

UCUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

Delimitación de áreas con riesgo de erosión del suelo como herramienta para la implementación de técnicas agroecológicas para su recuperación en la comunidad Babarcote, Biblián – Cañar

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

Autor:

Ricardo Alejandro Peñafiel Bravo

CI: 0104819545

Correo electrónico: ricardo.penafielb@gmail.com

Director:

Andrés Eduardo Arciniegas Fárez

CI: 0104158613

Cuenca, Ecuador

04-enero-2023

RESUMEN:

En la actualidad en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Biblián, se pueden visualizar áreas de erosión del suelo utilizando únicamente información cartográfica de pendientes y la cobertura de suelo del año 2018. Esta metodología puede ser mejorada para una planificación y toma de decisiones precisas. En el presente proyecto, se aplican procedimientos para identificar áreas en riesgo de erosión del suelo utilizando tres variables: a) cartografía de curvas de nivel, b) profundidad del suelo y c) cobertura de suelo. Con datos actualizados y relevantes, el objetivo planteado pretende obtener mapas temáticos para delimitar dichas áreas.

Con el software ArcGIS, se editaron las capas cartográficas para delimitar las áreas en riesgo de erosión y generar mapas en los cuales se pueden visualizar estas áreas. Se categorizó las áreas en un rango entre 1 y 10, siendo 1 el valor más alto de riesgo y 10 el más bajo. La combinación de los tres archivos digitales dio como resultado un mapa con delimitación de áreas con mayor riesgo de erosión, en donde se calculó un total de 419.37 hectáreas con alta vulnerabilidad a erosión en áreas donde se desarrollan sistemas convencionales de producción agrícola y ganadera, lo que representa el 77.80% del territorio de la comunidad y con ello utilizar esta herramienta como fundamento de la implementación de técnicas agroecológicas para la recuperación del suelo en la comunidad Babarcote del cantón Biblián en la provincia del Cañar.

Palabras clave: Erosión del suelo, cartografía, cobertura de suelo, Agronomía.

ABSTRACT:

Currently, in the Development Plan and Territorial Planning (PDOT) of Biblián, areas of soil erosion can be visualized using only cartographic information of slopes and soil coverage of the year 2018. This methodology can be improved for planning and accurate decision making. In this project, procedures are applied to identify areas at risk of soil erosion using three variables: a) contour mapping, b) soil depth and c) soil coverage. With updated and relevant data, the stated objective is to obtain thematic maps to mark these areas.

With the mapping software ArcGIS, the cartographic layers were edited to mark the areas at risk of erosion and generate maps in which these areas can be visualized. The areas were categorized in a range between 1 and 10, with 1 being the highest risk value and 10 the lowest. The combination of the three digital files resulted in a map of areas with higher risk of erosion, where a total of 419.37 hectares with high vulnerability to erosion were calculated in areas where conventional agricultural and livestock production systems are being implemented, which represents 77.80% of the community's territory and with this use this tool as a basis for the implementation of agroecological techniques for soil recovery in the Babarcote community of Biblián in the province of Cañar

Keywords: Soil erosion, cartography, soil coverage, agronomy.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	10
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	11
3. OBJETIVO GENERAL	12
4. FUNDAMENTACIÓN	12
4.1. Fundamentación social	12
4.2. Fundamentación teórica.....	13
5. DISEÑO DEL PROYECTO	14
5.1. Metodología.....	14
5.1.1. Recopilación de información geográfica.....	15
5.1.2. Generación de MDT	15
5.1.3. Modificación de las tablas de atributos	16
5.1.4. Unión de capas cartográficas.....	18
5.1.5. Validación de la cobertura del suelo	19
5.1.6. Unión de capas	20
5.2. Factibilidad	21
5.2.1. Técnica.....	21
5.2.1.1. Capas de cartografía temática de la zona de estudio.....	22
5.2.1.2. Imágenes satelitales.....	22
5.2.2. Económica	22
5.2.3. Ambiental	23
5.2.4. Legal.....	24
5.2.5. Social	25
6. ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN	25
6.1. Riesgo de erosión por profundidad del suelo y pendientes.....	25
6.2. Unión de capas.....	30
6.3. Validación de la cobertura del suelo.....	32

