



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Ambiental

Valoración de impactos generados por el cambio de uso del suelo en el Cantón Calvas, Loja

Trabajo de Integración Curricular
previa a la obtención del título de
Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Lilia Teresa Cueva Cueva

DIRECTOR:

Ing. Santiago Rafael García Matailo, Mg. Sc

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 28 de agosto de 2023

Ing. Santiago Rafael García Matailo, Mg. Sc

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del trabajo de Integración Curricular denominado: **Valoración de impactos generados por el cambio de uso del suelo en el Cantón Calvas, Loja**, previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental, de la autoría de la estudiante **Lilia Teresa Cueva Cueva**, con **cédula de identidad Nro. 115018929**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Santiago Rafael García Matailo, Mg. Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Lilia Teresa Cueva Cueva**, declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mí Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1150182929

Fecha: 6 de febrero del 2024

Correo electrónico: lilia.t.cueva@unl.edu.ec

Teléfono: 0968059691

Carta de autorización por parte de la autora, para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Lilia Teresa Cueva Cueva**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Valoración de impactos generados por el cambio de uso del suelo en el Cantón Calvas, Loja**, como requisito para optar el título de **Ingeniera Ambiental**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los seis días del mes de febrero del dos mil veinte y cuatro

Firma:



Autora: Lilia Teresa Cueva Cueva

Cédula: 1150182929

Dirección: Ciudadela Esteban Godoy Etapa I

Correo electrónico: lilia.t.cueva@unl.edu.ec

Teléfono: 0968059691

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Santiago Rafael García Matailo, Mg. Sc

Dedicatoria

Dedico mi Trabajo de Titulación de manera especial a Dios, porque a lo largo de mi camino académico, he sentido su guía y protección. A mis padres, Francisco Cueva y Teresa Cueva, por su amor, confianza y sacrificio que han sido la fuerza impulsora detrás de mis logros académicos. También, quiero expresar mi gratitud a mis hermanos/as: Mayra, María y José, por estar siempre a mi lado, apoyándome en cada momento y creyendo en mí.

A mis compañeros/as y amigos/as, por los momentos compartidos y aprendizajes adquiridos juntos. Gracias por ser parte fundamental de mi vida y por haberme acompañado en esta travesía educativa.

Lilia Teresa Cueva Cueva

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, especialmente a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables (FARNR) por brindarme la oportunidad de formarme como profesional en la carrera de Ingeniería Ambiental.

Mi gratitud se extiende a los docentes que han sido parte fundamental de mi desarrollo como estudiante, guiándome y aconsejándome para alcanzar el éxito en esta etapa de mis estudios.

De manera especial, quiero agradecer al Ing. Santiago García por su orientación y apoyo en el desarrollo del presente trabajo.

Lilia Teresa Cueva Cueva

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenido	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	ix
Índice de anexos	x
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	5
4.1. Cobertura vegetal y cambio de uso del suelo	5
4.2. Modelos del estudio del cambio de uso del suelo	6
4.3. Impactos ambientales	7
4.4. Mitigación y prevención de los impactos.....	9
5. Metodología	10
5.1. Descripción del área de estudio.....	10
5.2. Metodología. Objetivo 1.....	11
5.2.1. Obtención de datos geográficos del cambio de uso del suelo	12

5.2.2. Identificación de los impactos en el componente suelo	15
5.3. Metodología. Objetivo 2.....	16
5.4. Metodología. Objetivo 3.....	18
6. Resultados	20
6.1. Resultados del Objetivo 1.....	20
6.1.1. Identificación de los impactos en el componente suelo	26
6.2. Resultados del Objetivo 2.....	28
6.3. Resultados del Objetivo 3.....	30
6.3.1. Programa de Prevención y Mitigación	31
6.3.2. Programa de Rehabilitación de Áreas Afectadas	39
7. Discusión	43
8. Conclusiones	47
9. Recomendaciones	48
10. Bibliografía	49
11. Anexos	67

Índice de tablas:

Tabla 1. Características de las imágenes satelitales	12
Tabla 2. Valoración del coeficiente Kappa	13
Tabla 3. Clases de capacidad de uso	14
Tabla 4. Indicador para el componente suelo.....	15
Tabla 5. Categorías según la intensidad	15
Tabla 6. Valoración de los criterios de la Matriz de Importancia	17
Tabla 7. Valores de la Importancia (I) de los impactos.....	18
Tabla 8. Clasificación de la variación porcentual	27
Tabla 9. Identificación de impactos por clase en el componente suelo	28
Tabla 10. Importancia de los impactos identificados.....	29
Tabla 11. Importancia de los impactos por parroquia	30
Tabla 12. Cronograma de sensibilización y capacitación	33
Tabla 13. Costos de la medida para el uso tierra agropecuaria	34
Tabla 14. Costos de la medida para el uso zona antrópica.....	36
Tabla 15. Costos de la medida para el uso otras tierras	38
Tabla 16. Costos de la medida de rehabilitación para el uso tierras agropecuarias	40
Tabla 17. Costos de la medida de rehabilitación para el uso otras tierras.....	42

Índice de figuras:

Figura 1. Mapa de ubicación y límites del cantón Calvas.....	11
Figura 2. Uso del suelo de 1987 y 2022.....	21
Figura 3. Mapas usos del suelo de 1987 y 2022	4
Figura 4. Cambios del uso del suelo de 1987 al 2022.....	22
Figura 5. Usos del suelo distribuidos por parroquias.....	24
Figura 6. Clasificación de la pendiente de Calvas..	25
Figura 7. Clases agrologicas del cantón Calvas.....	26
Figura 8. Uso del suelo con intensidad alta.....	29

Índice de anexos:

Anexo 1. Coordenadas UTM de los puntos de validación 1987 y 2022.....	67
Anexo 2. Matriz de confusión e índice kappa de 1987 del cantón Calvas	70
Anexo 3. Matriz de confusión e índice kappa de 2022 del cantón Calvas	70
Anexo 4. Superficie de uso del suelo 1987 y 2022.....	71
Anexo 5. Dinámica de los cambios en los usos del suelo de 1987 al 2022	71
Anexo 6. Superficie por parroquia de los usos del suelo de 1987 y 2022	73
Anexo 7. Mapa de pendientes del cantón Calvas.....	74
Anexo 8. Clasificación de la pendiente en las parroquias del cantón Calvas.	74
Anexo 9. Mapa de capacidad de uso agrológico.....	75
Anexo 10. Superficie de capacidad de uso por parroquias del canton Calvas.....	75
Anexo 11. Usos del suelo que presentaron un mayor grado de incidencia.....	76
Anexo 12. Evaluación y ponderación de los impactos por el cambio en el uso del suelo.....	77
Anexo 13. Evidencias fotográficas de los impactos en territorio	78
Anexo 14. Certificado de traducción del abstract	79

1. Título

Valoración de impactos generados por el cambio de uso del suelo en el Cantón Calvas, Loja

2. Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo principal establecer los impactos en el componente suelo, generados por el cambio de uso del suelo en el cantón Calvas entre los años 1987 al 2022. Mediante, el uso de imágenes satelitales, las cuales fueron procesadas con el software QGIS® versión 3.30.0, se determinó los usos del suelo con mayor grado de incidencia en el entorno. Posteriormente, se realizó la identificación y valoración de los impactos a través de la matriz de Importancia de Conesa asociados a la transformación que ocurren en un área geográfica y a lo largo de un periodo de tiempo en los usos de tierra agropecuaria, zona antrópica y otras tierras. Se obtuvo, principalmente, el cambio de áreas boscosas transformadas en tierras agrícolas, urbanas y zonas sin cobertura vegetal.

Estos cambios desencadenan impactos negativos como pérdida de vegetación, incremento de urbanización, reducción de biodiversidad, entre otros. Los cuales están influenciados por la topografía del terreno. Con el propósito de contrarrestar estos impactos severos y críticos, se elaboró una propuesta de un programa de Manejo Ambiental, donde se incluyen prácticas sostenibles como agroforestería y diversificación de cultivos, así como técnicas innovadoras como hidrosiembra, para rehabilitar las áreas afectadas. Esta propuesta podría servir como referencia para los entes tomadores de decisiones en la planificación del territorio del cantón Calvas.

Palabras clave: Cambio de uso del suelo, cobertura vegetal, evaluación de impacto ambiental, imágenes satelitales, sistemas de información geográfica.

Abstract

The main objective of this ongoing study was to establish the impacts on the soil component generated by land use change in the Calvas canton between 1987 and 2022. Through the use of satellite images, which were processed with QGIS® version 3.30.0 software, the land uses with the greatest impact on the environment was determined. Afterwards, the impacts were identified and assessed using the Conesa Importance matrix associated with the transformation occurring in a geographical area and over a period of time in the uses of agricultural, anthropic zone and other lands. Mainly, the change of forest areas transformed into agricultural, urban, and areas without vegetation cover was obtained.

These changes unleash negative impacts such as loss of vegetation, increased urbanization, reduction of biodiversity, among others. These impacts are influenced by the topography of the piece of land. In order to counteract these several and critical impacts, an Environment Management Programme proposal was elaborated, which includes sustainable practices such as agroforestry and crop diversification, as well as innovative techniques such as hydroseeding, to rehabilitate the affected areas. This proposal could be useful as a reference for decision-makers in the planning of the territory in the Calvas canton.

Keywords: land use change, vegetation cover, environmental impact assessment, satellite images, geographic information system.

3. Introducción

El cambio de uso del suelo es un fenómeno global que abarca una amplia gama de transformaciones en la composición y estructura del suelo (Gaspar et al., 2017). La conversión de los usos del suelo produce una serie de impactos en el suelo con consecuencias ambientales, sociales y económicas (Ayalew et al., 2022), tales como el calentamiento global, pérdida de la biodiversidad, seguridad alimentaria e inclusive en la salud pública (Smith et al., 2016). Por lo mismo, aumentan los procesos de erosión, desertificación, escorrentía superficial, entre otros (Leija et al., 2020).

A nivel global, el crecimiento urbano no planificado, desarrollo demográfico, deforestación y la extracción de recursos naturales no renovables a gran escala han impulsado los cambios en el uso del suelo (Gilani y Innes, 2020). Estas actividades han ocasionado la conversión de aproximadamente el 24% de áreas naturales en tierras agrícolas y urbanas (Escolano et al., 2018). Aunque, estas transformaciones han contribuido a satisfacer las necesidades alimentarias de la población humana, del mismo modo han traído consigo costos ambientales y económicos (López et al., 2014). Esto implica condiciones adversas para el mantenimiento y sostenibilidad de los ecosistemas (Geist y Lambin, 2002).

En América Latina y El Caribe, los principales impulsores del cambio de uso de suelo son el crecimiento demográfico, debido a que desencadena efectos directos en la demanda de recursos naturales e intensifica el deterioro de las zonas verdes (Pekel et al., 2016); la urbanización, migración y los asentamientos informales inciden en el deterioro del ambiente (Abad, 2020); la transformación del paisaje en monocultivos agrícolas y sistemas ganaderos son la causa principal de la erosión (Borrelli et al., 2020; Giraldo et al., 2014). De igual modo, Ecuador ha experimentado altas tasas de deforestación en comparación con otros países de América del Sur, con una pérdida total de bosque de 21 340 km² en el periodo de 1990 al 2010 (Rivas et al., 2021). A nivel local, la provincia de Loja no es la excepción y ha experimentado una degradación de aproximadamente 3 678 ha/año (Álvarez et al., 2015).

En el cantón Calvas, la pérdida de cobertura vegetal es uno de los principales promotores del cambio en el uso del suelo, siendo promovida por la expansión de la frontera agrícola, la actividad ganadera, la construcción de vías sin previa planificación, así como los deslizamientos e incendios forestales (GAD Calvas, 2019). Aproximadamente, el 23% de las áreas aptas para la conservación y el aprovechamiento forestal están siendo ocupadas por actividades agrícolas

en la zona, lo que representa una pérdida de espacios naturales y un impacto directo en la biodiversidad (Paredes, 2022). Así mismo, el cantón enfrenta problemas de erosión, debido a que los suelos productivos tienen una vida útil menor a 10 años (Santos y Castro, 2012).

A pesar de los estudios realizados en el Ecuador sobre el cambio de uso del suelo, sus causas y procesos (Paredes, 2022; Peña, 2018; Thies et al., 2012), aun no se ha realizado una valoración de los impactos generados por estos cambios. Se conoce que la valoración de impactos es un procedimiento destinado a identificar y evaluar los impactos ambientales que surgen de una actividad o proyecto (Espinoza y Varela, 2021). A su vez, los resultados son fundamentales para desarrollar medidas de prevención y mitigación, así como para promover un uso sostenible del suelo (Leija et al., 2020).

La presente investigación se centra en la evaluación de los impactos derivados del cambio en los usos del suelo, a través de las herramientas de los sistemas de información geográfica se identificará los impactos generados en un periodo de tiempo y espacio determinado en el componente suelo. Esta metodología es poco estudiada en la región sur del Ecuador, dado que la mayoría de investigaciones se han basado en enfoques tradicionales de evaluación de impacto ambiental (Antunes et al., 2001). Además, resulta factible llevar a cabo esta metodología debido a la disponibilidad de información satelital temporal de acceso libre.

En este contexto, el presente estudio tiene como propósito responder la siguiente pregunta de investigación ¿Cuáles son los impactos a escala espacial-temporal y en territorio que afectan el componente suelo provocado por el cambio de uso del suelo en el cantón Calvas?, mediante los siguientes objetivos específicos: i) Identificar los impactos a escala espacial y temporal generados por el cambio de uso del suelo en el componente suelo, entre los años 1987 al 2022 en el cantón Calvas; ii) Valorar los impactos en el componente suelo identificados a nivel espacial, generados por el cambio de uso del suelo en el cantón Calvas; iii) Proponer un programa de manejo ambiental para el componente suelo del cantón Calvas.

4. Marco Teórico

4.1. Cobertura vegetal y cambio de uso del suelo

El suelo es esencial para mantener la seguridad alimentaria y proporcionar servicios ecosistémicos fundamentales para la población (Aguirre et al., 2022). Es uno de los principales componentes del ecosistema terrestre y el recurso natural más básico (Leija et al., 2020). Sin

embargo, su cobertura vegetal y patrones de uso están sujetos a cambios naturales, como desastres naturales (terremotos, deslizamientos del suelo, sequías e inundaciones) y cambios antropogénicos causados por actividades agrícolas, residenciales, industriales, mineras y recreativas (Environmental Protection Agency [EPA], 2017). Los procesos que afectan de manera directa se encuentran la expansión de la frontera agrícola, tala de bosque, extracción de petróleo y crecimiento poblacional (Silveira et al., 2019). Estos procesos han provocado problemas como pérdida de diversidad biológica, contaminación ambiental e inclusive conflictos entre las comunidades (Mejía et al., 2021).

Los indicios del estudio del cambio del uso del suelo, según Shimonti (2018) fue motivado por la preocupación de las variaciones en el clima, debido a que, el cambio de cobertura del suelo modifica el albedo de la superficie terrestre y, por tanto, hay variaciones en el intercambio energético (Pekel et al., 2016). Posteriormente, en 1980 se reconoció que el cambio de cobertura del suelo tiene impactos sobre los ecosistemas, puesto que, actúa como fuente y sumidero de carbono (Woodwell et al., 1983). A partir de estos estudios, surgen una gama de investigaciones sobre los impactos del cambio de uso del suelo, tal es el caso de Sala et al. (2000), determinó los impactos en la diversidad biótica mundial, Trimble y Crosson (2000), en la degradación del suelo, Millennium Ecosystem Assesment (2003), en la disposición de los sistemas biológicos para mantener las necesidades humanas y en el funcionamiento global del sistema terráqueo por DeFries et al., (2004).

En los últimos años, Winkler et al. (2021) señalan que los cambios globales en el uso de la tierra son de mayor magnitud, debido a que en solo seis décadas (1960 al 2019), el cambio de uso del suelo ha afectado a casi un tercio (32%) de la superficie terrestre mundial por procesos de abandono de tierras de cultivo, deforestación y expansión agrícola. Por otra parte, Pérez-Miranda et al., (2011) y Pekel et al., (2016), demostraron el cambio de uso agrícola hacia uno urbano, genera problemas a la población, dado que provoca una demanda de recursos naturales y alimenticios, demanda de espacio para viviendas e infraestructura, lo que se traduce en problemas de contaminación y degradación de ecosistemas.

4.2. Modelos del estudio del cambio de uso del suelo

El estudio de la dinámica del uso del suelo contribuyen a conocer el tipo de manejo y el aprovechamiento del que el hombre hace sobre los recursos naturales en un territorio, a través de la información procedente de sensores remotos satelitales que han surgido como una

herramienta que permite conocer los cambios ocurridos en la cobertura vegetal y los distintos usos del suelo en un determinado periodo de tiempo (Velázquez et al., 2014). Así mismo, permite estimar o cuantificar la velocidad con la que ocurren los cambios y la proyección a futuro de los procesos que transforman la superficie, como la deforestación, erosión, degradación y pérdida de la biodiversidad en una región (Pinos, 2016).

A través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es posible la identificación y representación en un contexto espacial de las áreas más susceptibles a ser modificadas (Mancipe, 2017). Asimismo, los SIG permiten comprender los procesos y la dinámica de la transformación que experimentan las distintas coberturas vegetales en un territorio y los impactos en un periodo de tiempo (Camacho et al., 2014). También, las herramientas de los SIG facilitan la visualización y superposición de diversos factores topográficos como la pendiente, la erosión y distribución de la vegetación (Warner y Diab, 2002).

Song y Deng (2017) señalan que se han realizado varios estudios en el contexto del análisis de los procesos de cambio de uso del suelo, a través de mapas de uso de suelo y cobertura vegetal producto de la interpretación de imágenes de satélites, con el propósito de conocer las tasas de cambio, las fuentes que los ocasionan y los impactos que provocan. Agudelo y Cortés (2017) determinaron las zonas con mayores cambios en el periodo comprendido entre 1999 y 2014 través de una clasificación supervisada de imágenes satelitales del sensor LandSat.

4.3. Impactos ambientales

Un impacto ambiental se refiere a todas las modificaciones, ya sean favorables, desfavorables o neutrales, así como aquellas que son inmediatas o indirectas, originadas por una actividad económica, construcción, proyecto público o privado (Pérez, 2017). También, Rivera y Senna (2017) señalan que estos cambios, ya sean de forma acumulativa o gradual, causan alteraciones que pueden ser cuantificables y evidenciables en el entorno, sus elementos, sus conexiones y otras cualidades propias del sistema natural. Estos impactos ambientales son el resultado de las acciones humanas como la sobreexplotación de recursos naturales, la disposición inadecuada de residuos, la emisión de contaminantes y la modificación en los usos del suelo, entre otros (Perevochtchikova, 2013).

Los cambios ocurren constantemente en diferentes escalas, tienen efectos específicos y acumulativos sobre los componentes biótico, abiótico y socioeconómico (Abad, 2020). Estos efectos pueden ser positivos y negativos (Rodrigues et al., 2015); por ejemplo, la tala de bosques

para la expansión agrícola o urbana puede eliminar hábitats para muchas especies y reducir la diversidad biológica (Leija et al., 2020), igual que las construcciones de carreteras o urbanizaciones llegan a fragmentar los hábitats naturales y obstaculizar la migración de las especies animales (Velázquez et al., 2014). Así mismo, las prácticas de la quema durante la conversión de tierras libera grandes cantidades de dióxido de carbono y otros gases contaminantes (Geist y Lambin, 2002).

Mientras que, los impactos positivos representan una mejora en el medio, tal es el caso de la reforestación, cuya variación de cambio en el suelo, conlleva el incremento de la disponibilidad de recursos y heterogeneidad de microhábitats, por ende, incrementa la abundancia y diversidad de polinizadores (Lázaro y Tur, 2018).

Lambin et al. (2003), señalan que los cambios en el uso del suelo y su cobertura generan efectos directos en el calentamiento global, la erosión del suelo, la pérdida de la biodiversidad, la seguridad alimentaria e inclusive a la salud pública. De manera similar, Leija et al. (2020) indican que el cambio en el uso del suelo altera la diversidad biológica, produce degradación del suelo, altera la capacidad de los sistemas biológicos para satisfacer las necesidades humanas, entre otros efectos. Además, 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 y de pastizal a agricultura, lo que se traduce en pérdida de cobertura vegetal.

Por otro lado, el procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad producirá, se conoce como Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) (Conesa, 1993). Es un instrumento diseñado para ayudar en la toma de decisiones, ya que permite alcanzar un conocimiento amplio e integrado de los impactos o incidencias ambientales derivadas de acciones humanas (Martínez, 2014; Peláez, 2009; Perevochtchikova, 2013).

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) puede adoptar un enfoque analítico o descriptivo, y ofrece diversos métodos, metodologías y procedimientos para la evaluación de los impactos ambientales (Gómez Orea y Gómez, 2013). Estos métodos pueden ser empleados tanto para analizar la condición general del entorno como para enfocarse en la evaluación de alguno de sus factores (Sorlano et al., 2015). Además, sirve como herramienta para los planificadores y tomadores de decisiones sobre el territorio para evitar o minimizar el daño ambiental, reducir

costos y riesgos, mejorar la aceptabilidad social y promover la calidad y sostenibilidad de los proyectos que se realicen (Antunes et al., 2001). Con el propósito de evaluar y valorar la significancia de los impactos ambientales, se han elaborado diferentes metodologías, entre las más comunes son:

Listas de chequeo o verificación (Leal, 1997): sirven para verificar el grado de cumplimiento de una actividad o proyecto a través de una serie de ítems (Salamanca, 2019).

Método de Leopold (Leopold, 1971): evalúa las acciones en términos de magnitud e importancia, donde la magnitud representa la extensión o escala y la importancia está relacionada a las consecuencias probables del impacto previsto (Dellavedora, 2010).

Matrices causa-efecto (Leopold, 1971): son métodos cualitativos, preliminares y muy valiosos para valorar las diversas alternativas de un proyecto. Permite valorar la importancia y magnitud de los impactos (Dellavedora, 2010).

Matriz de importancia (Conesa, 2010): permite obtener la importancia de un impacto a partir del grado de incidencia (intensidad) de la alteración producida, y de una caracterización del efecto. Una vez identificadas las posibles alteraciones, se hace preciso una previsión y valoración de las mismas (Conesa, 2010).

Métodos cartográficos: es el procedimiento más utilizado, siendo la superposición de transparencias, donde diversos mapas que indican impactos individuales sobre un territorio son sobrepuestos para indicar un impacto global. Los mapas permiten identificar una característica física, social o cultural que resulta de un impacto ambiental específico y le asignan un valor relativo a dichos impactos (Mijangos y López, 2013).

4.4. Mitigación y prevención de los impactos

Aprovechar el suelo dentro de los límites de la viabilidad económica y ambiental, y a la vez proteger contra las amenazas del cambio de uso del suelo se conoce como conservación de los recursos naturales (Cevallos, 2016). Por lo tanto, es necesario evaluar los impactos con la finalidad de implementar políticas efectivas y eficientes, que contribuyan a la conservación de los ambientes que actualmente están ocupados con bosques, cuerpos de agua y otras asociaciones de vegetación natural en condiciones adecuadas (López et al., 2014).

