	24	24	24	24	24	
	Cambios culturales	13. Conflictos socioambientales			-15		-13			-19		-13	-16	
Perceptual	Paisaje	14. Modificación del paisaje	-55		-26									
Biótico	Flora	15. Pérdida de especies	-34	-26										
		16. Afectación de la cobertura vegetal	-49	-25										
	Fauna	17. Destrucción de hábitat	-35											
		18. Pérdida de especies	-30											
	Severos			Moderados			Irrelevantes				Positivos			

Anexo 5. Matriz de importancia de la actividad ganadera

Componentes Ambientales		Impactos Ambientales	ACTIVIDADES					
			1. Desbroce de vegetación	2. Construcción de cercas y corrales	3. Construcción de establos	4. Ordeño	5. Instalación de bebederos	6. Pastoreo
Físico	Suelo	1. Cambio de uso del suelo	-58					
		2. Erosión del suelo	-26					-27
		3. Compactación del suelo			-24			-26
	Agua	4. Contaminación de cuerpos de agua						-20
	Residuos sólidos	5. Generación de desechos no peligrosos	-16					-17
	Calidad de aire	6. Generación de malos olores						-17
		7. Emisión de gases contaminantes (CH4)						-54
Recursos	Agua	8. Cambio en la disponibilidad del recurso					-25	
Socioeconómico	Generación de empleo	9. Generación de ingresos	18	18	18	18	18	18
	Cambios culturales	10. Conflictos socioambientales		-14				-15
Perceptual	Paisaje	11. Modificación del paisaje	-54	-22				
Biótico	Flora	12. Pérdida de especies	-23					-23
		13. Afectación de la cobertura vegetal	-25					-25
	Fauna	14. Destrucción de hábitat	-27					-31
		15. Pérdida de especies	-29					-29
	Severos		Moderados		Irrelevantes		Positivos	

Anexo 6. Matriz de importancia de la actividad minera

Componentes Ambientales		Impactos Ambientales	ACTIVIDADES						
			1. Apertura de caminos	2. Desbroce y preparación del terreno	3. Instalación de campamentos	4. Remoción del suelo	5. Extracción del mineral	6. Transporte del mineral	
Físico	Suelo	1. Cambio de uso del suelo	-25	-56		-78			
		2. Cambios en la morfología del suelo.	-23			-66	-51		
		3. Desestabilización del suelo.				-52	-43		
		4. Erosión	-24	-35		-57	-57		
		5. Alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo				-57	-54		
		6. Pérdida de la fertilidad del suelo				-56	-38		
	Agua	7. Contaminación de cuerpos de agua				-52	-67		
		8. Modificación de los cauces				-44			
	Ruido	9. Contaminación acústica					-25	-29	
	Residuos sólidos	10. Producción de desechos no peligrosos		-26					
	Calidad de aire	11. Emisión de gases de efecto invernadero (CO, CO2)					-36	-36	
		12. Alteración de la calidad del aire por material particulado					-36	-36	
Socioeconómico	Generación de empleo	13. Generación de ingresos	19	21		25	38	36	
	Cambios culturales	14. Cambios de las actividades productivas de la comunidad				-40	-31	-23	
		15. Conflictos sociales	-28	-26	-46	-59	-61	-45	
		16. Aumento en la diversidad étnica y cultural			-41	-37	-43	-20	
Perceptual	Paisaje	17. Modificación del paisaje	-32	-44		-65			
Biótico	Flora	18. Pérdida de especies	-22	-36					
		19. Afectación de la cobertura vegetal	-22	-33					
	Fauna	20. Destrucción de hábitat	-19	-31					
		21. Pérdida de especies	-15	-22					
	Críticos		Severos		Moderados		Irrelevante		Positivos

ANEXO FOTOGRÁFICO



Anexo 7. Primera salida de campo a la parroquia de La Merced de Buenos Aires



Anexo 8. Mosaico agropecuario de la comunidad La Primavera en la parroquia de la Merced de Buenos Aires



Anexo 9. Segunda salida de campo a la parroquia de Lita



Anexo 10. Habitantes de la comunidad de Río Verde Bajo



Anexo 11. Río Verde Bajo