6.4. Unión de capas.....	33
7. CONCLUSIONES	35
8. RECOMENDACIONES	35
9. BIBLIOGRAFÍA	36
10. ANEXOS	40
10.1. Modificación de capas cartográficas.....	40
10.2. Glosario.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Riesgo de erosión según la pendiente.....	17
Tabla 2. Riesgo de erosión según la profundidad. Clasificación según la SENAGUA.	17
Tabla 3. Clasificación de profundidad según SIGTIERRAS	18
Tabla 4. Clasificación a utilizar	18
Tabla 5. Riesgo potencial de degradación del suelo.....	19
Tabla 6. Niveles de cobertura vegetal	20
Tabla 7. Delimitación de áreas de priorización	21
Tabla 8. Cuadro de costos.....	23
Tabla 9. Área y porcentaje de zonas con riesgo de erosión según la profundidad de suelo	26
Tabla 10. Área y porcentaje de zonas con riesgo de erosión según la pendiente.....	28
Tabla 11. Porcentajes de áreas con riesgo potencial de degradación de suelo.....	30
Tabla 12. Modificación de los polígonos de cobertura de suelo	32
Tabla 13. Áreas y porcentajes por valor de priorización	33

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Riesgo de erosión según la profundidad de suelo.....	27
Mapa 2. Riesgo de erosión según la pendiente.....	29
Mapa 3. Riesgo Potencial de erosión.....	31
Mapa 4. Priorización de áreas con riesgo de erosión de suelo	34

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Ricardo Alejandro Peñafiel Bravo en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Delimitación de áreas con riesgo de erosión del suelo como herramienta para la implementación de técnicas agroecológicas para su recuperación en la comunidad Babarcote, Biblián – Cañar”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 04 de Enero del 2023



Ricardo Alejandro Peñafiel Bravo

C.I: 0104819545

Cláusula de Propiedad Intelectual

Ricardo Alejandro Peñafiel Bravo, autor del trabajo de titulación “Delimitación de áreas con riesgo de erosión del suelo como herramienta para la implementación de técnicas agroecológicas para su recuperación en la comunidad Babarcote, Biblián – Cañar”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 04 de Enero del 2023



Ricardo Alejandro Peñafiel Bravo

C.I: 0104819545

Agradecimiento

Primero a Dios por haberme puesto en este camino y darme las herramientas para construir mi futuro. A la Ingeniera Paola Cruz, por sus consejos y palabras de aliento durante toda mi experiencia universitaria. A todas las personas que dieron su apoyo de una u otra forma. Finalmente, y no menos importante, a mi tutor, mentor, amigo y docente, Ingeniero Andrés Arciniegas. Su apoyo, guía y colaboración hicieron que este trabajo de titulación pueda llevarse a cabo y pueda servir como línea base para futuras aplicaciones.

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado a mi madre, por todo su esfuerzo y resiliencia además de su apoyo para que yo pueda culminar mis estudios. Su enseñanza no fue solo a base de consejos, sino que también mediante ejemplos de lucha de superación diaria. Es gracias a ella que yo he logrado ser una mejor persona y por la cual lucho cada día para ser un mejor hijo.

A mi hermana, que quien conjuntamente con mi madre fueron los pilares base para que yo cumpla mis metas y establezca nuevos objetivos.

A mi padre, por siempre tener palabras de aliento con las cuales pude superar varios obstáculos en mi vida.