Los Programas de Manejo Ambiental, tienen como objetivo asegurar la protección y conservación de los recursos naturales identificados en un proyecto, mediante la implementación de acciones que prevengan la degradación ambiental (Armstrong y Henriksen, 2012). Según Art. 435 del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, el plan de manejo ambiental es el documento que contiene las acciones o medidas que se requieren ejecutar para prevenir, evitar, mitigar, controlar, corregir, compensar, restaurar y reparar los posibles impactos ambientales negativos, según corresponda, al proyecto, obra o actividad. El plan de manejo ambiental según la naturaleza del proyecto, obra o actividad contendrá, los siguientes subplanes o programas, considerando los aspectos ambientales, impactos y riesgos identificados: a) Plan de prevención y mitigación de impactos, b) Plan de contingencias, c) Plan de capacitación, d) Plan de manejo de desechos, e) Plan de relaciones comunitarias, f) Plan de rehabilitación de áreas afectadas, g) Plan de rescate de vida silvestre, de ser aplicable, h) Plan de cierre y abandono y i) Plan de monitoreo y seguimiento.

5. Metodología

Este estudio es de naturaleza descriptiva. Se compone de dos partes: una cuantitativa que hace referencia al análisis de la variación del cambio de uso del suelo y otra parte cualitativa a la identificación, evaluación y valoración de los impactos. El alcance de la investigación se limita al nivel del cantón Calvas.

5.1. Descripción del área de estudio

El cantón Calvas se encuentra ubicado al sur de la provincia de Loja, a una altitud promedio de 1740 m sobre el nivel del mar, con una superficie 84 110,71 ha. Limita al oeste con el cantón Paltas, al noreste con el cantón Gonzanamá, al sur con la República del Perú, al este con los cantones Quilanga y Espíndola, y al oeste con el cantón Sozoranga (GAD Calvas, 2019). Calvas se encuentra dividido políticamente en cinco parroquias: Cariamanga (cabecera cantonal), Colaisaca, El Lucero, Utuana y Sanguillín, como se puede apreciar en la Figura 1 (Sanmartín, 2017).

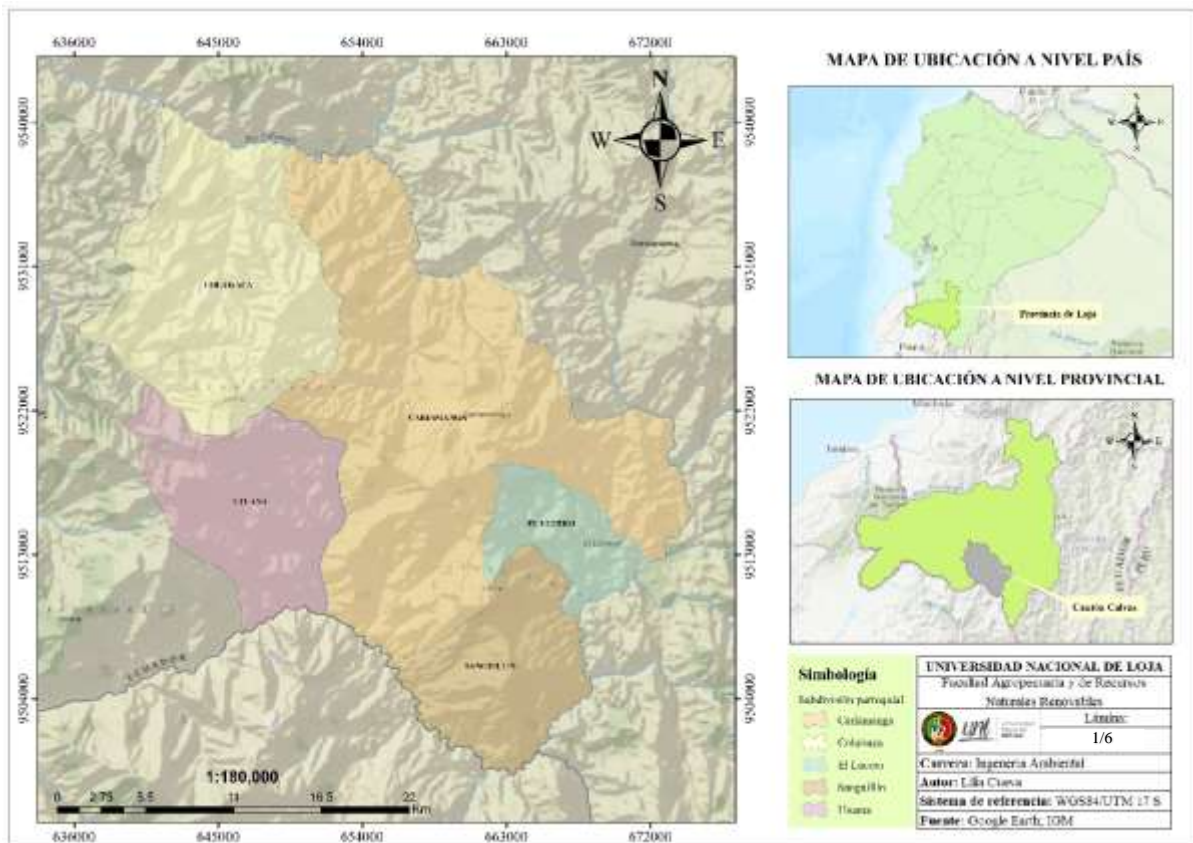


Figura 1. Mapa de ubicación y límites del cantón Calvas

Fuente: Modificado a partir de Google Earth e Instituto Geográfico Militar.

Esta zona registra una temperatura mínima de 12 °C y máxima de 28 °C, con una temperatura promedio de 20,2 °C (GAD Calvas, 2014). En términos de cobertura vegetal en el cantón Calvas, la vegetación arbustiva es la más común, abarcando un 33,53% del área total, equivalente a 28 536,39 ha (GAD Calvas, 2019). Por otro lado, la actividad económica predominante se basa en la agricultura y la ganadería, asimismo, debido a las variaciones del clima en la región, se cultiva una amplia gama de productos agrícolas que constituyen la base económica de la generación de ingresos (Arias, 2012).

5.2. Metodología. Objetivo 1

Identificación de los impactos a escala espacial y temporal generados por el cambio de uso del suelo en el componente suelo, entre los años 1987 al 2022 del cantón Calvas.

Con el fin de cumplir con el primer objetivo, se ha generado información cartográfica a nivel espacial correspondiente a los años 1987 y 2022 en el Software QGIS® versión 3.30.0 (QGIS Development Team, 2023). Inicialmente, se llevó a cabo la identificación de los diferentes usos

del suelo en el cantón Calvas. Posteriormente, se analizó los impactos generados como resultado del cambio de uso del suelo en el componente suelo de dicho cantón.

5.2.1. Obtención de datos geográficos del cambio de uso del suelo

Se procedió a generar la cartografía temática de los usos del suelo correspondientes a los años 1987 y 2022 utilizando imágenes satelitales, las cuales fueron obtenidas a través de la plataforma de Landsat del Portal Web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Para la selección de las imágenes, se tuvo en cuenta el criterio de Sarría (2016), que recomienda considerar un porcentaje mínimo de nubosidad dentro del área de estudio y disponibilidad de metadatos para realizar correcciones radiométricas.

Las imágenes seleccionadas corresponden a la época seca (junio-noviembre) del satélite Landsat 5 y 9 (Tabla 1).

Tabla 1. Características de las imágenes satelitales

Path	Row	Fecha de adquisición	Satélite	Sensor
010	063	1987-06-30	Landsat 5	TIRS
010	063	2022-11-13	Landsat 9	OLI

Fuente: Modificado a partir de USGS.

A continuación, se indican los procedimientos metodológicos que se utilizaron para la generación de la cartografía de usos del suelo en el área de estudio:

Preprocesamiento de imágenes: Las imágenes satelitales de 1987 y 2022 seleccionadas fueron preprocesadas utilizando un plugin llamado Semi-Automatic Classification desarrollado por Congedo (2021) para el software QGIS® versión 3.30.0 (QGIS Development Team, 2023). Este plugin permitió llevar a cabo correcciones radiométricas y atmosféricas. Posteriormente, se procedió a realizar el proceso de georreferenciación del área de estudio.

Análisis de interpretación visual: Se procedió a identificar las regiones de interés (ROI) en función de la clasificación que abarca el nivel I según el protocolo establecido por el MAE-MAGAP (2015). Este nivel incluye los siguientes usos del suelo: bosque, vegetación arbustiva/herbácea, zona antrópica, tierra agropecuaria, cuerpos de agua y otras tierras. Para lograr esto, se aplicó realces a las dos imágenes satelitales, lo cual facilitó la identificación de los distintos usos del suelo.

A través de la combinación de bandas en color real y falso color, permitió resaltar características específicas, como la vegetación, el agua o las áreas urbanas. De manera que se reconocieron

los patrones y coberturas, donde se asignó puntos aleatorios a los diferentes usos del suelo presentes en el área de estudio. Además, con el fin de garantizar una representatividad estadística adecuada, se establece que el tamaño mínimo de la muestra debe ser superior al resultado obtenido al sumar el número de bandas +1, según el protocolo del MAE-MAGAP (2015). Sin embargo, para el presente estudio se asignaron alrededor de 55 034 puntos para mayor precisión en cada clasificación.

Procesamiento digital de imágenes: Se utilizó la técnica de clasificación supervisada a través del método de Máxima verosimilitud (Maximum Likelihood Classification). Según Sun et al. (2013) consiste en que todos los píxeles no clasificados se les asigna una clase en función de la probabilidad de que ese píxel ocurra de acuerdo a los puntos que hemos observado de cada categoría.

Posprocesamiento de imágenes o validación: Se realizó un posprocesamiento de las imágenes clasificadas que consistió en realizar una evaluación de la precisión de las clasificaciones. La validación de la clasificación de 1987 consistió en generar 100 puntos aleatorios sobre la imagen satelital según el criterio de Chuvieco (1995) y se identificó el uso del suelo de cada punto. Mientras que la validación de la clasificación del 2022, estos puntos se levantaron en campo del uso de suelo existente del 10 al 14 de mayo del 2023 a través de un GPS navegador (Anexo 1).

Luego, se contrastó las clasificaciones generadas con la información levantada a través de una matriz de confusión (Anexo 2 y 3). Esta matriz de confusión permitió calcular medidas de precisión (Error de comisión, Error de omisión) y medidas de exactitud (Exactitud del usuario, Exactitud del productor) y la precisión del mapa a través del Índice Kappa que indicó la concordancia de las clasificaciones (Tabla 2).

Tabla 2. Valoración del coeficiente Kappa

Coeficiente de Kappa (K)	Fuerza de concordancia
0,00	Pobre
0,01-0,20	Leve
0,21-0,40	Aceptable
0,41-0,60	Moderada
0,61-0,80	Considerable
0,81-1,00	Casi perfecta

Fuente: Landis y Koch, (1977).

Además, se obtuvo un mapa de pendientes, mapa de capacidad de uso agrológico y cambios de usos del suelo:

Mapa de cambios de uso del suelo: Se elaboró a partir de las clasificaciones de ambos años, donde se realizó una intersección y se representó los usos que cambiaron de 1987 al 2022. Esta información facilitó la identificación visual y espacial de áreas donde ha dado cambios importantes en el uso del suelo una vez transcurrido un periodo de 35 años en el cantón Calvas y por sus parroquias.

Mapa de pendientes: Se elaboró a partir del Modelo digital del terreno obtenido del Centro de Investigación Territorial de la Universidad Nacional de Loja y se utilizó los criterios de la clasificación propuesta por la FAO (2009) (Anexo 8). El mapa de pendientes, permitió determinar las parroquias del cantón Calvas con mayor área vulnerable y propensa a los procesos de erosión del suelo, especialmente si en estas áreas se han dado cambios en el uso del suelo

Mapa de capacidad de uso agrológico: Se ha elaborado un mapa de capacidad de uso, que permite clasificar cualquier suelo en una de las ocho clases establecidas en el sistema (I-VIII) según sus características y el entorno donde está ubicado (ICGC, 2023). También, permitió determinar las parroquias que son más apropiadas para usos agrícolas, así como las áreas inadecuadas para estas actividades, que es donde se da la degradación del suelo y erosión (Gallardo et al., 2002). En la Tabla 3, se menciona los criterios por cada clase a partir de la Geopedología y amenazas geológicas propuestas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) y SIGTIERRAS.

Tabla 3. Clases de capacidad de uso

Simbología	Descripción
Clase I	Sin limitaciones
Clase II	Limitaciones muy ligeras
Clase III	Limitaciones ligeras
Clase IV	Limitaciones moderadas
Clase V	Limitaciones fuertes a muy fuertes
Clase VI	Limitaciones muy fuertes - Tierras aptas para aprovechamiento forestal
Clase VII	Limitaciones muy fuertes - Tierras de protección
Clase VIII	Limitaciones severas - Tierras de conservación
Tierras Misceláneas	
No aplicable	

Fuente: MAGAP y SIGTIERRAS.

5.2.2. Identificación de los impactos en el componente suelo

La identificación de los impactos en el componente suelo debido al cambio de uso del suelo en el cantón Calvas se llevó a cabo a escala espacio-temporal durante el periodo comprendido entre 1987 y 2022. Se utilizó la variación porcentual o porcentaje de cambios como un indicador para cuantificar la magnitud de los cambios ocurridos en este lapso (Tabla 4). La selección se basó en los criterios de comparabilidad, simplicidad, representatividad, relevancia, funcionalidad, predictividad y confianza, sugeridos por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental de Madrid (Ministerio del Medio Ambiente, 1996).

Tabla 4. Indicador para el componente suelo

Indicador	Uso del suelo
Variación porcentual de los usos del suelo	Bosque
	Vegetación arbustiva/herbácea
	Tierra agropecuaria
	Zona antrópica
	Cuerpos de agua
	Nubes
	Sombras de nubes
	Otras tierras

Fuente: Elaboración a partir de Martín-Pliego (2004).

Posteriormente, se calculó la variación porcentual de cada uso del suelo utilizando la ecuación (1) (Martín-Pliego, 2004), que permitió categorizar la variación de cada uso del suelo de los años 1987 y 2022 según los rangos de intensidad (Tabla 5) propuesto por Conesa (2010).

A través de la ecuación (1) se determinó la variación porcentual de cada uso del suelo:

$$\text{Variación porcentual} = \frac{\text{Área 2022} - \text{Área 1987}}{\text{Área 1987}} \times 100 \quad (1)$$

Tabla 5. Categorías según la intensidad

Intensidad		(%)
Baja	1	0-20
Media	2	21 – 40
Alta	4	41-60
Muy Alta	8	61-80
Total	12	>81

Fuente: Elaboración a partir de Conesa (2010).

Cabe mencionar que para la identificación de los impactos se seleccionaron los usos del suelo que mostraron una intensidad muy alta y total, debido a que representan los mayores cambios en este periodo de tiempo.

Además, se realizó una lista de verificación (Check list) en campo con la finalidad de observar e identificar los impactos generados por el cambio de uso del suelo. Se efectuó un recorrido en territorio en los usos que presentaron una intensidad muy alta y total. Esta actividad se realizó para comprender de manera detallada los impactos en el entorno local del cambio de uso del suelo.

5.3. Metodología. Objetivo 2

Valoración de los impactos en el componente suelo identificados a escala espacial-temporal generados por el cambio de uso del suelo en el cantón Calvas.

La valoración se llevó a cabo mediante la aplicación de la matriz de importancia propuesta por Conesa (2010) para los impactos identificados en el Objetivo 1. Es un método analítico que permite asignar la importancia a cada impacto posible durante la fase de ejecución de un proyecto o actividad.

Para la valoración de los atributos se consideraron los que establece la matriz de importancia Conesa (2010) y la asignación de la escala de cada criterio se consideró a partir de: modificación de uso, porcentaje de cambios en el periodo establecido, y como variables transversales la pendiente y la capacidad de uso del suelo.

La matriz consta de un listado de impactos por componente que se relacionan en un diagrama matricial con una serie de 10 atributos (Tabla 6), que permitieron determinar la importancia de cada impacto (Rivas et al., 2021).

Tabla 6. Valoración de los criterios de la Matriz de Importancia

Atributos	Criterio	Valoración	Definición
Naturaleza	Impacto beneficioso	(+)	Permite definir si un impacto ambiental afectara positiva o negativamente al entorno en el que se realiza el proyecto
	Impacto perjudicial	(-)	
Intensidad (I)	Baja	1	Es el grado de incidencia o destrucción de la acción, en el ámbito específico en que actúa
	Media	2	
	Alta	4	
	Muy Alta	8	
	Total	12	
Extensión (EX)	Puntual	1	Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto)
	Parcial	2	
	Extenso	4	
	Total	8	
Momento (MO)	Critico	12	Es el plazo de manifestación del impacto o el tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del afecto sobre el factor del medio considerado
	Largo Plazo	1	
	Medio Plazo	2	
	Inmediato	4	
Persistencia (PE)	Critico	8	Se refiere al tiempo que, permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales por medios naturales o por medidas correctoras.
	Fugaz (< a 1 año)	1	
	Temporal	2	
Reversibilidad (RV)	Permanente (< a 10 años)	4	Es la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, por medios naturales, una vez que la acción deja de actuar sobre el medio.
	Corto plazo	1	
	Mediano plazo	2	
Sinergia (SI)	Irreversible	4	Es el reforzamiento de dos o más efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente
	Sin sinergismo (Simple)	1	
	Sinérgico	2	
Acumulación (AC)	Muy sinérgico	4	Es el incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada la acción que lo genera
	Simple	1	
	Acumulativo	4	
Efecto (Ef)	Indirecto	1	Hace relación a la causa-efecto, o sea, la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción
	Directo	4	
Periodicidad (PR)	Irregular o aperiódico y discontinuo	1	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto
	Periódico	2	
	Continuo	4	
Recuperabilidad (Mc)	Recuperable de manera inmediata	1	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia de la actividad realizada, por medio de la intervención humana.
	Recuperable a medio plazo	2	
	Mitigable	4	
	Irrecuperable	8	
Importancia (I)	$I = \pm(3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$		Es la ecuación que permite obtener la ponderación final de los impactos ambientales.

Fuente: Adaptado de (Conesa, 2010).

Una vez aplicada la Matriz de Importancia, se analizó cada uno de los resultados de la importancia de cada impacto de los usos del suelo. Posteriormente, se determinó si los impactos son bajos, moderados, severos y críticos (Tabla 7).

Tabla 7. Valores de la Importancia (I) de los impactos

Valor I	Calificación	Significado
< 25	BAJO	La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del proyecto en cuestión
25 ≥ < 50	MODERADO	La afectación del mismo, no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas.
50 ≥ < 75	SEVERO	La afectación de este, exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un periodo prolongado
≥ 75	CRITICO	La afectación del mismo, es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. No hay posibilidad de recuperación alguna.

Fuente: Adaptado de Conesa (2010).

5.4. Metodología. Objetivo 3

Propuesta de un programa de manejo ambiental para el componente suelo del cantón Calvas.

Una vez que se identificaron, analizaron y cuantificaron los impactos derivados del cambio de uso del suelo, se procedió a la elaboración de una propuesta de un Programa de Manejo Ambiental, de acuerdo con lo establecido en el Art. 435 del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente.

El Programa de Manejo Ambiental fue propuesto con base a los resultados del análisis de la identificación y evaluación ambiental desarrollada para el componente suelo, tomando en consideración los impactos más importantes (severos y críticos). El Programa de Manejo Ambiental contiene las medidas que se proponen para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los impactos generados por el cambio de uso del suelo en el periodo de 35 años. El Programa de Manejo Ambiental se elaboró con la siguiente estructura:

- Medida
- Objetivos de la medida
- Lugar de aplicación
- Tipo de la medida
- Etapa de ejecución
- Actividades a desarrollar
- Impacto a controlar
- Plazo para la implementación
- Costo de la medida
- Responsable de la ejecución
- Responsable del control y monitoreo
- Indicador de verificación y cumplimiento

- Medios de verificación y cumplimiento

6. Resultados

En esta sección se indica los resultados obtenidos por cada uno de los objetivos.

6.1. Resultados del Objetivo 1

Identificación de los impactos a escala espacial y temporal generados por el cambio de uso del suelo en el componente suelo, entre los años 1987 al 2022 del cantón Calvas.

Se determinó los usos del suelo hasta el nivel I, que incluyen: bosque, vegetación arbustiva/herbácea, tierra agropecuaria, zona antrópica, cuerpos de agua, nubes, sombras de nubes y otras tierras (Figura 3). Es importante mencionar que los usos: nubes y sombra de nubes no se consideraron en los resultados, ya que no forman parte de la superficie terrestre como tal. Sin embargo, se consideró el estudio, dado que en las imágenes satelitales ocupaban aproximadamente el 1% de nubosidad del área total (Anexo 4). Además, las clasificaciones de 1987 y 2022, según la matriz de confusión y medidas de precisión y exactitud (Anexo 2 y 3), se obtuvo una precisión global de 86% y 92% en 1987 y 2022, con un índice Kappa de 0,74 y 0,85 respectivamente, indicando una concordancia considerable y casi perfecta. Por lo que, las clasificaciones del uso del suelo de 1987 y 2022 tuvieron un alto grado de similitud con las coberturas reales presentes en el terreno.

Durante un periodo de 35 años en el cantón Calvas, se han observado cambios en el uso del suelo que han resultado en ganancias y pérdidas en diferentes usos del suelo. En cuanto a la cobertura boscosa, la superficie de bosque que existía en 1987 (22 214,20 ha) se redujo ligeramente en el 2022 (22 055,20 ha). Sin embargo, la vegetación arbustiva/herbácea experimentó una pérdida considerable de 4 080,51 ha, disminuyendo de 59 424,90 ha en 1987 a 55 344,39 ha en 2022 (Figura 2a).

Se observan ganancias en ciertas categorías de uso del suelo que reflejan la dinámica y transformación del cantón Calvas a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la tierra agropecuaria experimentó un aumento considerable, pasando de 1 077,12 ha en 1987 a 2 986,44 ha en el 2022, lo que representa un incremento de 1 909,32 ha en comparación con el año 1987. Paralelamente, la zona antrópica, que incluye áreas urbanizadas, construcciones y vías, aumentó 330,43 ha, pasando de 292,05 ha a 622,47 ha en el mismo período. Además, el uso otras tierras,

que incluyen suelo desnudo o áreas sin cobertura vegetal, experimentaron un aumento notable de 2 526,43 ha, pasando de 220,44 ha en 1987 a 2 746,87 ha en el 2022 (Figura 2b).