1. INTRODUCCIÓN

En todo el territorio ecuatoriano la Secretaría Nacional de Planificación (2021), desde hace varios años ha implementado dos herramientas básicas para articular una visión territorial a corto, mediano y largo plazo con el objetivo de liderar, coordinar y articular la planificación a mediano y largo plazo, orientada al desarrollo sostenible e incluyente del país, que mejore la calidad de vida de la población. La primera se denomina Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) y la segunda Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS). En ambas, sobre todo en el PDOT, se exponen directrices y se visualizan mapas temáticos con respecto a los componentes: biofísico, económico productivo, sociocultural, asentamientos humanos y político institucional. De forma particular, utilizando información primaria y secundaria, el componente biofísico describe la situación de los recursos naturales, prevención y reducción de riesgos, amenazas climáticas con sus posibles impactos y la adaptación y/o mitigación a los efectos del cambio climático a nivel parroquial, cantonal y provincial, según sea el caso. El diagnóstico de este componente permite conocer las características, potencialidades, estructura y funciones del territorio para su aprovechamiento sostenible e identificación de los principales conflictos (PDOT de Biblián, 2020).

En el caso del cantón Biblián, el PDOT presenta información sobre la vulnerabilidad ante riesgos de erosión del suelo basándose en cartografía de pendientes, cobertura del suelo y la combinación de estas dos variables. El análisis de esta información ha permitido categorizar y localizar el riesgo de erosión en el territorio cantonal, pero sobre todo en áreas donde se realizan actividades de sustento de la economía familiar, la soberanía y seguridad alimentaria (PDOT de Biblián, 2020).

Sin embargo, en la actualidad para precisar áreas con riesgo de erosión del suelo, la ex Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) actualmente integrada al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), publicó en el año 2018 la denominada “Guía Técnica para la Delimitación de Áreas de Protección Hídrica”. En este documento se describe como al utilizar cartografía local de pendientes, cobertura y profundidad del suelo se pueden delimitar áreas con riesgo potencial de degradación del suelo, lo que genera mayor objetividad en los análisis técnicos que deben establecer un orden de prioridad en la toma de decisiones para fomentar la sostenibilidad dentro del área de influencia de cualquier proyecto productivo o de conservación ambiental

(SENAGUA, 2018). También se considera que con la cartografía generada se facilita la planificación de actividades de conservación, recuperación o mejoramiento del suelo (Martínez et al., 2006). La visualización digital del terreno utilizando diferentes elementos, fortalece la toma de decisiones (Ochoa et al., 2015) y facilita la ubicación de áreas de trabajo para el rediseño de predios y la implementación de técnicas agroecológicas en el territorio.

La importancia de utilizar este tipo de información cartográfica para fundamentar la implementación de técnicas agroecológicas para la recuperación del suelo, es explícita por los graves inconvenientes socio-económicos, técnicos, ambientales y ecológicos que conlleva la erosión del suelo. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura o FAO por sus siglas en inglés, citado por EuropaPress (2021), para el 2050 habrá una reducción del 10% de la producción de alimentos por efectos de este fenómeno. Al identificar las áreas de influencia, se puede aplicar diferentes metodologías agroecológicas y disminuir los efectos negativos que causa la erosión (FAO, s.f).

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Convención de las Naciones Unidas para la lucha contra la Desertificación o UNCCD por sus siglas en inglés (2019), menciona que el rendimiento de los cultivos disminuirá el 2% para 10 años por el resto del siglo. También señala que para el año 2030, 3 millón de millones de personas entraran al rango de clase media, por esto, la demanda de alimentos incrementara un 50% para el año en mención. Según la FAO (2019), para el año 2050, el 90% de los suelos a nivel mundial estarán en un nivel alto de degradación. En Ecuador, la falta de información objetiva y procesos ineficaces de ordenamiento y planificación territorial son la causa de la degradación del suelo (FAO, 2018). La ausencia de esta información puede evidenciarse en la provincia de Cañar donde se estima que la erosión del suelo es aproximadamente $200 \text{ ton ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ por prácticas incompatibles a la zona (Figueroa & Pichizaca, 2003). En el caso particular del cantón Biblián, se ha identificado que el 6.88% del territorio está en peligro de erosión por pendientes escarpadas (PDOT de Biblián, 2020). Este porcentaje representa 8.923,79 hectáreas categorizadas como Medianamente Vulnerables, 1,254.14 ha. Altamente Vulnerable y 203.14 Completamente vulnerable. El documento describe además que las áreas donde

se realizan actividades de sustento de la economía familiar cubren 2,998.84 hectáreas clasificadas como medianamente vulnerables y 94.17 hectáreas como altamente vulnerables.