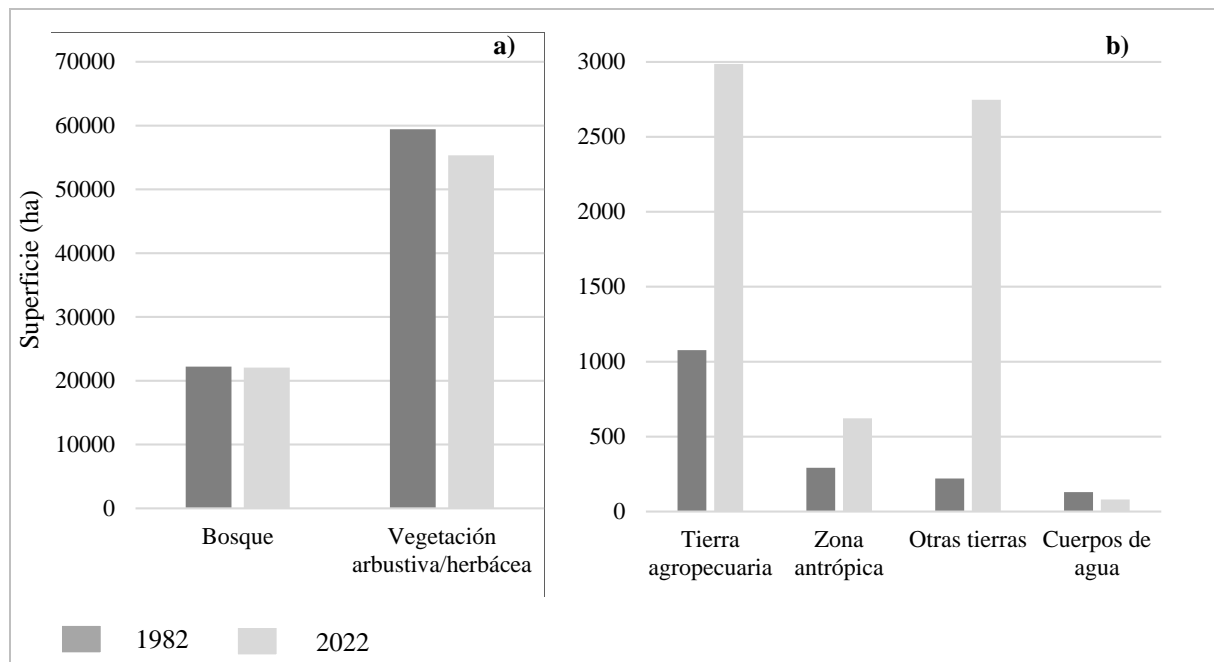


Figura 2. Uso del suelo de 1987 y 2022. a) Uso del suelo Bosque y Vegetación arbustiva/herbácea b) Uso de Tierra agropecuaria, Zona antrópica, Otras tierras y Cuerpo agua

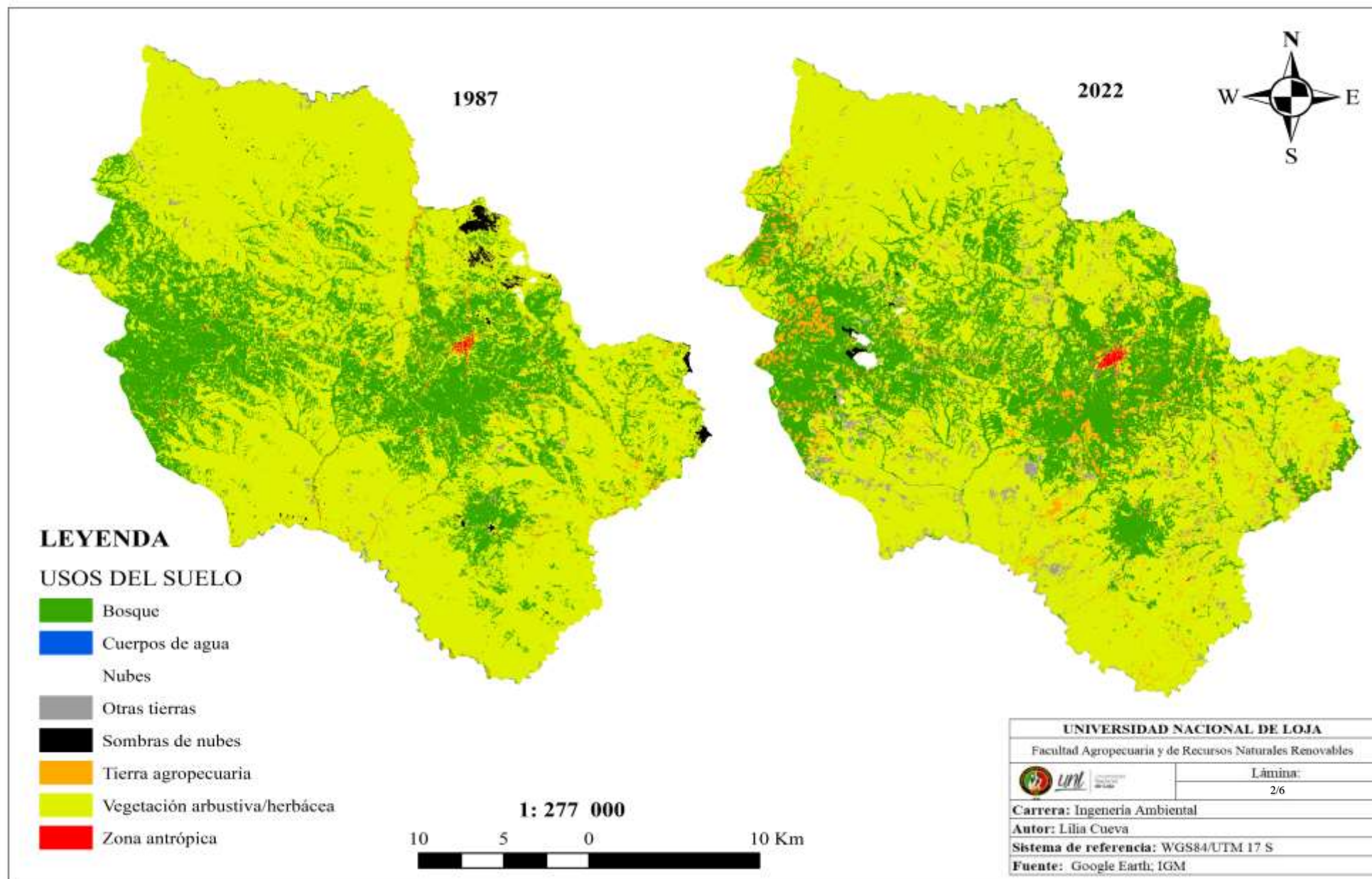


Figura 3. Mapas usos del suelo de 1987 y 2022

Los cambios que se produjeron son notables en el uso del suelo en el cantón Calvas (Figura 4), donde una superficie total de 21 020,36 ha (Anexo 5). Una superficie de 7 921,97 ha del total de bosque existente en 1987, experimentó cambios y se convirtió en otras tierras (357,95 ha), tierra agropecuaria (1 076,02 ha), vegetación arbustiva/herbácea (6 323,12 ha) y zona antrópica (164,88 ha). Asimismo, una superficie de 1 027,39 ha de tierra agropecuaria se transformó en bosque (499,66 ha), otras tierras (51,60 ha), vegetación arbustiva/herbácea (452,12 ha) y zona antrópica (24,01 ha).

También, una superficie de 11 665,07 ha de vegetación arbustiva/herbácea fueron ocupadas por bosque (7 233,79 ha), otras tierras (2 225,49 ha), tierra agropecuaria (1 853,67 ha) y zona antrópica (352,12 ha). De igual manera, la zona antrópica (216,92 ha) se transformó en bosque (35,14 ha), otras tierras (40,42 ha), tierra agropecuaria (22,49 ha) y vegetación arbustiva/herbácea (118,87 ha). El uso del suelo de otras tierras experimentó transformaciones, convirtiéndose en bosque (1,09 ha), tierra agropecuaria (10,40 ha), vegetación arbustiva/herbácea (167,82 ha) y zona antrópica (9,70 ha).

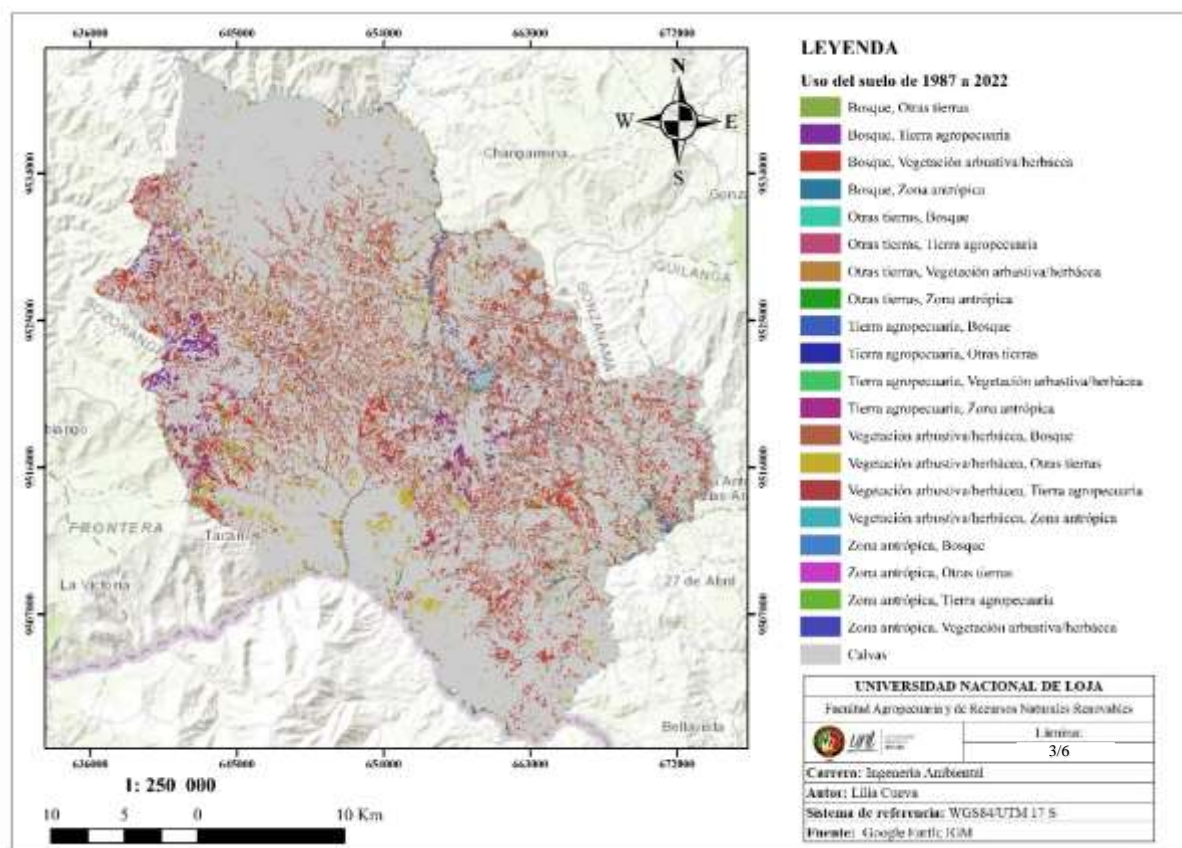


Figura 4. Cambios del uso del suelo de 1987 al 2022

A nivel de las parroquias que conforman el cantón Calvas los datos de ganancias y pérdidas de los diferentes usos del suelo en el periodo de 1987 al 2022 (Anexo 6), se observa que el bosque experimentó una ligera ganancia de 1 336,52 ha en la parroquia de Cariamanga, mientras que, las parroquias de Lucero, Utuana, Colaisaca y Sanguillín, se registraron pérdidas en esta categoría (Figura 5a). En relación con la vegetación arbustiva/herbácea, muestra una disminución general, siendo las parroquias de Cariamanga y Colaisaca las más afectadas, con pérdidas de 2 373,3 ha y 1 079,1 ha, respectivamente.

Las tierras agropecuarias presentan un incremento notable, especialmente en las parroquias de Cariamanga y Colaisaca, con ganancias de 646 ha y 758,3 ha respectivamente. La zona antrópica, que incluye áreas urbanizadas y construidas, experimentó un aumento en todas las parroquias, destacándose la parroquia Cariamanga con una ganancia de 195,2 ha. El uso otras tierras, que engloban suelo desnudo o áreas sin cobertura vegetal, mostraron un incremento notable en todas las parroquias, siendo Cariamanga la más afectada con una ganancia de 1 058,07 ha y Utuana con 676,21 ha (Figura 5f).

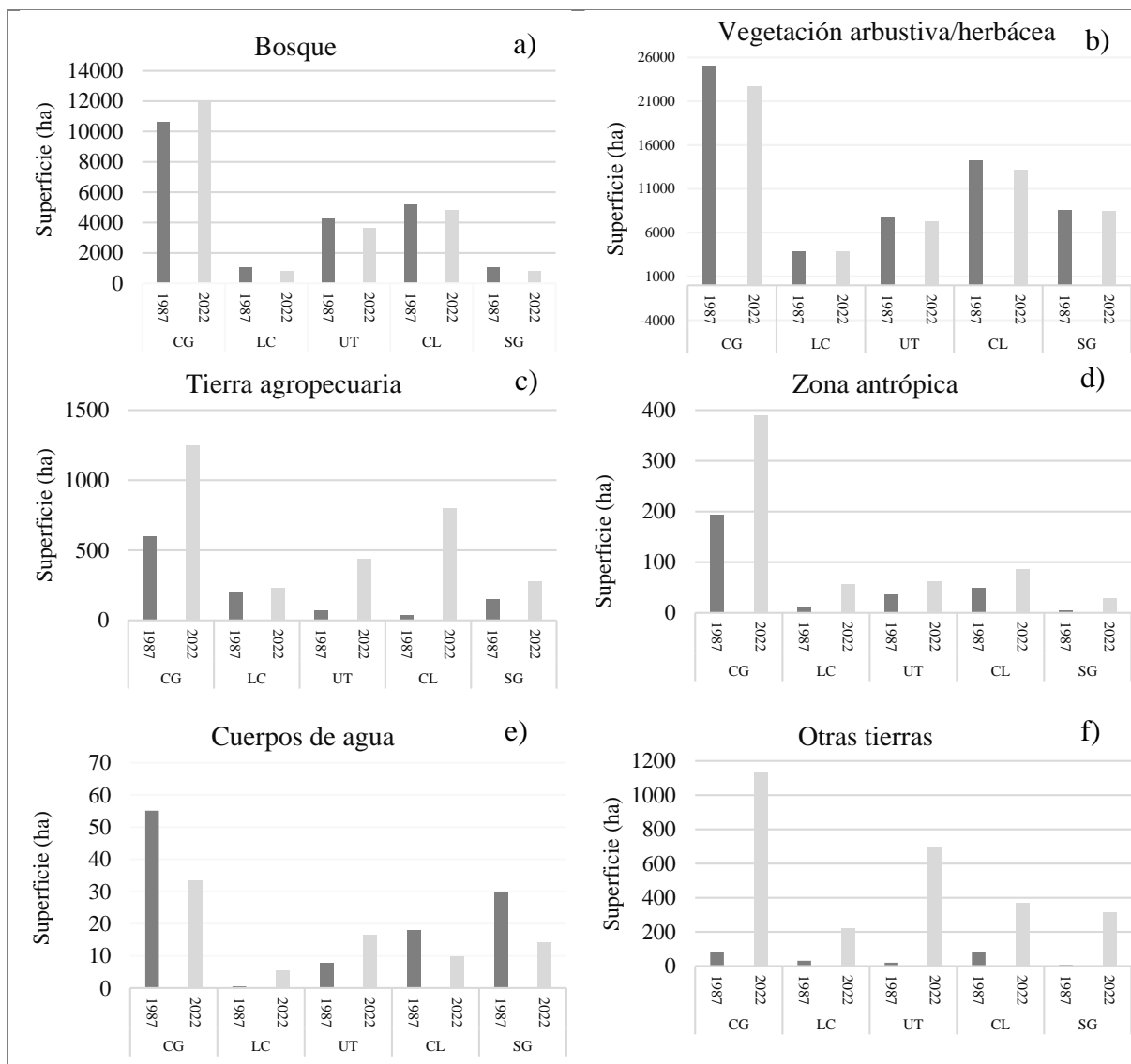


Figura 5. Usos del suelo distribuidos por parroquias. CG: Cariamanga LC: Lucero UT: Utuana CL: Colaisaca SG: Sanguillin

Por otro lado, la pendiente del cantón Calvas se clasificó en cinco categorías la FAO, (2009). Se registra una superficie extensa de 43 591,10 ha que se caracteriza como fuertemente inclinada (25 al 50%). Así mismo, existe un área considerable de 16 999,95 ha clasificada como moderadamente inclinada (12 al 25%) (Ver mapa Anexo 7).

A nivel de las parroquias, la mayor parte de la superficie de Cariamanga (19 447,59), Lucero (2 172,38 ha), Utuana (6 567,05 ha), Colaisaca (10 547,07 ha) y Sanguillin (4 856,97 ha), está ocupada por pendientes fuertemente inclinadas (25-50%) (Figura 6d). Seguido de la superficie de Cariamanga (10 579,60 ha), Lucero (1 671,47 ha) y Sanguillin (2 844,90 ha) que tienen

pendientes moderadamente inclinadas (12-25%) (Figura 6c). Mientras que Utuana (3 663,82 ha) y Colaisaca (6 317,87 ha) tienen pendientes escarpadas (50-70%) (Figura 6e) (Anexo 8).

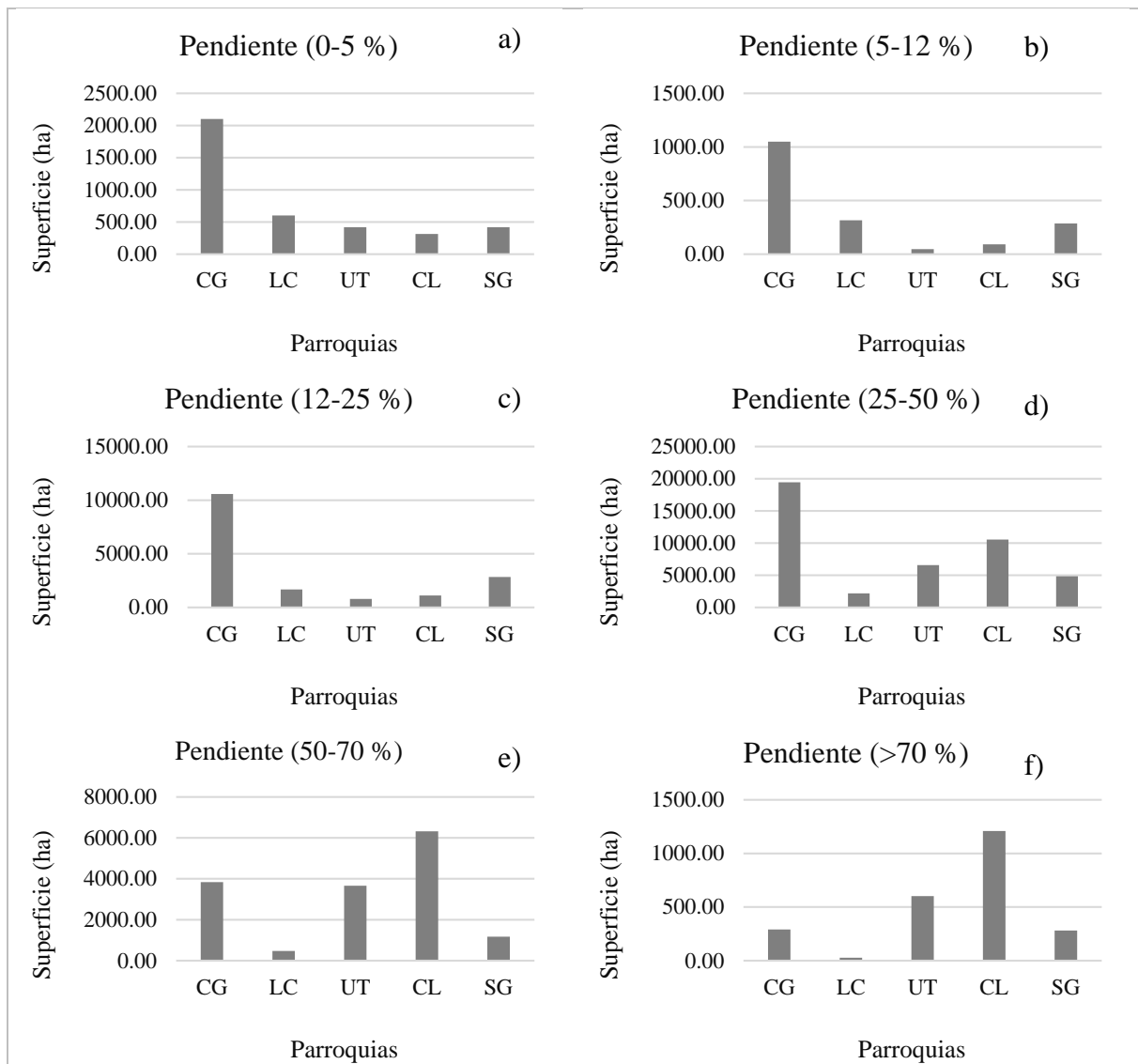


Figura 6. Clasificación de la pendiente de Calvas. Parroquias CG: Cariamanga LC: Lucero UT: Utuana CL: Colaisaca SG: Sanguillín.

Las clases agrológicas más predominantes en cantón Calvas son la clase VII y VIII distribuidas en las cinco parroquias que corresponde a tierras de protección con limitaciones muy fuertes y tierras de conservación con limitaciones muy fuertes (Figura 7). Sin embargo, es importante destacar que en las parroquias de Cariamanga y Colaisaca se encuentra la mayor superficie correspondiente a estas dos clases, con un total de 17 252,19 ha y 13 192,69 ha, respectivamente (Anexo 9 y 10).

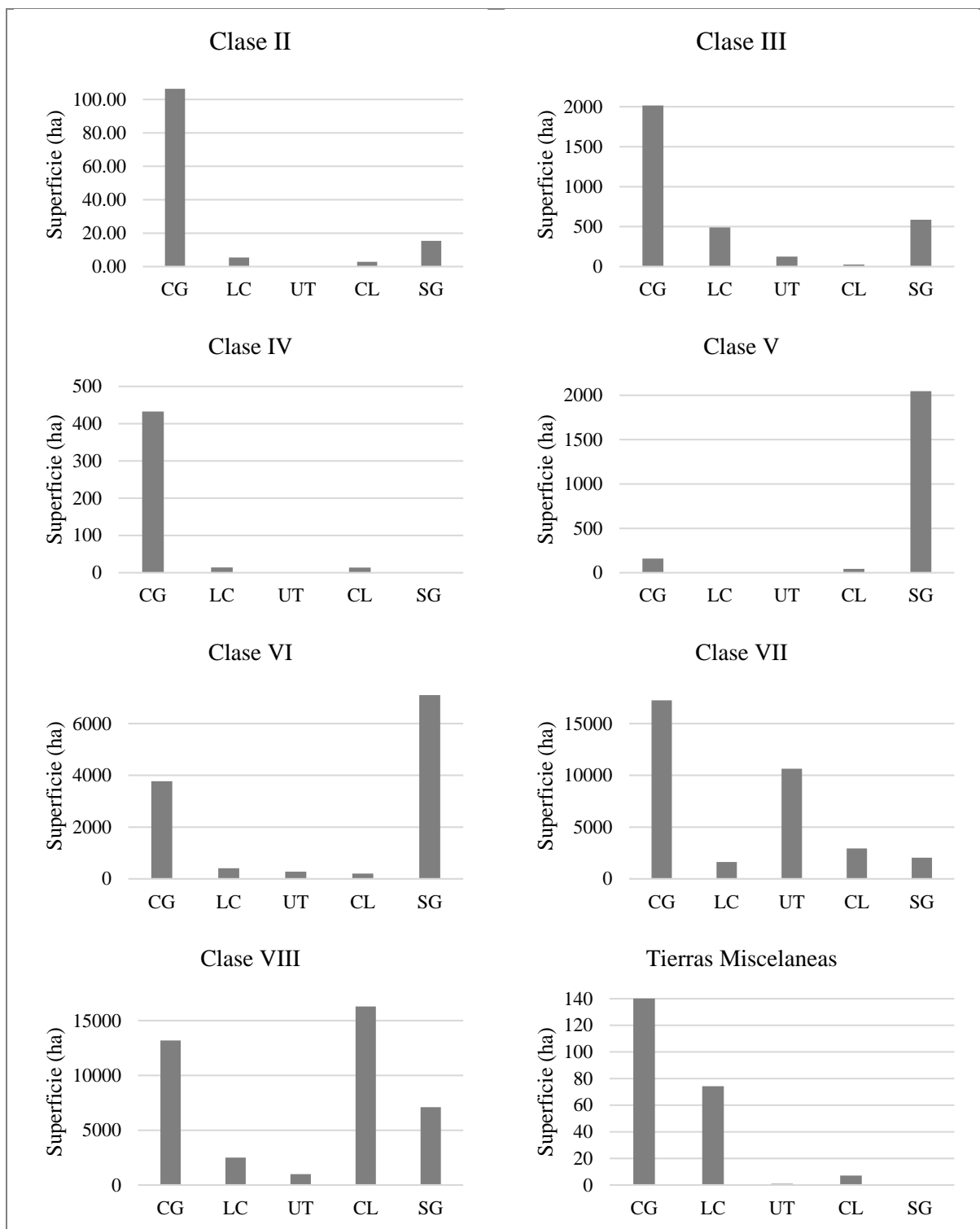


Figura 7. Clases agrícolas del cantón Calvas. Parroquias CG: Cariamanga LC: Lucero UT: Utuana CL: Colaisaca SG: Sanguillín

6.1.1. Identificación de los impactos en el componente suelo

La identificación de los impactos en el componente suelo por el cambio de uso del suelo en el cantón Calvas, se obtuvo a través del indicador de la variación porcentual de cambio de uso, el

cual incluye los siguientes usos del suelo: bosque, vegetación arbustiva/herbácea, tierra agropecuaria, zona antrópica, cuerpos de agua y otras tierras.

Los usos del suelo que obtuvieron una intensidad baja (0-20%) según la variación porcentual son bosque y vegetación arbustiva/herbácea, y cuerpos de agua que resulto tener una intensidad media (21-40%). Mientras que los usos de tierra agropecuaria, zona antrópica y otras tierras, están dentro de la categoría de intensidad total (>81%) (Tabla 8).

Tabla 8. Clasificación de la variación porcentual

Usos del suelo	Superficie (ha)		Variación porcentual	Intensidad	
	1987 (Ha)	2022 (Ha)	%	Categoría	%
Bosque	22214,2	22055,2	-0,72	Baja	0-20
Vegetación arbustiva/herbácea	59424,9	55344,39	-6,87	Baja	0-20
Tierra agropecuaria	1077,12	2986,44	177,26	Total	>81
Zona antrópica	292,05	622,48	113,14	Total	>81
Cuerpos de agua	129,42	80,77	-37,59	Media	21 – 40
Otras tierras	220,44	2746,87	1146,09	Total	>81

Fuente: Elaboración propia

Se identificaron los impactos en los diferentes usos del suelo, los cuales tuvieron un mayor grado de incidencia en el entorno (intensidad), según la magnitud del cambio de un uso del suelo a otro (Ver mapa Anexo 11). A través de la observación directa en campo, utilizando una lista de verificación, así como el análisis de información relacionada con el uso del suelo, cambios en el uso del suelo, capacidad de uso del suelo y la pendiente, se lograron identificar los impactos generados por los usos tierras agropecuarias, zonas antrópicas y otras tierras (Tabla 9).

Tabla 9. Identificación de impactos por clase en el componente suelo

Impactos en el componente suelo	USOS DEL SUELO		
	Tierra agropecuaria	Zona antrópica	Otras tierras
Eliminación de la cobertura vegetal	✓	✓	✓
Expansión de la frontera agrícola	✓		✓
Reducción de la biodiversidad	✓		
Intensificación de monocultivos	✓		
Conflicto por el uso del suelo	✓		
Sellado de suelo por urbanización		✓	
Expansión de la frontera antrópica		✓	✓
Incremento de los procesos de erosión			✓
Inestabilidad de taludes			✓
Modificación de la capacidad de uso del suelo		✓	

Nota: Otras tierras (Suelo desnudo), Zona antrópica (Urbanización, construcciones y vías)

Fuente: Elaboración propia

6.2. Resultados del Objetivo 2

Valoración de los impactos en el componente suelo identificados a escala espacial-temporal generados por el cambio de uso del suelo en el cantón Calvas.

Se evaluó los impactos que generan los usos del suelo que presentaron una intensidad alta (12): tierras agropecuarias, zona antrópica y otras tierras sobre el componente suelo en el cantón y sus parroquias de Calvas a través de la matriz de Importancia de Conesa (2010). De acuerdo a la valoración por atributo se obtuvo la importancia de cada impacto (Anexo 12). Donde, el uso de tierras agropecuaria genera tres impactos severos y un impacto crítico, los cuales requieren de medidas correctoras o protectoras. Los impactos generados por la zona antrópica son mayores a 75, es decir, son superiores al umbral aceptable y tienen baja posibilidad de recuperación, mientras que, los impactos generados por otras tierras son severos (Tabla 10).

Tabla 10. Importancia de los impactos identificados.

Impactos en el componente suelo	IMPORTANCIA		
	Tierra agropecuaria	Zona antrópica	Otras tierras
Eliminación de la cobertura vegetal	58	88	51
Expansión de la frontera agrícola	56		52
Reducción de la biodiversidad	78		
Intensificación de monocultivos	50		
Conflicto por el uso del suelo	35		
Sellado de suelo por urbanización		96	
Expansión de la frontera antrópica		96	72
Incremento de los procesos de erosión			52
Inestabilidad de taludes			53
Modificación de la capacidad de uso del suelo		86	

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, se realizó la valoración de los impactos por parroquia con la finalidad de identificar cuál o cuáles son las parroquias más afectadas por el incremento en los usos tierras agropecuarias, zona antrópica y otras tierras. Las parroquias que presentaron mayores cambios que mostraron en su superficie en el periodo de 35 años fueron Cariamanga, Colaisaca y Utuana, y la parroquia de Lucero tuvo menor cambio en la superficie, al igual que la parroquia de Sanguillin (Figura 8).

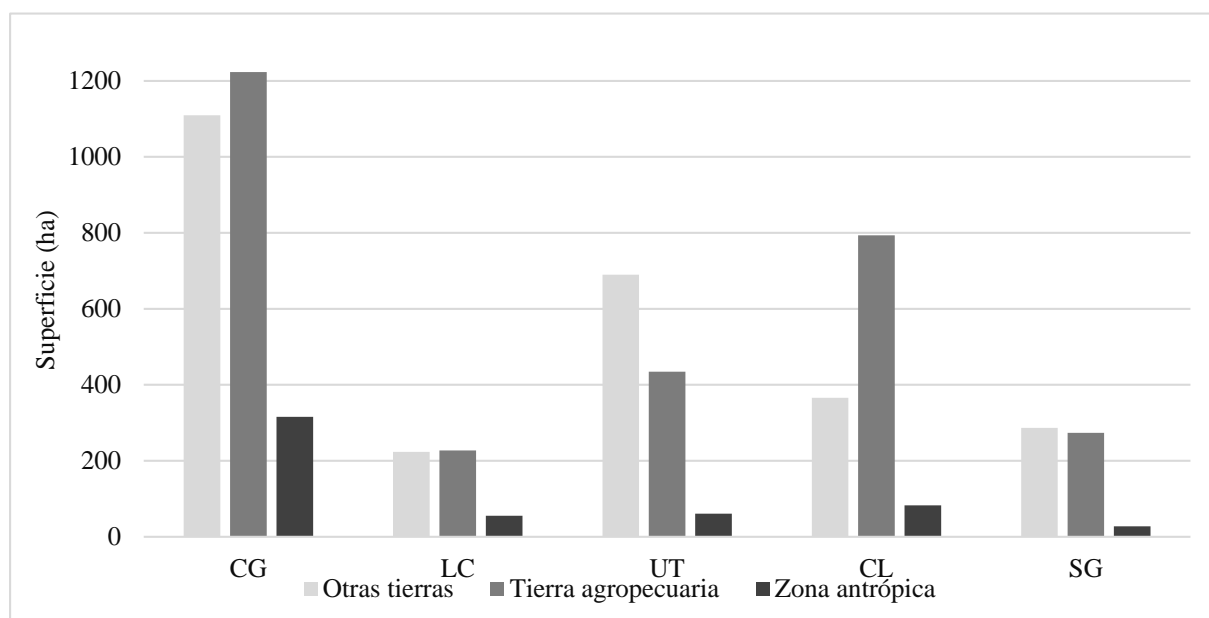


Figura 8. Uso del suelo con intensidad alta. Parroquias CG: Cariamanga LC: Lucero UT: Utuana CL: Colaisaca SG: Sanguillin

El cambio de uso del suelo en las parroquias Cariamanga, Lucero, Utuana, Colaisaca y Sanguillín ha generado diversos impactos, algunos de los cuales son severos y críticos para el suelo. En cuanto a las tierras agropecuarias, la eliminación de la cobertura vegetal, expansión de la frontera agrícola, reducción de la biodiversidad, intensificación de monocultivos y los conflictos por el uso del suelo, resultaron ser impactos severos y críticos en la parroquia de Cariamanga y Colaisaca. Mientras que los impactos generados por el uso zona antrópica, la parroquia Cariamanga es la más afectada, al igual que por el uso de otras tierras y las menos afectadas son Lucero y Sanguillín (Tabla 11).

Tabla 11. Importancia de los impactos por parroquia

Usos del suelo	Impactos	Importancia				
		CG	LC	UT	CL	SG
Tierra agropecuaria	Eliminación de la cobertura vegetal	70	32	39	57	32
	Expansión de la frontera agrícola	64	36	39	59	36
	Reducción de la biodiversidad	78	36	41	65	36
	Intensificación de monocultivos	68	36	35	63	36
	Conflicto por el uso del suelo	57	31	28	52	29
Zona antrópica	Modificación de la capacidad de uso del suelo	79	41	29	37	33
	Eliminación de la cobertura vegetal	62	25	31	37	35
	Sellado de suelo por urbanización	71	39	31	37	33
	Expansión de la frontera antrópica	69	30	33	37	35
Otras tierras (Suelo desnudo)	Incremento de los procesos de erosión	64	32	52	36	34
	Inestabilidad de taludes	64	34	56	64	44
	Eliminación de la cobertura vegetal	68	34	53	64	35
	Expansión de la frontera agrícola	66	36	53	66	41
	Expansión de la frontera antrópica (Vías, urbanización)	66	32	53	62	35

Nota: Parroquias CG: Cariamanga LC: Lucero UT: Utuana CL: Colaisaca SG: Sanguillín

6.3. Resultados del Objetivo 3

Propuesta de un programa de manejo ambiental para el componente suelo del cantón Calvas.

A partir de la matriz de Importancia de Conesa (2010), se identificaron los impactos severos y críticos que requieren medidas correctoras o protectoras. En función de esto, se diseñó una propuesta de Programas de Manejo Ambiental que contiene medidas para prevenir, mitigar, compensar y controlar los efectos negativos o impactos producidos por el cambio de uso del suelo, principalmente por tierras agropecuarias, zonas antrópicas y otras tierras.

La propuesta consistió en un programa de prevención y mitigación para los impactos generados por tierras agropecuarias, zonas antrópicas y otras tierras, y un programa de rehabilitación de áreas afectadas por los usos de tierras agropecuarias y otras tierras.

6.3.1. Programa de Prevención y Mitigación

PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN EN EL USO TIERRA AGROPECUARIA

Medida: Cambio de producción agropecuaria tradicional por producción agropecuaria sostenible con el fin de conservar, proteger y mitigar los impactos en la biodiversidad del entorno.

Objetivos de la medida:

- Establecer técnicas para el cambio de una producción agropecuaria por una sostenible.
- Establecer las estrategias de conservación y protección para la biodiversidad en zonas agrícolas.
- Capacitar a los agricultores de las parroquias Cariamanga y Colaisaca sobre los beneficios que brinda la producción agropecuaria sostenible.

Lugar de aplicación: Parroquia Cariamanga y Colaisaca

Tipo de la medida: Preventiva y correctiva

Etapas de ejecución: Operación y seguimiento (5 años)

Actividades a desarrollar:

Actividad 1. Técnicas para la producción agropecuaria sostenible

Agroforestería: la siembra de especies forestales en cultivos se realiza a una distancia de 9 a 18 m, mientras que, en linderos los espaciamientos van de 3 a 5 m (maderables) (Montagnini et al., 2015). Se pueden emplear especies de la localidad, tales como: Laurel (*Nectandra sp.*), Guabillo (*Inga acreana*), Arabisco (*Jacaranda mimosifolia* D. Don), Sauco (*Psycotria carthagenensis* Jacq.) Achotillo (*Vismia baccifera*), Faique (*Acacia macracantha*), Chirimoyo (*Rollinia sp.*) y Nogal (*Juglans neotropica* Diels).

Diversificación de cultivos: en el cantón Calvas, la mayor parte son monocultivos de maíz, para diversificar estos cultivos, es necesario incluir otras especies como frejol (*Phaseolus vulgaris*), haba (*Vicia faba*), lechuga (*Lactuca sativa*), cilantro (*Coriandrum sativum*), perejil (*Petroselinum crispum*), tomate (*Solanum sect. Lycopersicon*), maní (*Arachis hypogaea*), café (*Coffea arabica*), zapallo (*Cucurbita maxima*), sambo (*Cucurbita ficifolia*) y arveja (*Pisum sativum*). También, se puede incluir especies frutales como el naranjo (*Citrus × sinensis*), mandarino (*Citrus reticulata*), aguacate (*Persea americana*), entre otras.

Agricultura ecológica: Es una alternativa para mejorar la calidad del suelo e incrementar la producción, debido a que se basa en la aplicación de abonos verdes que ayudan a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Jamioy, 2018). Las plantas utilizadas como abonos verdes generalmente pertenecen a las familias de las leguminosas, crucíferas y gramíneas (Guiberteau y Labrador, 2013):

- Leguminosas: Haba (*Vicia faba*), trebol blanco (*Trifolium repens*), trébol violeta (*Trifolium pratense*), arveja (*Pisum sativum*) y faique (*Acacia macracantha*).
- Crucíferas: colza (*Brassica napus*), nabo (*Brassica campestris*), coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*), col rizada (*Brassica oleracea var. sabellica*), repollo (*Brassica oleracea var. capitata*), brócoli (*Brassica oleracea var. italica*).
- Gramíneas: ray-grass italiano (*Lolium multiflorum*) y maíz (*Zea mays*).

Sistemas silvopastoriles: Entre los sistemas que se pueden efectuar son pastura en callejones, los árboles o arbustos forrajeros se siembran en hileras simples o dobles a una distancia que permita la introducción de animales o de maquinaria entre las hileras (Huertas et al., 2021). Se puede utilizar especies leguminosas como guandú (*Cajanus cajan*), leucaena (*Leucaena diversifolia*), guaje (*Leucaena leucocephala*), faique (*Acacia macracantha*), entre otras.

Actividad 2. Estrategias de conservación y protección de la biodiversidad en zonas agropecuarias

Cercas vivas: la siembra de cercas vivas con árboles frutales, arbustos y plantas ornamentales, melíferas y aromáticas ofrece una serie de beneficios, estas plantas desempeñan un papel fundamental en la mejora del suelo, ya que sus raíces ayudan a retener la humedad, reducir la erosión y estimular la actividad microbiana, lo cual promueve la fertilidad del suelo (Morantes y Renjifo, 2018). Además, las cercas vivas funcionan como corredores biológicos, conectando diferentes hábitats y facilitando el movimiento de animales, aves e insectos entre las fincas, esto favorece la polinización de los cultivos cercanos y mejora la productividad agrícola (Sarandón, 2021).

Siembra de café: la asociación de cultivos tradicionales con especies perennes de café arábigo (*Coffea arabica*) o café robusta (*Coffea canephora*) permite la regulación del suelo, aire y la conservación de la biodiversidad (Flore et al., 2023). La plantación de café actúa como una capa protectora que previene la erosión del suelo causada por la lluvia y el viento, lo que mantiene la fertilidad del suelo, debido a que, dentro de los cultivos de café, se preservan

muchas especies animales, plantas e inclusive hongos (Alele et al., 2023). Al mismo tiempo, ofrece beneficios económicos a los productores favoreciendo a la conservación de la biodiversidad y la protección del suelo (Vizcaíno, 2013).

Actividad 3. Capacitación a los agricultores sobre los beneficios de las técnicas de una producción agropecuaria sostenible y estrategias de conservación de la biodiversidad.

- Realizar campañas de sensibilización dirigidas a agricultores y ganaderos interesados en conocer sobre los beneficios de la producción agropecuaria sostenible. Desde una perspectiva socioeconómica, política y ambiental. En la Tabla 12, se presenta un itinerario tentativo para la presentación de la campaña en las parroquias de Cariamanga y Colaisaca

Tabla 12. Cronograma de sensibilización y capacitación

Día	Hora	Actividad
1	9:00 am - 9:30 am	- Registro de participantes y bienvenida.
	9:30 am - 10:30 am	- Introducción a la agricultura sostenible y sus beneficios.
	10:30 am - 12:30 pm	- Estudios de casos exitosos de producción agropecuaria sostenible - Entrega de trípticos.
2	9:00 am - 9:30 am	- Registro de participantes y bienvenida.
	9:30 am - 10:10 am	- Estrategias de conservación y protección de la biodiversidad en zonas de agropecuarias.
	10:30 am - 12:30 pm	- Cómo iniciar la transición hacia la agricultura sostenible: pasos prácticos y recursos disponibles. - Entrega de una Guía de prácticas sostenibles para el cultivo de café.
3	9:00 am - 9:30 am	- Registro de participantes y bienvenida.
	9:30 am - 11:00 am	- Formación de grupos de trabajo: identificación de agricultores interesados en la agricultura sostenible.
	11:00 am - 12:30 pm	- Asesoría detallada a los grupos de trabajo
4	9:00 am - 11:00 am	- Visita a fincas de los agricultores interesados.
	11:00 am - 1:00 pm	- Sesión de preguntas y respuestas con los agricultores.
	1:00 am - 2:00 pm	- Clausura del evento y entrega de certificados de participación.

Fuente: Elaboración propia

Impacto a controlar:

- Eliminación de la cobertura vegetal
- Expansión de la frontera agrícola
- Reducción de la biodiversidad
- Intensificación de monocultivos
- Conflicto por el uso del suelo

Plazo para la implementación: Inmediato

Costo de la medida: A continuación se detallan los costos tentativos de implementación de la medida para una finca piloto de 15 hectáreas.

Tabla 13. Costos de la medida para el uso tierra agropecuaria

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor (USD)	Total
Actividad 1. Estrategias técnicas para la producción agropecuaria sostenible					
5 sobres de especies de semillas de leguminosas	Global	5	1,50	7,50 \$	
6 sobres de especies de semillas de crucíferas	Global	6	1,50	7,50 \$	
2 sobres de especies de semillas de gramíneas: ray-grass italiano (<i>Lolium multiflorum</i>)	Global	1	1,00	9,00 \$	
maíz (<i>Zea mays</i>)		1	8,00		
Actividad 2. Diseño de estrategias de conservación y protección de la biodiversidad en zonas de agropecuarias					
Plántulas de café	Global	100	2	50,00\$	
Actividad 3. Sensibilización y capacitación					
Talleres de capacitación	Global	5	40,00	200,00 \$	
Trípticos	Global	50	0,50	25,00 \$	
Guía de prácticas sostenibles	Global	50	1,00	50,00 \$	
Certificados	Global	-	-	-	
Total USD			55,50	304,00\$	

Fuente: Elaboración propia

Responsable de la ejecución: GAD de Calvas, MAGAP y Consejo provincial de Loja

Responsable del control y monitoreo: GAD de Calvas y MAGAP

Indicador de verificación y cumplimiento: El 80% de la finca realiza prácticas sostenibles en 6 meses con las diferentes técnicas. El 80% de los agricultores de las parroquias Cariamanga y Colaisaca han sido capacitados.

Medios de verificación y cumplimiento: Informes fotográficos, informes de asistencia y visitas en campo.

PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN EN ZONA ANTRÓPICA

Medida: Propuesta una planificación territorial sostenible del cantón Calvas

Objetivos de la medida:

- Realizar un análisis de idoneidad del suelo para el desarrollo urbano sostenible en el cantón Calvas

Lugar de aplicación: Parroquia Cariamanga

Tipo de la medida: Preventiva y correctiva

Etapas de ejecución: Operación y seguimiento (5 años)

Actividades a desarrollar:

Actividad 1. Análisis de idoneidad del suelo para el desarrollo urbano sostenible en la parroquia Cariamanga

Se caracteriza por categorizar los suelos según su aptitud para el desarrollo urbano (Al-Ghorayeb et al., 2023). Teniendo en cuenta que en la parroquia Cariamanga la mayor parte de la superficie está ocupada por pendientes fuertemente inclinadas y a través de este análisis se puede delimitar los sitios viables para el desarrollo urbano y conservación. El enfoque técnico consiste en:

- Definir los criterios como factores impulsores del desarrollo urbano sostenible.
- Determinar las áreas altas y menos adecuadas para el desarrollo urbano, teniendo en cuenta diferentes factores impulsores a los criterios de ponderación (factores topográficos, como la pendiente y la elevación).
- Según el juicio de expertos, dividir los mapas de cada criterio a cinco clases: idoneidad más alta, alta, moderada, baja y más baja.
- Usar tanto los pesos como las clases de estos criterios para generar un mapa superpuesto ponderado que muestre la idoneidad general del suelo (Al-Ghorayeb et al., 2023).