Cuando sea realiza un cambio de cobertura vegetal, la profundidad del suelo tiende a disminuir dependiendo el cultivo implementado (Saturnino et al., 2011). La implementación de técnicas agrícolas causa cambios físicos y biológicos al suelo los cuales causan la erosión del mismo. Para evitar la degradación progresiva y que no supere la regeneración del suelo, se han establecido límites de tolerancia de erosión anual. En general, en suelos con 150 cm de profundidad efectiva no debe pasar los 11,2 t/ha de erosión por año y en suelos con 25 cm o inferiores, no deben superar los 2,2 t/ha por año (Saturnino et al., 2011).

A pesar de la importancia de esta información, el PDOT del cantón Biblián no presenta un mapa con los tres componentes: profundidad de suelo, pendientes y cobertura de suelo existente en su territorio. Para realizar un ordenamiento territorial adecuado, se debería aplicar técnicas que combinen variables para tener un mejor entendimiento de la situación del territorio.

3. OBJETIVO GENERAL

- Delimitar áreas con riesgo de erosión del suelo como herramienta para la implementación de técnicas agroecológicas para su recuperación en la comunidad Babarcote, Biblián – Cañar.

4. FUNDAMENTACIÓN

4.1. Fundamentación social

Estudios realizados en América Latina demuestran como la erosión puede afectar a la economía de familias campesinas dedicadas a la producción agropecuaria. Por ejemplo, un estudio conducido por Gaspari, Delgado y Denegro (2008) demuestra como la erosión en un suelo con cobertura de pastura-follaje puede causar una pérdida de \$1.101 y \$6.808 USD por hectárea por año como mínimo y máximo, respectivamente.

Colter, López, & Trinidad (2007) en su estudio presentan el aumento del costo de producción por reemplazo de nutrientes e irrigación. Mencionan que, a causa de la erosión, el costo de producción de maíz puede aumentar alrededor de 38.3 – 54.5 USD\$/ha, equivalente al 4.2 – 7.2% del valor de producción de maíz.

Finalmente, un estudio en Argentina cuantifica algunos aspectos de la degradación del suelo debido a la sojización. Para la reposición de 163.969 toneladas de carbono perdido, costaría alrededor de 40.700.385 dólares (36.75 US\$/ha) mientras que el costo para la reposición de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) puede llegar hasta \$245.682.861 dólares para los cultivos de soja, maíz y trigo respectivamente (Zazo, Flores, & Sarandon, 2011).

En Ecuador el sector primario representó el 4% del Producto Interno Bruto (PIB) (Banco Mundial, 2022). Esto significa que, de todo el valor agregado de los bienes y servicios producidos por los agentes económicos, solo 4% involucró a las actividades productivas agrícolas, ganadera, de apicultura, pesca minería, silvicultura y explotación forestal (PDOT de Biblián, 2020).

En el cantón Biblián el 12,42% de la economía cantonal integra al sector primario de producción, mismo que corresponde al 45% de la población económicamente activa (PDOT de Biblián, 2020). Este sector ocupa alrededor de 22.680 hectáreas del territorio y aporta \$8.928 miles de dólares al PIB del cantón (PDOT de Biblián, 2020). Como ya fue mencionado, la mayoría del área donde se realizan estas actividades tiene una alta vulnerabilidad de erosión por su pendiente.

La erosión del suelo afectará directamente estas cifras ya que la productividad de la tierra, la fertilidad del suelo, la calidad de agua disminuye, causando una producción decreciente (Zamudio & Mendez, 2011). Esto significa que la economía familiar se vea afectada aún más cuando la compra de insumos agrícolas aumenta y la producción disminuye (Zertuche et al. 2015). Esta información se enlaza al aumento de la pobreza en el país.