Actividad 2. Delimitar sitios para el establecimiento de áreas verdes

El establecimiento de áreas verdes como parques, corredores en vías y jardines privados es una alternativa viable y sostenible, cuyo propósito es embellecer la ciudad, dar sombra, proteger del viento o del sol, albergar especies de aves, insectos, entre otros (Sánchez, 2003). También, las especies arbóreas en las ciudades contribuyen a reducir el carbono atmosférico, funcionan como barreras protectoras contra partículas y contribuyen con la reducción de niveles de ruido (Choudhury et al., 2020). Las especies que se pueden sembrar son: abeto (*Abies alba*), Abedul (*Betula pendula*), Cedro (*Cedrus deodara*), entre otras.

Impacto a controlar:

- Eliminación de la cobertura vegetal
- Modificación de la capacidad de uso del suelo
- Sellado de suelo por urbanización
- Expansión de la frontera antrópica (Vías, urbanización)

Plazo para la implementación: Largo plazo (5 años)

Costo de la medida: En la Tabla 14, se detallan costos tentativos.

Tabla 14. Costos de la medida para el uso zona antrópica

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor total (USD)
Actividad 1. Lineamientos				
Estudio de idoneidad	Global	1	10000,00	10000,00\$
Plántulas de especies para áreas verdes urbanas	Global	100	3,00	300,00\$
Total USD			505	10300,00\$

Fuente: Elaboración propia

Responsable de la ejecución: GAD de Calvas, MAGAP y consejo provincial de Loja

Responsable del control y monitoreo: GAD de Calvas y MAGAP

Indicador de verificación y cumplimiento: El 80% da población y autoridades o entes tomadores de decisiones, fueron informados del estudio de idoneidad en 4 reuniones. En un plazo de 18 meses, se espera que al menos el 50% de la zona urbana de la parroquia Cariamanga cuente con árboles.

Medios de verificación y cumplimiento: Informe de socialización del análisis de riesgos. Informes fotográficos y número de árboles plantados.

PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN EN OTRAS TIERRAS

Medida: Estrategias para la prevención y mitigación de los impactos generados por el uso otras tierras.

Objetivos de la medida:

- Controlar el incremento de los procesos de erosión en las parroquias Cariamanga, Utuana y Colaisaca
- Regular el uso o explotación desordenado de la frontera antrópica y agrícola.

Lugar de aplicación: Parroquia Cariamanga, Utuana y Colaisaca

Tipo de la medida Preventiva y correctiva

Etapas de ejecución: Operación y seguimiento (5 años)

Actividades a desarrollar:

Las parroquias de Cariamanga, Utuana y Colaisaca, se caracterizan tener una gran cantidad de superficies con pendientes fuertemente inclinadas. Estas áreas son propensas a deslizamientos en laderas y presentan desafíos tanto para la construcción de vías como para el uso agrícola y urbano.

Actividad 1. Control del incremento de los procesos de erosión

Construir taludes en la apertura de vías: en las zonas con pendientes fuertemente inclinadas se debe construir taludes para estabilizar el suelo. Mientras que, en derrumbes, diseñar elementos de drenaje superficiales para reducir la cantidad de agua que corre hacia abajo en los taludes con la finalidad de prevenir la erosión y la infiltración de agua de la superficie hacia el talud. Estos elementos incluyen: cuneta en la cima del talud, cuneta de drenaje vertical y cuneta para el drenaje en la berma (Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA], 2002).

Áreas de conservación: Destinar las zonas que son propensas a deslizamiento a nuevas áreas de conservación, con la finalidad de evitar la degradación del suelo sin cubierta vegetal.

Actividad 2. Restricción y control del avance de la frontera agrícola y urbana.

Regulaciones y medidas de control: Establecer regulaciones y medidas de control para limitar el avance de la frontera agrícola y urbana en áreas donde las condiciones topográficas indican que no son tierras aptas para actividades agropecuarias y construcciones. De acuerdo, el análisis de susceptibilidad realizado por el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, menciona que el 20,55% del territorio tiene zonas con muy alta susceptibilidad y

el 49,67% son zonas con alta susceptibilidad a movimientos en masa (GAD Calvas, 2019). Por ello, es importante contar con una normativa para el control y restricción en áreas de riesgos,

Impacto a controlar

- Incremento de los procesos de erosión
- Inestabilidad de taludes (Deslizamientos)
- Eliminación de la cobertura vegetal
- Expansión de la frontera agrícola
- Expansión de la frontera antrópica (Vías, urbanización)

Plazo para la implementación Largo plazo (5 años)

Costo de la medida: El presupuesto se ha considerado para un talud referencial de 30x10m.

Tabla 15. Costos de la medida para el uso otras tierras

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor (Usd)	Total
Actividad 1. Control del incremento de los procesos de erosión					
Construcciones de taludes	Global	1	30000,00	30000,00	
Total USD			30000,00	30000,00	

Responsable de la ejecución: GAD de Calvas, MAGAP y Consejo provincial de Loja

Responsable del control y monitoreo: GAD de Calvas y MAGAP

Indicador de verificación y cumplimiento: Los proyectos para la estabilización de taludes han sido aprobados y ejecutados en un 60% para las parroquias Cariamanga, Utuana y Colaisaca. Se ha regulado y restringido el crecimiento del avance de la frontera agrícola y urbana en un 80% en 2 años

Medios de verificación y cumplimiento: Reportes técnicos y fotografías de los taludes construidos en las zonas con pendientes fuertemente inclinadas. Planos y documentos técnicos que muestran el diseño e implementación de los elementos de drenaje superficiales en caso de derrumbes y otros puntos críticos.

6.3.2. Programa de Rehabilitación de Áreas Afectadas

PROGRAMA DE REHABILITACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS EN TIERRA AGROPECUARIAS

Medida: Rehabilitar las áreas afectadas por uso de suelo tierras agropecuarias

Objetivos de la medida: Sugerir técnicas de rehabilitación de áreas afectadas por actividades agropecuarias.

Lugar de aplicación: Parroquia Cariamanga y Colaisaca

Tipo de la medida: Conservar y restaurar

Etapas de ejecución: Operación y seguimiento (5 años)

Actividades a desarrollar:

Actividad 1. Técnicas de rehabilitación de áreas afectadas

Perchas ecológicas: Colocar perchas ecológicas en zonas degradadas por las actividades agropecuarias. Proporcionan a las aves un lugar de descanso y anidación, lo que permite que desempeñen un papel clave en la dispersión de semillas. A medida que las aves visitan estas perchas, llevan consigo semillas en sus plumas y excrementos, depositándolas en diferentes áreas. Con el tiempo, este proceso de dispersión de semillas facilitado por las perchas ecológicas promueve una regeneración natural de la vegetación en áreas degradadas. Cada percha consiste de un poste de madera de 3 m de altura con una o dos varas cruzadas de 10 cm de diámetro y 2 m de longitud, se colocan en la parte superior del poste. La distancia mínima entre perchas es de 75 m (Clavijo, 2006).

Incentivos: establecer incentivos para los dueños de fincas que contribuyan a la restauración de áreas degradadas por actividades agropecuarias. A través de una ordenanza en colaboración con el Concejo Municipal de Calvas, se podrán donar plántulas de especies forestales y frutales a los propietarios de fincas comprometidos con la restauración. Por ejemplo, los agricultores, quienes podrían plantar especies de café (*Coffea arabica*) en zonas desprovistas de vegetación. Estas plantaciones densas no solo contribuirían a la restauración del suelo, sino también desempeñarían un papel en la mitigación del cambio climático, como se menciona en el estudio de Vizcaíno, (2013).

Además, se puede gestionar un porcentaje de descuento en los impuestos prediales como reconocimiento a su contribución. Estos incentivos buscan motivar la participación activa de

los propietarios, promoviendo la reforestación, la recuperación de la biodiversidad y la conservación del ambiente en beneficio de la comunidad.

Impacto a controlar:

- Eliminación de la cobertura vegetal
- Expansión de la frontera agrícola
- Reducción de la biodiversidad
- Intensificación de monocultivos
- Conflicto por el uso del suelo

Plazo para la implementación: Inmediato

Costo de la medida: Costos tentativos de la construcción de perchas ecológicas

Tabla 16. Costos de la medida de rehabilitación para el uso tierras agropecuarias

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor (Usd)	Total
Actividad 1. Técnicas de rehabilitación de áreas afectadas					
Construcción de perchas ecológicas	Global	10	10,00	100,00\$	
Incentivos	-	-	-	-	
Total USD			10,00	100,00\$	

Fuente: Elaboración propia

Responsable de la ejecución: GAD de Calvas, MAGAP y Consejo provincial de Loja

Responsable del control y monitoreo: GAD de Calvas y MAGAP

Indicador de verificación y cumplimiento: El 80% de las zonas degradadas se han instalado perchas ecológicas en seis meses. El 50% de las zonas degradadas en 12 meses se espera la presencia de vegetación. El 40% de los dueños de las fincas han firmado un acuerdo de conservación y protección de las áreas naturales de bosque en 4 meses. El 80% de agricultores a recibo donaciones de plántulas de café en 5 meses.

Medios de verificación y cumplimiento: Registro fotográfico e informes de las personas que reciben incentivos

PROGRAMA DE REHABILITACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS EN OTRAS TIERRAS

Medida: Recuperar la cobertura vegetal en áreas degradadas en el uso de suelo otras tierras

Objetivos de la medida:

- Rehabilitar las áreas afectadas del uso del suelo otras tierras en las parroquias Cariamanga, Utuana y Colaisaca.

Lugar de aplicación: Cariamanga, Utuana y Colaisaca

Tipo de la medida: Conservar y restaurar

Etapas de ejecución: Operación y seguimiento (5 años)

Actividades a desarrollar:

Actividad 1. Rehabilitar las áreas afectadas en áreas sin vegetación

Método de hidrosiembra: Aplicar el método de hidrosiembra en zonas con pendientes pronunciadas y escasa vegetación en las parroquias Cariamanga, Utuana y Colaisaca. Este método es adecuado para suelos con pendientes fuertemente inclinadas, y para pendientes más empinadas, se requiere combinarlo con mallas orgánicas o inorgánicas. La hidrosiembra implica el uso de materiales como agua, mulch (hojarasca o sintético (celulosa), coadyuvantes, estabilizadores, abono y semillas.

En el caso de las semillas, se utilizan semillas de un nacimiento rápido para que controlen la erosión lo antes posible haciendo raíces rápidamente. Además, se opta por semillas autóctonas para lograr una integración con el paisaje nativo. En las etapas iniciales, se pueden emplear especies de poáceas como (*Schizachyrium tenerum*), (*Aristida adscensionis*), (*Aristida ecuadoriensis*), (*Setaria cernua*), (*Digitaria insularis*), (*Chloris inflata*) y (*Setaria parviflora*) (Mendoza et al., 2017) para establecer una capa firme y estabilizar el suelo. Posteriormente, se pueden incorporar especies como arupo (*Chionathus pubescens* Kunth), faique (*Acacia macracantha*), nogal (*Juglans regia*), cedro (*Cedrus ...*) y arabisco (*Jacaranda mimosifolia*) para lograr una revegetación más diversa y compleja (Ministerio de Transporte y Obras públicas, 2017).

Impacto a controlar:

- Incremento de los procesos de erosión
- Inestabilidad de taludes (Deslizamientos)
- Eliminación de la cobertura vegetal

- Expansión de la frontera agrícola
- Expansión de la frontera antrópica (Vías, urbanización)

Plazo para la implementación: Inmediato

Costo de la medida: El costo final de la hidrosiembra puede depender del tamaño, pendiente y de las condiciones de las zonas a aplicar esta técnica. Entre del costo del servicio incluye los materiales y el costo de la mano de obra.

Tabla 17. Costos de la medida de rehabilitación para el uso otras tierras

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor (Usd)	Total
Actividad 1. Rehabilitar las áreas afectadas en áreas sin vegetación					
Hidrosiembra	Global	1.85 x m ²	1000,00	1000,00\$	
Total USD			1000,00	1000,00\$	

Fuente: Elaboración propia

Responsable de la ejecución: GAD de Calvas, MAGAP y Consejo provincial de Loja

Responsable del control y monitoreo: GAD de Calvas y MAGAP

Indicador de verificación y cumplimiento: El 80% de las zonas degradadas están cubiertas por vegetación herbácea en 4 meses con la técnica hidrosiembra

Medios de verificación y cumplimiento: Fotografías y visitas en campo. Informes del número de zonas restauradas.

7. Discusión

Es notable la transformación del uso del suelo en el cantón Calvas a lo largo de un periodo de 35 años. Estos cambios han ocasionado variaciones en áreas específicas, dando lugar a la generación de impactos negativos y positivos, y su comprensión es fundamental para evaluar adecuadamente las consecuencias y repercusiones de estas variaciones en el componente suelo (Mzuza et al., 2019).

Se determinó en el área de estudio pérdidas en la cobertura de bosque (159 ha) y vegetación arbustiva/herbácea (4080,51 ha), mientras que en los usos de suelo tierras agropecuarias (1909,32 ha), zona antrópica (330,43) y otras tierras (2526,43 ha) se registraron ganancias en el transcurso de 35 años. Esto concuerda con Baig et al., (2022) donde manifiestan que la disminución en la cobertura boscosa y vegetación arbustiva/herbácea se atribuye al incremento de la urbanización y el crecimiento poblacional. De igual manera, Agudelo-Hz et al., (2023) en su estudio explica que se debe a la formación de áreas extensas de pastizales y vegetación secundaria.

Del mismo modo, Gitima et al., (2023) y Paredes (2022) mencionan que el incremento de tierras agropecuarias, zonas antrópicas y otras tierras, se han dado principalmente por el crecimiento de la población, la demanda de alimentos y recursos naturales, lo que es consistente con el crecimiento demográfico y la expansión de la zona agropecuaria en el cantón Calvas (INEC, 2010). Del mismo modo, Mzuza et al. (2019) afirma que la ganancia en estos usos ejerce una presión mayor sobre los recursos naturales, por lo tanto, en la zona de estudio es probable que el avance de la frontera urbana como agropecuaria ocupe áreas de bosque marginal, así como, podría suceder la invasión hacia reservas naturales de importancia ecológica que se encuentran en el cantón Calvas, tales como: el Bosque El Guabo, Bosque Hanne, Reserva Ecológica El Ahuaca, entre otros (GAD Calvas, 2019).

También, se observó que la parroquia de Cariamanga experimentó una ganancia ligera en su cobertura boscosa. Esto se puede atribuir en gran medida a la implementación exitosa de proyectos de revegetación y reforestación llevados a cabo en áreas afectadas por la construcción de la lotización Migrantes Calvenses Etapa II en el 2014, según Espinosa (2017) las acciones desarrolladas en estos proyectos demostraron ser efectivas para contrarrestar los impactos de la erosión hídrica y eólica. Asimismo, el proyecto de "Reforestación para la vida en Cariamanga" ejecutado en el 2020, contribuyó a mejorar la cobertura forestal en la zona (GAD Calvas, 2020).

Los impactos identificados asociados al cambio de uso del suelo son de naturaleza negativa. Este resultado es consistente con investigaciones en otras regiones del mundo, tal es el caso de Mzuza et al. (2019) en la cuenca del río Middle Shire, Malaw, y Agudelo y Cortés (2017) en México, quienes proporcionan una evidencia sólida sobre los impactos negativos, entre los impactos detectados se encuentran la pérdida de suelo productivo, la erosión, la disminución de la calidad del suelo, la fragmentación de hábitats y la pérdida de biodiversidad. Estas coincidencias reafirman la importancia de considerar los cambios en el uso del suelo y sus implicaciones en el suelo y en el ambiente en general.

Los impactos generados por la expansión de la zona agropecuaria son severos y críticos en las parroquias de Cariamanga y Colaisaca. Esto se debe a que, el 40% de la población económicamente activa se dedica a actividades afines a la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca según el GAD Calvas (2019). Así mismo, su condición de cabecera cantonal, con una mayor población que demanda mayores cantidades de recursos y alimentos (INEC, 2001, 2010). Mientras que, en la parroquia de Colaisaca se destaca por ser una zona reconocida por ofrecer una producción alta de productos de ciclo corto y productos provenientes de la actividad ganadera (Paccha 2014), así mismo, cuenta con una infraestructura productiva construida por la Fundación “Ayuda en Acción” y la Asociación de Productores de Maíz “ASEPAM”, la cual es un centro de comercialización de productos para consumo local, barrios aledaños y a la cabecera cantonal de Calvas (GAD Calvas, 2019).

También, los resultados están vinculados estrechamente con la economía del país, si bien las actividades agropecuarias desempeñan un papel clave en el sostenimiento de la dinámica económica y el suministro de materias primas como lo señala Reinoso,(2023). Paralelamente, la creciente demanda de productos agrícolas en el país ha llevado a un aumento significativo en la extensión de tierras agropecuarias (De Koning et al., 1999; Viana et al., 2021). A pesar de los beneficios económicos, el desarrollo desmedido de estas actividades podría exceder la capacidad de uso del suelo generando una serie de limitaciones (Zavala-Cruz et al., 2017). Esta perspectiva coincide con los resultados observados en el cantón Calvas, donde las clases más predominantes representan tierras de protección y conservación con limitaciones muy fuertes (Gallardo Díaz et al., 2002). Por lo tanto, surge la necesidad de establecer restricciones al desarrollo agropecuario, considerando las áreas con limitaciones y resaltar la importancia de preservar áreas críticas para la conservación.

Los impactos generados por la expansión de la zona antrópica en la parroquia Cariamanga son severos y críticos, puesto que se ha convertido en un centro urbano con una destacada infraestructura de salud, seguro social, educación e instituciones financieras públicas y privadas (García, 2018). Esta parroquia es un polo económico importante debido a su papel central en el comercio de productos ganaderos y agrícolas en el sur de la provincia Loja, así como, sus conexiones comerciales con otras ciudades en Ecuador y Perú (Ospina et al., 2011). Por lo que, se espera que habrá mayor demanda de recursos y espacio, ya que la población del área de estudio en el 2010 fue 28 185 habitantes y se prevé que para el año 2025 la población será 29 079 habitantes (INEC, 2010). De igual modo, esta tendencia se observa a nivel mundial, el aumento significativo de la población en áreas urbanas y una rápida expansión de las áreas urbanizadas ha sido impulsado por el crecimiento económico, la industrialización y la expansión de la demanda de recursos (Jiang et al., 2021; Leeson, 2018; Shlomo et al., 2011; Yang et al., 2019).

Las parroquias Cariamanga, Utuana y Colaisaca se ven afectadas por impactos negativos que son severos y críticos, derivados principalmente por áreas desprovistas de cobertura vegetal (otras tierras). Este fenómeno se torna aún más alarmante al considerar que estas parroquias poseen amplias áreas con pendientes fuertemente inclinadas (25% - 50%). Esta relación entre la pendiente del terreno y la pérdida de suelo ha sido resaltada por Hassanin et al. (1993), quienes enfatizan la relación entre la topografía y la pérdida de suelo. De hecho, se ha demostrado que a medida que aumenta el grado de la pendiente, también se incrementa la erosión del suelo (Gitima et al., 2023; Z. Zhang et al., 2015). Siendo la causa principal de la conversión de áreas con vegetación en suelo sin cobertura vegetal. Estas variaciones topográficas, especialmente la pendiente, genera impactos directamente en el suelo (Wubie y Assen, 2020). La erosión tanto hídrica como eólica en el suelo es uno de los impactos ambientales más prominentes asociados con el cambio de uso del suelo y ha resultado en una gran pérdida de productividad y servicios ecosistémicos a escala global (Li et al., 2021; Gelagay y Minale, 2016).

No obstante, las parroquias de Lucero y Sanguillín los impactos por el incremento de la zona agropecuarias, zona antrópica y cobertura sin vegetación son moderados, debido a que los cambios en estas zonas no son representativos en el periodo transcurrido, como lo menciona Jaramillo (2014) la fuente principal de ingresos de esta parroquia es la agricultura donde cuenta con pequeños productores de tierras. De igual modo la expansión urbana en estas parroquias

presenta un bajo número de edificaciones con un crecimiento urbanístico ordenado (GAD Calvas, 2019).

Con el propósito minimizar, prevenir y mitigar los efectos de los impactos generados por el incremento considerable en los usos del suelo se ha elaborado una propuesta de un Programa de Manejo Ambiental. En el Programa de Prevención y Mitigación se ha planteado una serie de medidas con actividades específicas para los usos del suelo de tierras agropecuarias, zona antrópica y otras tierras. La propuesta se apoya en varios hallazgos que demuestran el éxito que han tenido las medidas implementadas (Roe et al. 2021), por lo cual se sugieren.

Mordecki y Piaggio (2008) afirma que las estrategias de diversificación agrícola han demostrado tener un impacto positivo en la economía de México. Del mismo modo, Nunez et al. (2020) y Pacheco et al. (2018), evaluaron las medidas de mitigación, destacando que las prácticas como la agrosilvicultura, la agricultura de conservación, la reforestación de tierras de cultivo y pastos, y la restauración de tierras degradadas han demostrado ser efectivas, ya que han permitido que el suelo alcance un estado de vegetación primaria con el tiempo, a la vez que mejoran la capacidad de almacenamiento de carbono y otros servicios ecosistémicos. Por lo tanto, las medidas para la prevención y mitigación propuestas en el Programa de prevención y mitigación son viables para alcanzar un manejo y gestión sostenible del suelo, impidiendo así la expansión descontrolada a nuevas áreas circundantes, especialmente en las parroquias de Cariamanga, Colaisaca y Utuana que presentaron impactos severos y críticos

En el Programa de rehabilitación se proponen medidas enfocadas en recuperar las áreas de las parroquias Cariamanga, Colaisaca y Utuana que han sufrido impactos severos y críticos como resultado de un uso inapropiado del suelo. Las acciones de rehabilitación sugeridas, como la revegetación por medio de perchas ecológicas y la restauración de áreas degradadas, pueden desempeñar un papel crucial en la recuperación de la biodiversidad y el valor ecológico de esas zonas según Giraldo et al. (2020). Conjuntamente, con la implementación de prácticas de manejo sostenible, como la hidrosiembra, surge como una herramienta para mejorar la funcionalidad y la resiliencia de los ecosistemas degradados (Martínez y Fernández, 2001).

Algunos investigadores, defienden la idea de aumentar la fertilidad de las áreas degradadas a través de la plantación de múltiples especies de árboles. Esta estrategia propuesta para las zonas sin vegetación, es respaldada por Singh et al. (2012), los cuales sostienen que la hojarasca generada por diferentes especies, la sombra permanente y la red de las raíces profunda ayuda a

maximizar la eficacia ecológica de la reforestación. Por otra parte, se ha comprobado que la adopción de corredores ecológicos, en forma de cercas vivas, resulta eficaz para restaurar la vegetación forestal, facilitando el desplazamiento de las especies y los procesos ecológicos (Canet et al., 2012; Ramos y Finegan, 2004).

Sin embargo, su implementación conlleva retos en lo que respecta a su diseño y mantenimiento. Por ejemplo, la implementación de corredores ecológicos para la conservación de la biodiversidad ha sido objeto de varios estudios en diferentes regiones del mundo. Osorio et al. (2012) destacan que esta estrategia puede ser efectiva en áreas con una alta biodiversidad. Del mismo modo, los resultados de Marchena y Muñoz Reinoso (2010) en Andalucía, España, indican que la implementación de acciones basadas únicamente en información de uso del suelo y cobertura vegetal puede no ser representativa para el hábitat real de ciertas especies, lo que subraya la importancia de comprender los requisitos ecológicos de las especies objetivo al diseñar estrategias efectivas para las parroquias del cantón Calvas.

8. Conclusiones

- En un periodo de 35 años en el cantón Calvas, una superficie considerable de bosque y vegetación arbustiva /herbácea, pasaron a ser ocupadas por tierras agropecuarias, zona

antrópica y otras tierras. Estos cambios generan una serie de impactos sobre el suelo, tales como eliminación de la cobertura vegetal, sellado de suelo por urbanización, expansión de la frontera antrópica, modificación de la capacidad de uso del suelo, expansión de la frontera agrícola, reducción de la biodiversidad, entre otros.

- Se valoró los impactos con base en la Matriz de Importancia, obteniendo que las parroquias Cariamanga, Utuana y Colaisaca presentan impactos severos y críticos, mientras que Lucero y Sanguillín los impactos son moderados. Estos impactos se ven condicionados por la pendiente del terreno, la cual restringe su desarrollo. Adicionalmente, estos usos están ocupando zonas destinadas a la protección y conservación de los suelos, lo que agrava la situación.
- Se determinó que, de acuerdo a las características topográficas y naturales de la zona de estudio, las medidas propuestas se basan en el desarrollo de prácticas sostenibles como la agrosilvicultura, reforestación, y restauración de áreas degradadas con perchas ecológicas y la aplicación de técnicas innovadoras como la hidrosiembra, las cuales permitirán mitigar, prevenir y rehabilitar áreas degradadas por los cambios de uso del suelo.

9. Recomendaciones

- Este estudio podría ser empleado como insumo para los planes de ordenamiento territorial del cantón Calvas y permitan una actualización de los PDOTs parroquiales.
- La propuesta del Programa de Manejo Ambiental debe ser socializado con los entes tomadores de decisiones (GAD de Calvas y MAGAP) para que tomen las acciones

correctivas sobre las áreas que están siendo degradadas y se potencie actividades como la reforestación, que han mostrado resultados exitosos como la recuperación de áreas de bosque.

- Se debería complementar la presente investigación con un estudio de la calidad del suelo in situ, para determinar la contaminación y degradación a través de análisis fisicoquímicos y biológicos.

10. Bibliografía

- Abad, K. (2020). El cambio de uso de suelo y la utilidad del paisaje periurbano de la cuenca del río Guayllabamba en Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 68–91. <https://doi.org/10.15359/RCA.54-2.4>
- Adobati, F., y Garda, E. (2020). Soil releasing as key to rethink water spaces in urban planning. *City, Territory and Architecture*, 7(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/S40410-020-00117->

8/FIGURES/4

- Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA]. (2002). Manula de gestión y prevención de desastres en carreteras. *Instituto de Invetsigación de Trabajos Públicos Japón*, 1–83. https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11866373_03.pdf
- Agudelo-Hz, W. J., Castillo-Barrera, N. C., y Uriel, M. G. (2023). Scenarios of land use and land cover change in the Colombian Amazon to evaluate alternative post-conflict pathways. *Scientific Reports 2023 13:1*, 13(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29243-2>
- Agudelo, J., y Cortés, E. (2017). Analisis de Impacto Ambiental en el Cambio de Uso del Suelo Empleando Imagenes Satelitales. *Enviromental Science*. https://www.academia.edu/21705006/Analisis_de_Impacto_Ambiental_en_el_Cambio_d_e_Uso_del_Suelo_Empleando_Imagenes_Satelitales
- Aguirre, S., Piraneque, N., y Fernández, T. (2022). *Suelo y cambio climático*. Unimagdalena. https://books.google.com.ec/books?id=otxmEAAAQBAJyprintsec=frontcoverydq=Cobertura+vegetal+y+cambio+de+uso+de+sueloyhl=esysa=Xyredir_esc=y#v=onepageyqyf=true
- Al-Ghorayeb, A., Al-Shaar, W., Elkordi, A., Faour, G., Al-Shaar, M., y Attalah, Y. (2023). Land Suitability Analysis for Sustainable Urban Development: A Case of Nabatiyeh Region in Lebanon. *J 2023, Vol. 6, Pages 267-285*, 6(2), 267–285. <https://doi.org/10.3390/J6020020>
- Alele, J. O., Ding, Q., y Sayed, H. A. A. (2023). A Combined Ridging and Cover Crop Tillage System for Sustainable Coffee Plantation in Kenya. *Agronomy*, 13(2073–4395), 655. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY13030655>
- Álvarez, P., Veliz, F., Muñoz, J., y Aguirre, N. (2015). Análisis multitemporal del cambio de uso de suelo en el cantón Zapotillo, provincia de Loja. Análisis multitemporal del cambio de uso de suelo en el cantón Zapotillo, provincia de Loja. *Revista Bosques Latitud Cero*, 1. https://www.researchgate.net/publication/301226212_Analisis_multitemporal_del_cambio_de_uso_de_suelo_en_el_canton_Zapotillo_provincia_de_Loja_Multi-temporal_analysis_of_land_use_change_in_canton_Zapotillo_province_of_Loja

- Annegarn, H. J. (2009). *Land cover change and hydrological regimes in the shire river catchment, malawi Lobina Getrude Chozenga Palamuleni.*
- Antunes, P., Santos, R., y Jordão, L. (2001). The application of Geographical Information Systems to determine environmental impact significance. *Environmental Impact Assessment Review*, 21(6), 511–535. [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(01\)00090-7](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(01)00090-7)
- Arias, J. (2012). *Identificación y dinamización del corredor aviturismo de endemismo tumbesino, sector bosque hanne-utuana.* https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/1055/1/tesis_jonathan.pdf
- Armstrong, M. E., y Henriksen, N. (2012). *Estudio de Impacto Ambiental – Proyecto EGECHILCA.* 1–2.
- Ayalew, A. D., Wagner, P. D., Sahlú, D., y Fohrer, N. (2022). Land use change and climate dynamics in the Rift Valley Lake Basin, Ethiopia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 1–25. <https://doi.org/10.1007/S10661-022-10393-1/FIGURES/3>
- Baig, M. F., Mustafa, M. R. U., Baig, I., Takaijudin, H. B., y Zeshan, M. T. (2022). Assessment of Land Use Land Cover Changes and Future Predictions Using CA-ANN Simulation for Selangor, Malaysia. *Water* 2022, Vol. 14, Page 402, 14(3), 402. <https://doi.org/10.3390/W14030402>
- Banco Mundial; CIAT; CATIE. (2014). *Agricultura Climáticamente Inteligente en México. In Serie de perfiles nacionales de agricultura climáticamente inteligente para América Latina.* (Grupo del).
- Barros-Rodríguez, A., Rangseekaew, P., Lasudee, K., Pathom-Aree, W., y Manzanera, M. (2021). Impacts of Agriculture on the Environment and Soil Microbial Biodiversity. *Plants*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/PLANTS10112325>
- Bell, A. R., Ward, P. S., Mapemba, L., Nyirenda, Z., Msukwa, W., y Kenamu, E. (2018). Smart subsidies for catchment conservation in Malawi. *Scientific Data* 2018 5:1, 5(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.113>
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J. E., Alewell, C., Wuepper, D., Montanarella, L., y Ballabio, C. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences of*

the United States of America, 117(36), 21994–22001.
https://doi.org/10.1073/PNAS.2001403117/SUPPL_FILE/PNAS.2001403117.SAPP.PDF

Bufebo, B., y Elias, E. (2021). Land Use/Land Cover Change and Its Driving Forces in Shenkolla Watershed, South Central Ethiopia. *Scientific World Journal*, 2021.
<https://doi.org/10.1155/2021/9470918>

Camacho, J., Pérez, J., Pineda, N., Cadena, V., Bravo, L., y Sánchez, M. (2014). Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. *Revista Madera Bosques*, 21(1), 93–112.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttextypid=S1405-04712015000100008

Campino, I., Trautmann, A., y Moosbrugger, W. (1990). Experiencias Con El Metodo De Hidrosiembra En Diferentes Regiones De Colombia. *Soil Technology*, 3(1), 91–98.
[https://doi.org/10.1016/S0933-3630\(05\)80020-0](https://doi.org/10.1016/S0933-3630(05)80020-0)

Canet, L., Herrera, B., y Finegan, B. (2012). Efectividad de manejo en corredores biológicos: el caso de Costa Rica. *Revista Parques*, 2(October 2016), 1–10.

Cantú, M. P., Becker, A. R., Bedano, J. C., Schiavo, H. F., y Parra, B. J. (2009). Evaluación del impacto del cambio de uso y manejo de la tierra mediante indicadores de calidad de suelo, Córdoba, Argentina. *Cadernos Do Laboratorio Xeoloxico de Laxe*, 34, 203–214.

Carrión, M. (2010). Análisis de la dinámica de crecimiento urbano en la cabecera parroquial de conocoto. En el periodo de estudio 2001 a 2010 y escenario tendencial al 2030. *Tesis de Grado, Univerdad Nacional de Loja*.

Cevallos, X. (2016). *Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en la Parroquia Vilcabamba*. UTPL.
https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/15545/1/CEVALLOS_ALEAGA_XIMENA_KARINA_.pdf

Choudhury, M. A. M., Marcheggiani, E., Despini, F., Costanzini, S., Rossi, P., Galli, A., y Teggi, S. (2020). Urban Tree Species Identification and Carbon Stock Mapping for Urban Green Planning and Management. *Forests 2020*, Vol. 11, Page 1226, 11(11), 1226.

<https://doi.org/10.3390/F11111226>

Chuvieco, e. (1995). *Fundamentos-de-teledeteccion* (ediciones).

Clavijo, A. (2006). Perchas artificiales como estrategia de restauración ecológica en un área degradada por uso agropecuario en la microcuenca Santa Helena, Suesca - Cundinamarca (Colombia). *Biologist*, 1. doi:10.13140/RG.2.2.21800.16648

Conesa, V. (1993). *Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental* (Segunda). MUNDI-PRENSA.

Conesa, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación impacto ambiental* (Cuarta edi). Mundi Prensa. <https://es.slideshare.net/ycav95/conesa-guia-metodologica-evaluacion-impacto-ambiental>

Congedo, L. (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172. <https://doi.org/10.21105/joss.03172>

Curatola Fernández, G. F., Obermeier, W. A., Gerique, A., López Sandoval, M. F., Lehnert, L. W., Thies, B., y Bendix, J. (2015). Land Cover Change in the Andes of Southern Ecuador—Patterns and Drivers. *Remote Sensing 2015*, Vol. 7, Pages 2509-2542, 7(3), 2509–2542. <https://doi.org/10.3390/RS70302509>

Dablin, L., Lewis, S. L., Milliken, W., Monro, A., y Lee, M. A. (2021). Browse from Three Tree Legumes Increases Forage Production for Cattle in a Silvopastoral System in the Southwest Amazon. *Animals 2021*, Vol. 11, Page 3585, 11(12), 3585. <https://doi.org/10.3390/ANI11123585>

Dacanay, L., y Lawrence, H. (2012). Strategic Action Plan for the Rehabilitation and Recovery of the Areas Affected by Tropical Storm Sendong (Washi). *Regional Development Council, Region X Cagayan de Oro City, Philippines*, 103. <https://reliefweb.int/report/philippines/strategic-action-plan-rehabilitation-and-recovery-areas-affected-tropical-storm>

De Koning, G. H. J., Verburg, P. H., Veldkamp, A., y Fresco, L. O. (1999). Multi-scale modelling of land use change dynamics in Ecuador. *Agricultural Systems*, 61(2), 77–93. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(99\)00039-6](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(99)00039-6)

- Dellavedora, M. (2010). Guía metodológica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental contenido. *Programa de Investigaciones Del Taller 1 0 Edición Año 2010*.
- El-Hassanin, A. S., Labib, T. M., y Gaber, E. I. (1993). Effect of vegetation cover and land slope on runoff and soil losses from the watersheds of Burundi. *Agriculture, Ecosystems y Environment*, 43(3–4), 301–308. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(93\)90093-5](https://doi.org/10.1016/0167-8809(93)90093-5)
- Escolano, J. J., Pedreño, J. N., Lucas, I. G., Almendro Candell, M. B., y Zorpas, A. A. (2018). Decreased Organic Carbon Associated With Land Management in Mediterranean Environments. *Soil Management and Climate Change: Effects on Organic Carbon, Nitrogen Dynamics, and Greenhouse Gas Emissions*, 1–13. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812128-3.00001-X>
- Espinosa, X. (2017). *Estudio de impacto ambiental y plan de manejo ambiental del proyecto: construcción, operación y mantenimiento de la lotización “migrantes calvenses” etapa ii*.
- Espinoza, V., y Varela, J. (2021). “análisis de los impactos ambientales causados por el cambio de uso del suelo en la cuenca hidrográfica el río lita.” Universidad técnica del norte.
- Fahad, S., Chavan, S. B., Chichaghare, A. R., Uthappa, A. R., Kumar, M., Kakade, V., Pradhan, A., Jinger, D., Rawale, G., Yadav, D. K., Kumar, V., Farooq, T. H., Ali, B., Sawant, A. V., Saud, S., Chen, S., y Poczai, P. (2022). Agroforestry Systems for Soil Health Improvement and Maintenance. *Sustainability 2022, Vol. 14, Page 14877, 14(22)*, 14877. <https://doi.org/10.3390/SU142214877>
- FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. *Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación*, 10–12. <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Flore, N., Cédric, C., Félicité, L., Louise, A., Tchamba, M., y Bidzanga, E. (2023). Plant Biodiversity and Structure of Robusta Coffee (*Coffea canephora* var. *robusta*) Agroforests in Cameroon. *Journal of Forestry*, 13, 225–241. <https://doi.org/10.4236/ojf.2023.132014>
- GAD Calvas. (2014). *Actualización del diagnóstico del Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Calcas 2015-2025 Versión v.15*. https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1160000320001_Actualización_Diagnostico_Calvas_v1_14-11-2014.pdf
- GAD Calvas. (2019). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón*

Calvas. <https://www.gobiernocalvas.gob.ec/index.php/sistema-informacion-local/territorial/pdyot-2019-2023>

GAD Calvas. (2020). Proyecto Forestación y Reforestación para la Vida en Cariamanga. *Mi Cariamanga Noticias*. <https://micariamanga.com/noticias/1749-proyecto-forestacion-y-reforestacion-para-la-vida-se-ejecutara-en-cariamanga>

Gallardo Díaz, J., Almorox Alonso, J., y Hontoria Fernández, C. (2002). Clasificación de la capacidad agrológica de las tierras. *ETSI Agrónomos*. https://www.researchgate.net/publication/310843167_Clasificacion_de_la_capacidad_agrologica_de_las_tierras_Ed_ETSI_Agronomos_Madrid

García, S. (2018). Propuesta de una ruta agroturística en las parroquias Cariamanga y Chile del cantón Calvas, provincia de Loja. *Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja*.

Gaspar, S., Nene, A., Mendoza, M., y Silva, F. (2017). Land cover and land use change in coastal basins from the Central Pacific coast of Mexico. *Investigaciones Geográficas*, 2017(94), 64–81. <https://doi.org/10.14350/RIG.56770>

Geisen, S., Wall, D. H., y van der Putten, W. H. (2019). Challenges and Opportunities for Soil Biodiversity in the Anthropocene. *Current Biology*, 29(19), R1036–R1044. <https://doi.org/10.1016/J.CUB.2019.08.007>

Geist, H., y Lambin, E. (2002). Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation: Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. *BioScience*, 52(2), 143–150. <https://doi.org/10.1111/J.1467-8306.1985.TB00079.X>

Gilani, H. R., y Innes, J. L. (2020). The state of british Columbia's forests: A global comparison. *Forests*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/F11030316>

Giraldo, L. P., Chara, J., Chará-Serna, A. M., Ramírez, Y. P., Giraldo, L. P., Chara, J., Chará-Serna, A. M., y Ramírez, Y. P. (2020). Restauración de corredores ribereños en paisajes ganaderos de la zona andina colombiana: efectos tempranos en el ambiente acuático. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(171), 652–664. <https://doi.org/10.18257/RACCEFYN.1063>

Giraldo, L. P., Chará, J., Zúñiga, M. del C., Chará-Serna, A. M., y Pedraza, G. (2014). Impacto

- del uso del suelo agropecuario sobre macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la cuenca del río La Vieja (Valle del Cauca, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 62, 203–219. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000600014&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Gitima, G., Teshome, M., Kassie, M., y Jakubus, M. (2023). Quantifying the impacts of spatiotemporal land use and land cover changes on soil loss across agroecologies and slope categories using GIS and RUSLE model in Zoa watershed, southwest Ethiopia. *Ecological Processes*, 12(1), 1–21. <https://doi.org/10.1186/S13717-023-00436-X/FIGURES/10>
- Goites, E. (2022). Agroecología : Hitos hacia un nuevo paradigma alimentario en Argentina paradigm in Argentina. *Eutopia-22*, 22, 142–154. <https://doi.org/10.17141/eutopia.23.2022.5247>
- Gomes, L., Simões, S. J. C., Dalla Nora, E. L., de Sousa-Neto, E. R., Forti, M. C., y Ometto, J. P. H. B. (2019). Agricultural Expansion in the Brazilian Cerrado: Increased Soil and Nutrient Losses and Decreased Agricultural Productivity. *Land 2019*, Vol. 8, Page 12, 8(1), 12. <https://doi.org/10.3390/LAND8010012>
- Gómez Orea, D., y Gómez, T. (2013). *Evaluación de Impacto Ambiental* (Madrid). Nobel, S.A. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=yid=9VOuAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA15&dq=evaluación+de+impacto+ambiental&ots=PQ9aqYtiti&sig=DHvxit7DkYizNDKnAjXG4meyZHK#v=onepage&q&f=true>
- Guiberteau, A., y Labrador Moreno, J. (2013). Técnicas de agricultura en agricultura ecológica. *Ministerio De Agricultura Pesca Y Alimentación*, 7(1), 343–354.
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., Lovejoy, T. E., Sexton, J. O., Austin, M. P., Collins, C. D., Cook, W. M., Damschen, E. I., Ewers, R. M., Foster, B. L., Jenkins, C. N., King, A. J., Laurance, W. F., Levey, D. J., Margules, C. R., ... Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2). <https://doi.org/10.1126/SCIADV.1500052>
- Hernández, M., Palacios. Abraham, Sánchez, E., Gonzáles, C., Gordillo, A., y Mendoza, K. (2015). Influencia de la urbanización en el cambio de la vegetación colindante del corredor Pachuca-Tizayuca (2000-2014). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-

11322016000100020

- Huertas, S. M., Bobadilla, P. E., Alcántara, I., Akkermans, E., y van Eerdenburg, F. J. C. M. (2021). Benefits of Silvopastoral Systems for Keeping Beef Cattle. *Animals : An Open Access Journal from MDPI*, 11(4), 992. <https://doi.org/10.3390/ANI11040992>
- ICGC. (2023). Capacidad agrológica de los suelos. *Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña*. <https://www.icgc.cat/es/Administracion-y empresa/Herramientas>
- INEC. (2001). Censo de población 2001 Calvas. *Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)*, 1.1, 3–6. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonaes/Pichincha/Fasciculo_Mejia.pdf
- INEC. (2010). Censo de Población 2010 Calvas. *Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)*, 7(1), 14.
- Jamioy, D. (2018). Efecto de la aplicación de abonos verdes en el crecimiento y el rendimiento del. *Agronomía Costarricense*, 42(2), 127–140.
- Jaramillo, M. (2014). Diagnostico situacional turístico de la parroquia rural Sanguillin, del cantón Calcas de la provincia de Loja. [Tesis, UNL]. Disponible en <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12984/1/Maritza%20Elizabeth%20Jaramilo%20Chillogallo.pdf>
- Jiang, T. B., Deng, Z. W., Zhi, Y. P., Cheng, H., y Gao, Q. (2021). The Effect of Urbanization on Population Health: Evidence From China. *Frontiers in Public Health*, 9, 706982. <https://doi.org/10.3389/FPUBH.2021.706982/BIBTEX>
- Juan Pérez, J. I. (2017). Identificación y evaluación de impactos ambientales en el Campus Ciudad Universitaria, Universidad Autónoma del Estado de México, Cerro de Coatepec, Toluca México. *Acta Universitaria*, 27(3), 36–56. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1249>
- Khatibi, F. S., Dedekorkut-Howes, A., Howes, M., y Torabi, E. (2021). Can public awareness, knowledge and engagement improve climate change adaptation policies? *Discover Sustainability*, 2, 1–24. <https://doi.org/10.1007/S43621-021-00024-Z/FIGURES/5>
- Landis, R., y Koch, G. (1977). The Measdgdurement of Observer Agreement for Categorical Data. *International Biometric Society*, 33(159–174). <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2529310>

- Lázaro, A., y Tur, C. (2018). Los cambios de uso del suelo como responsables del declive de polinizadores. *Ecosistemas*, 27(2), 23–33. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1378>
- Leal, J. (1997). *Lista de Chequeo o verificación . Guías Para La Evaluación Del Impacto Ambiental de Proyectos de Desarrollo Local*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/30783/S9710063_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Leeson, G. W. (2018). The Growth, Ageing and Urbanisation of our World. *Journal of Population Ageing 2018 11:2*, 11(2), 107–115. <https://doi.org/10.1007/S12062-018-9225-7>
- Leija, E. G., Valenzuela, S. I., Valencia, M., Jiménez, G., Castañeda, G., Reyes, H., y Mendoza, M. E. (2020). Análisis de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo en la región centro-norte de México. El caso de la cuenca baja del río Nazas. *Ecosistemas*, 29(1), 1826–1826. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1826>
- Li, M., Li, T., Zhu, L., Meadows, M. E., Zhu, W., y Zhang, S. (2021). Effect of Land Use Change on Gully Erosion Density in the Black Soil Region of Northeast China From 1965 to 2015: A Case Study of the Kedong County. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 652933. <https://doi.org/10.3389/FENV.2021.652933/BIBTEX>
- López, V., Balderas, M., Chávez, M., Pérez, J., y Gutiérrez, J. (2014). *Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano*. 22(2), 1–3. www.infusebonegraft.com/healthcare-providers/trauma-surgery/index.htm
- MAE-MAGAP. (2015). Protocolo metodológico para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental 2013 – 2014, ESCALA 1:100.000. *Ministerio El Ambiente*. www.magap.gob.ec
- Mancipe, N. (2017). Introducción a los SIG para futuras aplicaciones ambientales Introducción a los SIG para futuras aplicaciones ambientales . *Medioambiente*. https://ciencia.lasalle.edu.co/edunisalle_medioambientefuturasaplicacionesambientales%22
- Martín-Pliego, F. J. (2004). *Introducción a la estadística económica y empresarial* (Thomson Pa).

- Martínez Ruiz, C., y Fernández Santos, B. (2001). Technique of the hydroseeding in the revegetation of miner rubbish heap. *Informes de La Construcción*, 53(476). <https://doi.org/10.3989/ic.2001.v53.i476.647>
- Martínez, W. (2014). Evaluación del impacto ambiental en obras viales. *Revista de Ciencias Gerenciales*, 10(29), 5–21. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7211213&info=resumen&idioma=SPA>
- Mejía, V., Orellana, D., y Cabrera, P. (2021). Cambio de uso de suelo en la Amazonía Norte del Ecuador: Un análisis a través de imágenes satelitales nocturnas VIIRS e imágenes LANDSAT. *Revista Científica de Ciencias Sociales y Humanas*, 1–20. <https://universidadverdad.uazuay.edu.ec/index.php/udaver/article/view/355/593>
- Mendoza, Z. A., Mendoza, N. A., y Ch, J. M. (2017). *Biodiversidad de la provincia de Loja*. 24(2), 523–542.
- Mijangos, O., y López, J. (2013). Metodologías para la identificación y valoración de impactos ambientales Introducción. *Instituto de Estudios Ambientales, Universidad de La Sierra Juárez*.
- Ministerio de Medio Ambiente. (1996). *Indicadores ambientales. Una propuesta para España*. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/40-577_bases_para_un_sistema_de_indicadores_de_medio_ambiente_urbano_en_andalucia/40-577/4_indicadores_medioambientales.pdf
- Ministerio de Transporte y Obras públicas. (2017). *Loja biodiversa*.
- Mohamed, A. (2023). An overview of land degradation, desertification and sustainable land management using GIS and remote sensing applications. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 1, 3. <https://doi.org/10.1007/s12210-023-01155-3>
- Mohammad, A. G., y Adam, M. A. (2010). The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses. *CATENA*, 81(2), 97–103. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2010.01.008>
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., y Eibl, B. (2015). Sistemas Agroforestales funcionales: Función De Los Sistemas Agroforestales. In *Sistemas*

Agroforestales.

<http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7124/SistemasAgroforestales.pdf?sequence=1#page=276>

- Morantes-tolozá, J. L., y Renjifo, L. M. (2018). Cercas vivas en sistemas de producción tropicales : una revisión mundial de los usos y percepciones. *Biología Tropical*, 66(June), 739–753. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&id=S0034-77442018000200739
- Mordecki, G., y Piaggio, M. (2008). Integración regional : ¿el crecimiento económico a través de la diversificación de exportaciones? *Documentos de Trabajo (Working Papers)*. <https://ideas.repec.org/p/ulr/wpaper/dt-11-08.html>
- Muhammad, Z., Zeeshan, A., Akram, H., Amjad, W., Bano, S., Qasim, S., Faiz, S., Nazar, A., y Nazim, F. (2023). Innovative Approaches Utilizing Plant-Based Techniques for Soil Conservation : Innovative Approaches Utilizing Plant-Based Techniques for Soil Conservation : An In-depth Review Abstract : Keywords : soil. *Education and Technology*, 2581 7795.
- Muhie, S. H. (2022). Novel approaches and practices to sustainable agriculture. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, 100446. <https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2022.100446>
- Mzuzá, M. K., Chapola, L., Kapute, F., Chikopa, I., Gondwe, J., Mzuzá, M. K., Chapola, L., Kapute, F., Chikopa, I., y Gondwe, J. (2015). Analysis of the Impact of Aquatic Weeds in the Shire River on Generation of Electricity in Malawi: A Case of Nkula Falls Hydro-Electric Power Station in Mwanza District, Southern Malawi. *International Journal of Geosciences*, 6(6), 636–643. <https://doi.org/10.4236/IJG.2015.66051>
- Mzuzá, M. K., Zhang, W., Kapute, F., Wei, X., Mzuzá, M. K., Zhang, W., Kapute, F., y Wei, X. (2019). The Impact of Land Use and Land Cover Changes on the Nkula Dam in the Middle Shire River Catchment, Malawi. *Earth Observation and Geospatial Analyses [Working Title]*. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.86452>
- Nunez, S., Verboom, J., y Alkemade, R. (2020). Assessing land-based mitigation implications for biodiversity. *Environmental Science y Policy*, 106, 68–76. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2020.01.006>

- Ospina, P., Andrade, D., Castro, S., Chiriboga, M., Hollenstein, P., Larrea, A. I., Loja, J. P., Portillo, B., y Rodríguez, L. (2011). Dinámicas económicas territoriales en Loja , Ecuador : ¿ crecimiento sustentable o pasajero ? *Documento de Trabajo N° 76. Programa Dinámicas Territoriales Rurales Rimisp – Centro Latinoamericano Para El Desarrollo Rural.*
- Paccha, M. (2014). Diagnóstico situacional turístico de la parroquia rural Colaisaca del cantón Calvas de la provincia de Loja. *Tesis de Grado, Univerdad Nacional de Loja.*
- Pacheco, J., Ochoa-Moreno, W. S., Ordoñez, J., y Izquierdo-Montoya, L. (2018). Agricultural Diversification and Economic Growth in Ecuador. *Sustainability 2018, Vol. 10, Page 2257, 10(7), 2257.* <https://doi.org/10.3390/SU10072257>
- Paredes, M. (2022). Caracterización del subsistema natural para el diagnóstico de planes de ordenamiento territorial en los cantones de Sozoranga y Calvas, de la provincia de Loja en el período 1986-2017. *[TESIS, UNL], 1–115.* [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24534/1/Marilyn Paola Paredes Armijos.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24534/1/Marilyn%20Paola%20Paredes%20Armijos.pdf)
- Pedroza-Parga, E., Agustín Velásquez-Valle, M., Pedroza-Sandoval, A., Sánchez-Cohen, I., Luis, ;, y Yáñez-Chávez, G. (2022). The impact of vegetation cover on soil erosion and soil deposition due to runoff Impacto de la cobertura vegetal en la erosión-deposición del suelo por efecto de escorrentía superficial. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas, 14 (1).* <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2021.12.135>
- Pekel, j. F., cottam, a., gorelick, n., y belward, a. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature, 540(7633), 418–422.* <https://doi.org/10.1038/nature20584>
- Peláez, j. (2009). *Evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo.* Ingeniero ambiental.
- Peña, E. (2018). Análisis Multi-temporal del Cambio de Uso del Suelo en el cantón Catamayo, provincia de Loja. *Universidad Nacional de Loja.*
- Perevochtchikova, M. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y Política Pública, XXII(2).*

<https://www.scielo.org.mx/pdf/gpp/v22n2/v22n2a1.pdf>

- Pinos, N. (2016). Vista de Prospectiva del uso del suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial. *EstoA*, 5(9).
<https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/estoa/article/view/1019/887>
- QGIS Development Team. (2023). QGIS 3.30.0 Geographic Information System. *Open Source Geospatial Foundation Project*.
- Ramos, Z., y Finegan, B. (2004). Red Ecológica de Conectividad Potencial. Estrategia para el manejo del paisaje en el Corredor Biológico San Juan - La Selva. *Recursos Naturales y Ambiente*, 49, 112–123.
- Raven, P. H., y Wagner, D. L. (2021). Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(2), e2002548117.
<https://doi.org/10.1073/PNAS.2002548117/ASSET/E4B53E21-F3B6-4826-B889-A0DB0FC7A08C/ASSETS/IMAGES/LARGE/PNAS.2002548117FIG01.JPG>
- Reinoso, L. (2023). Incidencia de la Agricultura en el Crecimiento y Desarrollo Económico del Ecuador del 2006 al 2012. *Tesis de Maestría, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador*. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2076/1/106171.pdf>
- Rivas, C. A., Guerrero, J., y Navarro, R. M. (2021). Deforestation and fragmentation trends of seasonal dry tropical forest in Ecuador: impact on conservation. *Forest Ecosystems*, 8(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/S40663-021-00329-5/TABLES/6>
- Rivera, J. A., y Senna, D. C. (2017). Análisis de unidades de paisaje y evaluación de impacto ambiental como herramientas para la gestión ambiental municipal. Caso de aplicación: municipio de Tona, España. *Luna Azul*, 45(45), 171–200.
<https://doi.org/10.17151/LUAZ.2017.45.10>
- Rodrigues, S., Feder, V., y Aguinaldo, C. (2015). Impactos percibidos del turismo: Un estudio comparativo con residentes y trabajadores del sector en Rio de Janeiro -Brasil . *Estudios y Perspectivas En Turismo*, 24(1), 115–134.
<https://www.redalyc.org/pdf/1807/180732864007.pdf>
- Rodríguez, J. J., González, C. E., Gourджи, S., Mason-D'croz, D., Obando-Bonilla, D., Mesa-

- Diez, J., y Prager, S. D. (2016). Impactos socioeconómicos del cambio climático en América Latina y el Caribe: 2020-2045. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 13(78), 11–34. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr13-78.iscc>
- Roe, S., Streck, C., Beach, R., Busch, J., Chapman, M., Daioglou, V., Deppermann, A., Doelman, J., Emmet-Booth, J., Engelmann, J., Fricko, O., Frischmann, C., Funk, J., Grassi, G., Griscom, B., Havlik, P., Hanssen, S., Humpenöder, F., Landholm, D., ... Lawrence, D. (2021). Land-based measures to mitigate climate change: Potential and feasibility by country. *Global Change Biology*, 27(23), 6025–6058. <https://doi.org/10.1111/GCB.15873>
- Romero Cando, J., y Rivera Carrión, A. (2020). La hidrosiembra, técnica de bioingeniería para la restauración de suelos producto de actividades mineras: experiencia en el proyecto minero mirador, Zamora Chinchipe - Ecuador. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 5(1), 11–21. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttextpid=S2519-53522020000100002ylnq=esynrm=isoytlnq=es
- Sahagún-Sánchez, F., y Reyes-Hernández, H. (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *Ciencia UAT: Biología y Química*, 1–16. <https://www.scielo.org.mx/pdf/cuat/v12n2/2007-7858-cuat-12-02-6.pdf>
- Salaheen, S., y Biswas, D. (2019). Organic Farming Practices: Integrated Culture Versus Monoculture. *Safety and Practice for Organic Food*, 23–32. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812060-6.00002-7>
- Salamanca, A. (2019). Checklist para autores y checklist para lectores: diferentes herramientas con diferentes objetivos. *Revista NURE Investigación.*, 16(99), 1–4.
- Sanmartín, E. (2017). *Modelación de erosión hídrica en los cantones de Calvas, Chaguarpamba y Saraguro mediante sistemas de información geográfica y teledetección.*
- Santo, E. L., y Sánchez, L. E. (2002). GIS applied to determine environmental impact indicators made by sand mining in a floodplain in southeastern Brazil. *Environmental Geology*, 41(6), 628–637. <https://doi.org/10.1007/S002540100441>
- Santoro, A., Venturi, M., Bertani, R., y Agnoletti, M. (2020). A Review of the Role of Forests and Agroforestry Systems in the FAO Globally Important Agricultural Heritage Systems

(GIAHS) Programme. *Forests* 2020, Vol. 11, Page 860, 11(8), 860.
<https://doi.org/10.3390/F11080860>

Santos, W., y Castro, D. (2012). *Estudio de la pérdida del recurso suelo mediante el cálculo de tasas de erosión y propuesta de estrategias de manejo de suelos, determinadas por las características socio-ambientales de los andes ecuatorianos*.
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7094/6.H07.001317.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Sarandón, s. (2021). Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable. In *facultad de ciencias agrarias y forestales* (editoriall).

Sarría, A. (2016). *Sistemas de Información Geográfica*.
<http://fobos.inf.um.es/alonso/SIGCCAA/temario.pdf>

Scalenghe, R., y Ajmone-Marsan, F. (2009). The anthropogenic sealing of soils in urban areas. *Landscape and Urban Planning*, 90(1–2), 1–10.
<https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2008.10.011>

Shlomo, A., Parent, J., Civco, D. L., Blei, A., y Potere, D. (2011). The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000–2050. *Progress in Planning*, 75(2), 53–107. <https://doi.org/10.1016/J.PROGRESS.2011.04.001>

Silveira, M., Bayón, M., y Moreano, M. (2019). Resistencia multiescalar en el Yasuní: aportes desde la crítica geográfica. In *Geografía Crítica para detener el despojo de los territorios: teorías, experiencias y casos de trabajo en Ecuador* (pp. 101–114). Abya Yala .
https://www.researchgate.net/publication/333056914_Resistencia_multiescalar_en_el_Yasuni_aportes_desde_la_geografia_critica

Singh, K., Pandey, V. C., Singh, B., y Singh, R. R. (2012). Ecological restoration of degraded sodic lands through afforestation and cropping. *Ecological Engineering*, 43, 70–80.
<https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2012.02.029>

Smith, P., House, J. I., Bustamante, M., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G., West, P. C., Clark, J. M., Adhya, T., Rumpel, C., Paustian, K., Kuikman, P., Cotrufo, M. F., Elliott, J. A., Mcdowell, R., Griffiths, R. I., Asakawa, S., Bondeau, A., Jain, A. K., ... Pugh, T. A. M. (2016a). Global change pressures on soils from land use and management. *Global Change*

Biology, 22(3), 1008–1028. <https://doi.org/10.1111/GCB.13068>

Smith, P., House, J. I., Bustamante, M., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G., West, P. C., Clark, J. M., Adhya, T., Rumpel, C., Paustian, K., Kuikman, P., Cotrufo, M. F., Elliott, J. A., McDowell, R., Griffiths, R. I., Asakawa, S., Bondeau, A., Jain, A. K., ... Pugh, T. A. M. (2016b). Global change pressures on soils from land use and management. *Global Change Biology*, 22(3), 1008–1028. <https://doi.org/10.1111/GCB.13068>

Song, W., y Deng, X. (2017). Land-use/land-cover change and ecosystem service provision in China. *Science of The Total Environment*, 576, 705–719. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2016.07.078>

Sorlano, Lady, Ruiz, M., y Ruiz, L. (2015). Criterios de evaluación de impacto ambiental en el sector minero. *Industrial Data*, 18(2), 99–112. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81643819013.pdf>

Sun, C., Hou, H., y Chen, W. (2021). Effects of vegetation cover and slope on soil erosion in the Eastern Chinese Loess Plateau under different rainfall regimes. *PeerJ*, 9. <https://doi.org/10.7717/PEERJ.11226/SUPP-1>

Sun, J., Yang, J., Zhang, C., Yun, W., y Qu, J. (2013). Automatic remotely sensed image classification in a grid environment based on the maximum likelihood method. *Mathematical and Computer Modelling*, 58, 573–581. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2011.10.063>

Thies, B., Meyer, H., Nauss, T., y Bendix, J. (2012). Projecting land-use and land-cover changes in a tropical mountain forest of Southern Ecuador. <Http://Dx.Doi.Org/10.1080/1747423X.2012.718378>, 9(1), 1–33. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2012.718378>

Bibliografía, M., Fraser, T. D., y Duddigan, S. (2020). Identifying potential threats to soil biodiversity. *PeerJ*, 8. <https://doi.org/10.7717/PEERJ.9271>

Torre, A., Melot, R., Magsi, H., Bossuet, L., Cadoret, A., Caron, A., Darly, S., Jeanneaux, P., Kirat, T., Pham, H. V., y Kolokouris, O. (2014). Identifying and measuring land-use and proximity conflicts: Methods and identification. *SpringerPlus*, 3(1), 1–26. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-85/FIGURES/11>

- U.S. Environmental Protection Agency [EPA]. (2017). *What are the trends in land use and their effects on human health and the environment?* Report on the Environment. <https://www.epa.gov/report-environment/land-use>
- Velázquez, A., Bocco, G., y Siebe, C. (2014). Cambio de uso del suelo. *Red Temática de CONACYT Sobre Medio Ambiente y Sustentabilidad*. https://www.researchgate.net/publication/263342417_Cambio_de_uso_del_suelo
- Velten, S., Leventon, J., Jager, N., y Newig, J. (2015). What is sustainable agriculture? A systematic review. *Sustainability (Switzerland)*, 7(6), 7833–7865. <https://doi.org/10.3390/SU7067833>
- Viana, C. M., Freire, D., Abrantes, P., Rocha, J., y Pereira, P. (2021). *Agricultural land systems importance for supporting food security and sustainable development goals: A systematic review*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150718>
- Vizcaíno, D. (2013). Guía de buenas prácticas agrícolas para café. *Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de La Calidad Del Agro AGROCALIDAD. Resolución DAJ-20134CB-0201.0281*.
- Warner, L. L., y Diab, R. D. (2002). Impact Assessment and Project Appraisal Use of geographic information systems in an environmental impact assessment of an overhead power line. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 20, 39–47. <https://doi.org/10.3152/147154602781766807>
- Wawire, A. W., Csorba, Á., Tóth, J. A., Michéli, E., Szalai, M., Mutuma, E., y Kovács, E. (2021). Soil fertility management among smallholder farmers in Mount Kenya East region. *Heliyon*, 7(3), e06488. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2021.E06488>
- Winkler, K., Fuchs, R., Rounsevell, M., y Herold, M. (2021). Global land use changes are four times greater than previously estimated. *Nature Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/S41467-021-22702-2>
- Yang, C., Li, Q., Hu, Z., Chen, J., Shi, T., Ding, K., y Wu, G. (2019). Spatiotemporal evolution of urban agglomerations in four major bay areas of US, China and Japan from 1987 to 2017: Evidence from remote sensing images. *The Science of the Total Environment*, 671, 232–247. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.03.154>

- Zahran, H. H. (1999). Rhizobium-Legume Symbiosis and Nitrogen Fixation under Severe Conditions and in an Arid Climate. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 63(4), 968. <https://doi.org/10.1128/MMBR.63.4.968-989.1999>
- Zavala-Cruz, J., Castillo-Acosta, O., Ortíz-Pérez, M. A., Palma-López, D. J., Córdova-Ávalos, V., Obrador-Olán, J. J., Guerrero-Peña, A., García-López, E., Salgado-García, S., Rincón-Ramírez, J., López-Castañeda, A., y Shirma-Tórres, E. (2017). Compatibilidad De Uso Y Capacidad Agrológica Como Indicador De Degradación De Suelos En La Cuenca Del Río Grijalva. *Agro Productividad*, 10(12), 3–8.
- Zelege, G., y Hurni, H. (2001). Implications of land use and land cover dynamics for mountain resource degradation in the Northwestern Ethiopian highlands. *Mountain Research and Development*, 21(2), 184–191. [https://doi.org/10.1659/0276-4741\(2001\)021\[0184:IOLUAL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1659/0276-4741(2001)021[0184:IOLUAL]2.0.CO;2)
- Zhang, Q. (2016). The trends, promises and challenges of urbanisation in the world. *Habitat International*, 54, 241–252. <https://doi.org/10.1016/J.HABITATINT.2015.11.018>
- Zhang, Z., Sheng, L., Yang, J., Chen, X. A., Kong, L., y Wagan, B. (2015). Effects of land use and slope gradient on soil erosion in a red soil hilly watershed of southern China. *Sustainability (Switzerland)*, 7(10), 14309–14325. <https://doi.org/10.3390/SU71014309>
- Zulu, L. C. (2010). The forbidden fuel: Charcoal, urban woodfuel demand and supply dynamics, community forest management and woodfuel policy in Malawi. *Energy Policy*, 38(7), 3717–3730. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2010.02.050>

11. Anexos

Anexo 1. Coordenadas UTM de los puntos de validación 1987 y 2022

PUNTOS	1987		2022	
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
1	660023	9521268	669279	669279
2	659297	9523588	644574	644574
3	659833	9525848	649717	649717

4	659682	9528382	668734	668734
5	655291	9519394	660941	660941
6	665411	9519565	645890	645890
7	660664	9518215	662517	662517
8	657477	9515876	650368	650368
9	658019	9512831	646810	646810
10	660996	9511630	666333	666333
11	669934	9513312	657106	657106
12	671129	9512907	640700	640700
13	641996	9517043	643907	643907
14	644047	9519403	657422	657422
15	645532	9523977	638860	638860
16	645855	9522149	650515	650515
17	653698	9527779	640024	640024
18	646294	9520874	642286	642286
19	660494	9510638	640775	640775
20	642654	9519924	670511	670511
21	644474	9524218	666791	666791
22	657334	9519513	654025	654025
23	667001	9509236	661349	661349
24	649484	9518999	655900	655900
25	662596	9510540	654420	654420
26	657694	9516625	657388	657388
27	661937	9520205	641638	641638
28	658208	9519725	646059	646059
29	653115	9521019	651153	651153
30	652855	9521438	663265	663265
31	667859	9504761	662330	662330
32	658567	9507794	648279	648279
33	659665	9524076	665685	665685
34	666668	9515610	643966	643966
35	653680	9512144	643507	643507
36	647717	9537703	651143	651143
37	666555	9512108	666156	666156
38	647094	9509260	662648	662648
39	652151	9511192	659586	659586
40	646740	9510395	655946	655946
41	670853	9511922	645262	645262
42	666426	9510284	658597	658597
43	649784	9527787	649598	649598
44	664501	9516005	663513	663513
45	662098	9515863	648279	648279
46	653153	9516188	668377	668377
47	653251	9514854	669488	669488
48	666959	9510755	655932	655932

49	654891	9525201	664447	664447
50	646948	9515368	656262	656262
51	656187	9509353	667535	667535
52	674079	9517167	655319	655319
53	648605	9533538	670469	670469
54	650405	9511852	639705	639705
55	648927	9510200	668355	668355
56	669625	9511340	649381	649381
57	646915	9534624	666428	666428
58	652140	9514403	654353	654353
59	661667	9514528	657917	657917
60	653927	9516322	651226	651226
61	651604	9536686	644545	644545
62	652748	9534425	649642	649642
63	657572	9526303	645738	645738
64	662568	9511581	658730	658730
65	652473	9521410	653498	653498
66	666842	9515774	646139	646139
67	658801	9524400	665925	665925
68	645472	9534136	665081	665081
69	646915	9534125	650586	650586
70	656093	9526004	650956	650956
71	667164	9519425	641697	641697
72	642783	9533834	645312	645312
73	643215	9531076	646365	646365
74	659662	9529428	666668	666668
75	651043	9510371	644743	644743
76	661516	9504775	659167	659167
77	672014	9518181	652031	652031
78	673061	9521396	662506	662506
79	657798	9516054	647619	647619
80	645780	9511906	660185	660185
81	655980	9535833	653145	653145
82	666395	9509046	655570	655570
83	664418	9510867	654481	654481
84	665769	9502789	652195	652195
85	657202	9521976	648820	648820
86	642267	9538710	651957	651957
87	656909	9529217	647870	647870
88	659975	9512085	664817	664817
89	642209	9527888	640311	640311
90	654813	9534768	665630	665630
91	674107	9515458	653026	653026
92	642545	9514008	663127	663127
93	643082	9524012	666089	666089

94	642051	9523606	647686	647686
95	671870	9512675	640735	640735
96	655646	9537219	647976	647976
97	645982	9521243	659369	659369
98	644773	9523228	653371	653371
99	640774	9531691	661191	661191
100	654150	9512834	661033	661033

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Matriz de confusión e índice kappa de 1987 del cantón Calvas

Usos del suelo 1987	ID	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	Exactitud del usuario	Error de comisión
Bosque Vegetación	1	17	1	2	0	0	0	0	0	20	0,85	0,15
arbustiva/herbácea	2	3	59	3	0	0	0	0	1	66	0,89	0,11
Tierra agropecuaria	3	0	0	3	0	0	0	0	0	3	1,00	0,00
Zona antrópica	4	1	0	1	2	0	0	0	0	4	0,50	0,50
Cuerpos de agua	5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1,00	0,00
Nubes	6	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1,00	0,00
Sombras de nubes	7	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1,00	0,00
Otras tierras	8	0	2	0	0	0	0	0	2	4	0,50	0,50
TOTAL		21	62	9	2	1	1	1	3	100		
Exactitud Productor		0,81	0,95	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	Precisión Global	0,86	
Error de omisión		0,19	0,05	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	Kappa	0,74	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Matriz de confusión e índice kappa de 2022 del cantón Calvas

Usos del suelo 2022	ID	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	Exactitud del usuario	Error de comisión
Bosque	1	19	0	1	0	0	0	0	0	20	0,95	0,05

Vegetación arbustiva/herbácea	2	2	61	1	0	0	0	0	1	65	0,94	0,06
Tierra agropecuaria	3	0	0	4	0	0	0	0	0	4	1,00	0,00
Zona antrópica	4	1	0	0	2	0	0	0	0	3	0,67	0,33
Cuerpos de agua	5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1,00	0,00
Nubes	6	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1,00	0,00
Sombras de nubes	7	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1,00	0,00
Otras tierras	8	0	2	0	0	0	0	0	3	5	0,60	0,40
TOTAL		22	63	6	2	1	1	1	4	100		
Exactitud Productor		0,86	0,97	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75		Precisión Global	0,92
Error de omisión		0,14	0,03	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25		Kappa	0,85

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Superficie de uso del suelo 1987 y 2022

Uso del suelo	Superficie				%Cambio	
	1987		2022		1987-2022	
1987-2022	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Bosque	22214,20	26,41	22055,20	26,22	-159,00	-0.72
Vegetación arbustiva/herbácea	59424,90	70,65	55344,39	65,80	-4080,51	-6.87
Tierra agropecuaria	1077,12	1,28	2986,44	3,55	1909,32	177.26
Zona antrópica	292,05	0,35	622,48	0,74	330,43	113.14
Cuerpos de agua	129,42	0,15	80,77	0,10	-48,65	-37.59
Nubes	190,98	0,23	198,09	0,24	7,11	3.72
Sombras de nubes	561,60	0,67	76,48	0,09	-485,12	-86.38
Otras tierras	220,44	0,26	2746,87	3,27	2526,43	1146.08
TOTAL	84110,71	100	84110,71	100		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Dinámica de los cambios en los usos del suelo de 1987 al 2022

Uso del suelo de 1987	Uso del suelo del 2022	Superficie (ha)	Total (ha)
Bosque	Otras tierras	357,95	
Bosque	Tierra agropecuaria	1076,02	7921,97
Bosque	Vegetación arbustiva/herbácea	6323,12	
Bosque	Zona antrópica	164,88	
Otras tierras	Bosque	1,09	189,01

Otras tierras	Tierra agropecuaria	10,40	
Otras tierras	Vegetación arbustiva/herbácea	167,82	
Otras tierras	Zona antrópica	9,70	
Tierra agropecuaria	Bosque	499,66	
Tierra agropecuaria	Otras tierras	51,60	1027,39
Tierra agropecuaria	Vegetación arbustiva/herbácea	452,12	
Tierra agropecuaria	Zona antrópica	24,01	
Vegetación arbustiva/herbácea	Bosque	7233,79	
Vegetación arbustiva/herbácea	Otras tierras	2225,49	11665,07
Vegetación arbustiva/herbácea	Tierra agropecuaria	1853,67	
Vegetación arbustiva/herbácea	Zona antrópica	352,12	
Zona antrópica	Bosque	35,14	
Zona antrópica	Otras tierras	40,42	216,92
Zona antrópica	Tierra agropecuaria	22,49	
Zona antrópica	Vegetación arbustiva/herbácea	118,87	
TOTAL		21020,36	

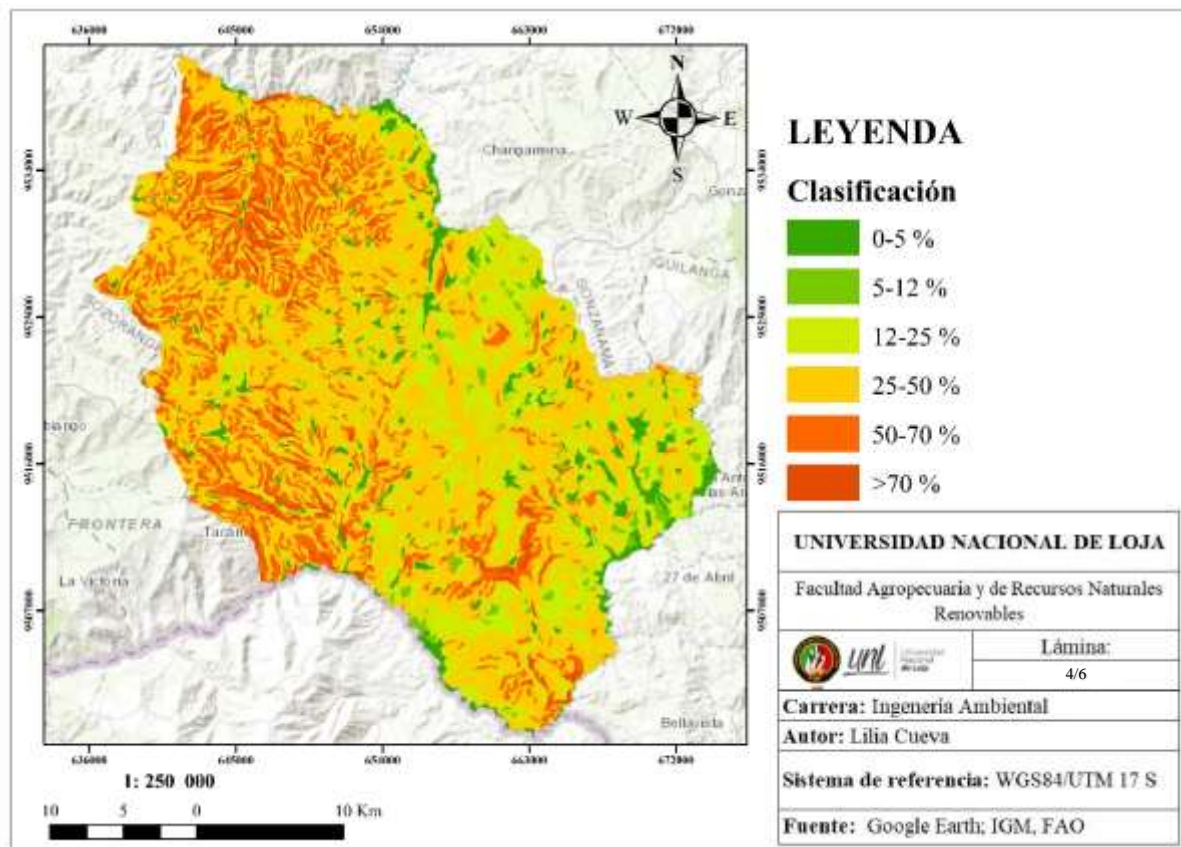
Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Superficie por parroquia de los usos del suelo de 1987 y 2022

USOS DEL SUELO	CARIAMANGA		LUCERO		UTUANA		COLAISACA		SANGUILLIN	
	1987	2022	1987	2022	1987	2022	1987	2022	1987	2022
Bosque	10641,10	11977,62	1074,38	785,38	4243,46	3639,53	5160,82	4839,82	1056,94	809,74
Vegetación arbustiva/herbácea	25046,24	22672,93	3858,77	3856,90	7695,01	7230,68	14280,94	13201,83	8543,94	8414,59
Tierra agropecuaria	598,97	1244,93	205,82	230,44	70,44	435,28	38,29	796,62	147,65	278,74
Zona antrópica	193,68	388,92	9,82	56,47	36,03	62,66	48,12	85,96	3,96	27,99
Cuerpos de agua	55,07	33,33	0,54	5,49	7,77	16,48	17,82	9,68	29,48	14,21
Nubes	185,65	1,01	0,00	0,13	0,54	7,03	2,70	189,10	0,27	0,75
Sombras de nubes	492,83	1,19	2,34	0,06	27,29	2,89	11,79	71,94	21,56	0,29
Otras tierras	80,24	1138,31	31,66	224,47	19,77	695,98	82,39	371,23	6,38	313,96

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Mapa de pendientes del cantón Calvas

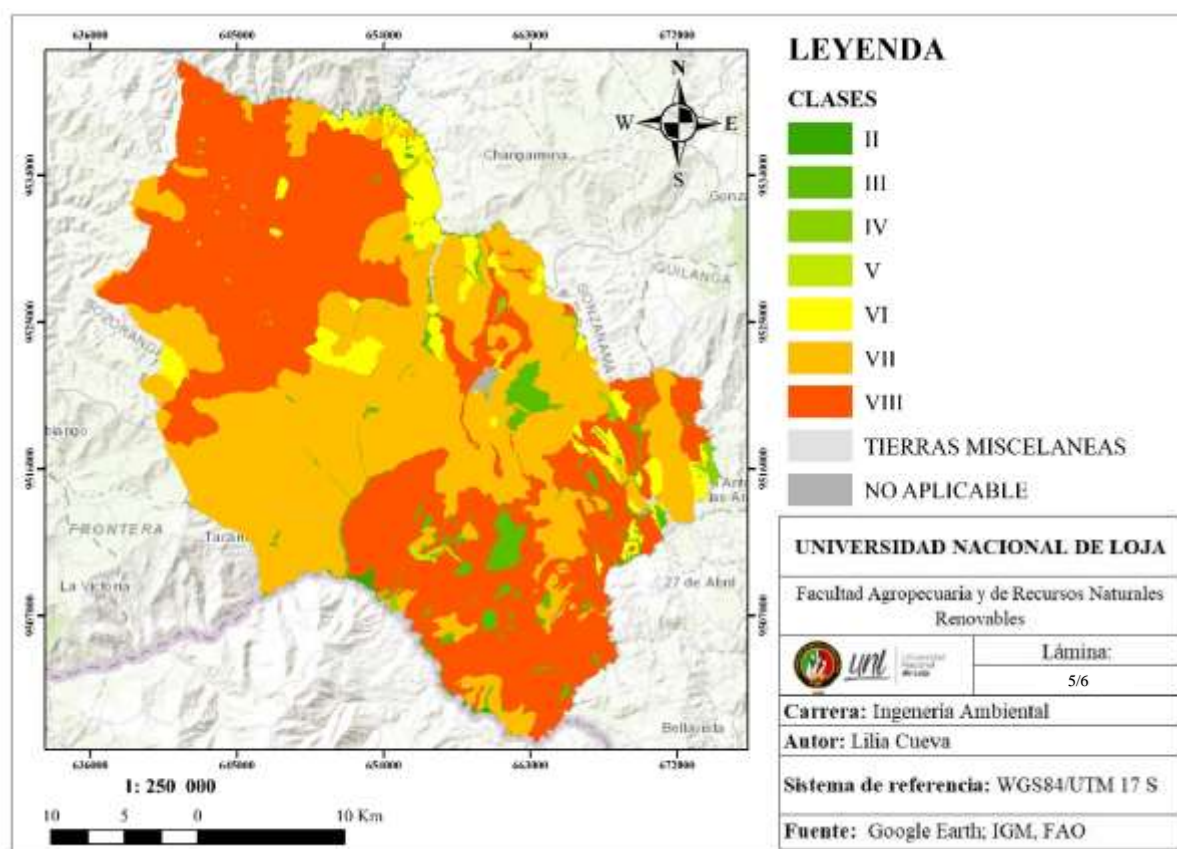


Anexo 8. Clasificación de la pendiente en las parroquias del cantón Calvas.

Clasificación	Inclinación (%)	Superficie (Ha)
Suavemente inclinado	0-5	3853,78
Inclinado	5-12	1790,74
Moderadamente inclinado	12-25	16999,95
Fuertemente inclinado	25-50	43591,10
Escarpado	50-70	15465,54
Muy escarpado	>70	2409,60
TOTAL		84106,26

Fuente: Elaboración propia a partir de FAO, (2009).

Anexo 9. Mapa de capacidad de uso agrológico

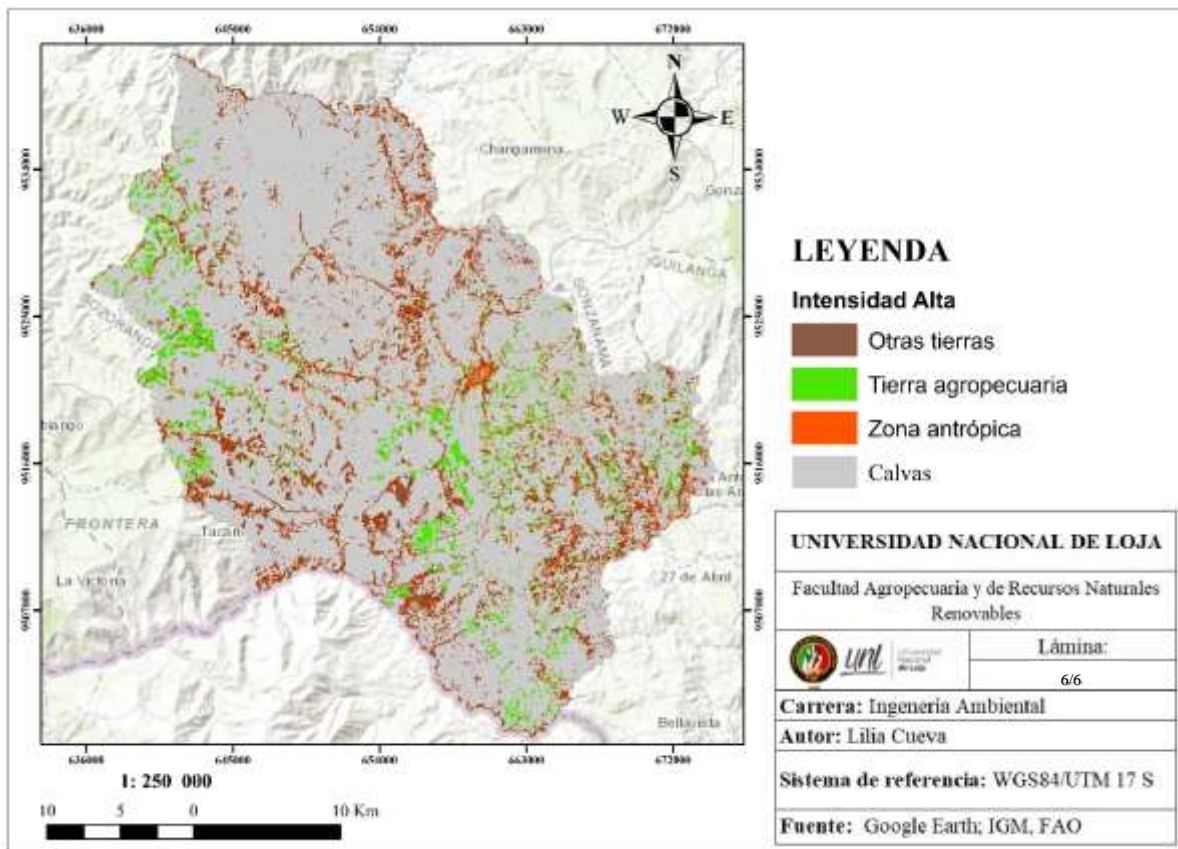


Anexo 10. Superficie de capacidad de uso por parroquias del cantón Calvas

Capacidades de uso agrológico	CG (ha)	LC (ha)	UT (ha)	CL (ha)	SG (ha)
Clase II: Limitaciones muy ligeras	106,39	5,46	0,00	2,84	15,39
Clase III: Limitaciones ligeras	2015,26	489,67	124,82	25,58	585,69
Clase IV: Limitaciones moderadas	432,58	14,22	0,00	13,80	0,00
Clase V: Limitaciones fuertes a muy fuertes	160,09	4,51	1,54	43,28	2046,43
Clase VI: Limitaciones muy fuertes - Tierras aptas para aprovechamiento forestal	3772,16	410,43	279,52	206,23	7100,15
Clase VII: Limitaciones muy fuertes - Tierras de protección	17252,1	1634,61	10638,6	2935,79	2046,43
Clase VIII: Limitaciones severas - Tierras de conservación	13192,6	2500,08	991,90	16287,8	7100,15
Tierras misceláneas	140,09	74,21	0,99	7,10	0,44
No aplicable	249,32	20,19	48,87	38,05	61,67

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11. Usos del suelo que presentaron un mayor grado de incidencia



Anexo 12. Evaluación y ponderación de los impactos por el cambio en el uso del suelo

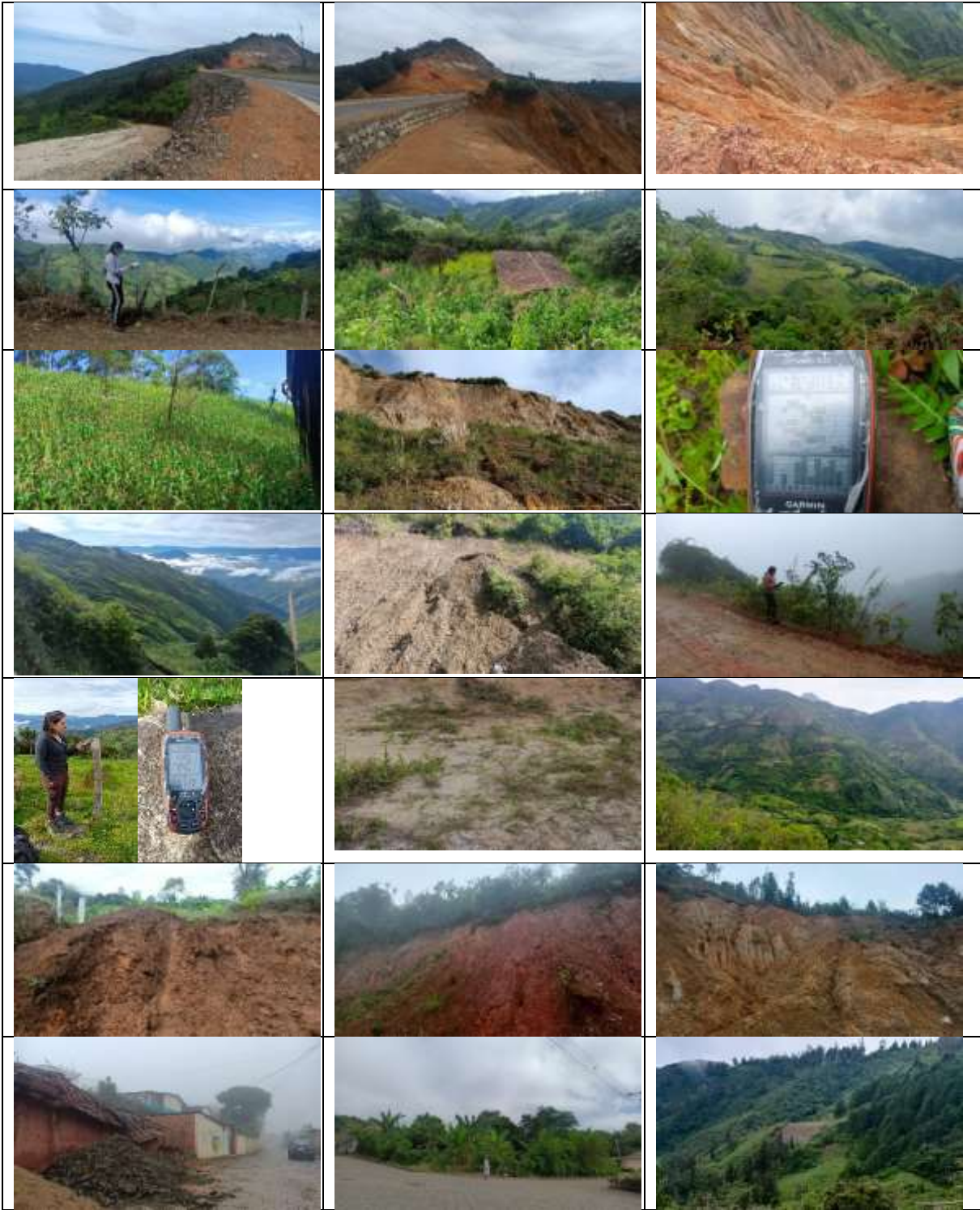
Impactos en el componente suelo	Otras tierras (Suelo desnudo)											
	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperación	Signo	Importancia
Incremento de los procesos de erosión	8	1	4	4	2	2	4	4	4	2	(-)	52
Inestabilidad de taludes	8	2	2	2	4	4	4	4	1	4	(-)	53
Eliminación de la cobertura vegetal	8	1	4	2	2	4	4	1	4	4	(-)	51
Expansión de la frontera agrícola	8	2	4	2	2	2	4	4	2	4	(-)	52
Expansión de la frontera antrópica	12	1	4	4	4	2	4	4	4	8	(-)	72

Impactos en el componente suelo	Zona antrópica											
	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperación	Signo	Importancia
Modificación de la capacidad de uso del suelo	12	8	4	4	4	2	4	4	4	8	(-)	86
Eliminación de la cobertura vegetal	12	8	4	4	4	4	4	4	4	8	(-)	88
Sellado de suelo por urbanización	12	12	4	4	4	4	4	4	4	8	(-)	96
Expansión de la frontera antrópica	12	12	4	4	4	4	4	4	4	8	(-)	96

Impactos en el componente suelo	Tierra agropecuaria											
	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperación	Signo	Importancia
Eliminación de la cobertura vegetal	8	4	4	4	2	2	4	4	4	2	(-)	58
Expansión de la frontera agrícola	8	4	2	2	2	4	4	4	4	2	(-)	56
Reducción de la biodiversidad	12	8	4	2	2	2	4	4	4	4	(-)	78
Intensificación de monocultivos	8	1	2	2	2	2	4	4	4	4	(-)	50
Conflicto por el uso del suelo	4	2	2	2	2	2	4	1	2	4	(-)	35

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13. Evidencias fotográficas de los impactos en territorio





Loja, 5 de febrero de 2024

Magister
JHIMI BOLTER VIVANCO LOAIZA
**CATEDRÁTICO DE LA CARRERA DE PEDAGOGÍA DE LOS
IDIOMAS NACIONALES Y EXTRANJEROS - UNL**

CERTIFICO:

Que el documento aquí expuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés del resumen del Trabajo de Titulación denominado: Valoración de impactos generados por el cambio de uso del suelo en el Cantón Calvas, Loja de autoría de Lilia Teresa Cueva Cueva, con cédula de ciudadanía número 1150182929, de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico y autorizo hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.



JHIMI BOLTER VIVANCO LOAIZA, M. Ed.
**CATEDRÁTICO DE LA CARRERA DE PEDAGOGÍA
DE LOS IDIOMAS NACIONALES Y EXTRANJEROS - UNL**