4.2. Fundamentación teórica

La Evaluación Nacional de Degradación de la Tierra (Pool, 2017) se basa en utilizar cartografía nacional del uso de suelo, la cobertura del suelo y da a conocer posibles factores que influyan en su erosión como, por ejemplo, las pendientes. Como resultado se generó un mapa con recomendaciones de acción para el manejo de los recursos

naturales. Adicionalmente, el trabajo realizado da una lista de propuestas para el cambio de cobertura de suelo para la mitigación de la erosión del mismo.

Siguiendo la misma línea, Idrovo, Gonzáles y Guerrero (2021) realizaron un estudio utilizando la cobertura vegetal, pendiente, precipitación y la geología para determinar el efecto del cambio del uso del suelo. Lograron construir un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa y erosión el cual resalta lo importante que es el buen manejo de coberturas del suelo. Otro trabajo que utiliza las capas cartográficas similares, detallado por Benavides (2019) hace referencia a la erosión del suelo y el movimiento de masas. La información obtenida de estos dos trabajos da a conocer la importancia de la cartografía sobre la planificación para disminuir desastres naturales y la erosión del suelo.

Los primeros tres estudios citados han sido utilizados para obtener más información sobre la capacidad que tiene el proyecto a realizar. Al obtener un mapa con diferentes capas no solo se puede obtener el riesgo potencial de erosión, pero también se puede utilizar como una herramienta para identificar posibles movimientos de masa y establecer una planificación acorde a la categorización de riesgo.

De igual manera, la información adquirida por los últimos trabajos citados demuestra la importancia que tiene la profundidad de suelo en la productividad agrícola. Resalta el uso que la información cartográfica de la profundidad de suelo puede tener para determinar áreas y aumento de erosión.

Todos los estudios mencionados utilizan softwares que pueden generar mapas en base a capas cartográficas, archivos que se utilizan para almacenar datos de información geográfica (Olloqui, 2009). Esta información se almacena en coordenadas vectoriales y se pueden visualizar como puntos, líneas y polígonos (Olloqui, 2009). Con la ayuda de softwares como ArcGIS, se puede modificar y/o cruzar capas para obtener un mapa con varias características. En el caso del presente proyecto, se utilizarán tres variables para obtener un mapa que delimita áreas en riesgo de erosión,

5. DISEÑO DEL PROYECTO

5.1. Metodología

La comunidad de Babarcote está ubicada en la parroquia Biblián, cantón Biblián, tiene un rango de 750 – 1000 mm/año, entre 6 a 8 grados centígrados, con una altura promedio

de 3500 m.s.n.m. y la mayoría de suelo destinada a la producción de pastos (PDOT de Biblián 2020), La metodología se basó en la *Guía Técnica para la Delimitación de Áreas de Protección Hídrica*, elaborada por Aguilar, 2018 y emitido por la SENAGUA en el mismo año. La metodología utiliza información cartográfica para generar mapas de riesgo de erosión del suelo y contiene seis etapas:

- 1) Recopilación de información geográfica,
- 2) Generación de cartografía,
- 3) Modificación de las tablas de atributos,
- 4) Unión de capas cartográficas,
- 5) Validación de la cobertura del suelo y
- 6) Cruce de capas cartográficas.

5.1.1. Recopilación de información geográfica

La información geográfica fue obtenida mediante solicitud a la Mancomunidad del Pueblo Cañari (MPC) la cual entregó las capas cartográficas, archivos que son utilizados para almacenar la ubicación geométrica y los atributos de entidades geográficas (ArcGIS, s.f). Las curvas de nivel, geopedología y cobertura del suelo fueron las capas utilizadas para obtener la cartografía de análisis. Los archivos fueron entregados a escala 1:2500 y las curvas de nivel a 1:40000. A partir de esta información, se procedió a la siguiente etapa.

5.1.2. Generación de MDT

Toribio (2019) describe al Modelo Digital del Terreno (MDT) como un conjunto de capas que representan distintas características de la superficie terrestre derivadas de una capa de elevaciones. Su metodología explica que utilizando el software ArcGIS, se pueden visualizar las curvas de nivel de toda el área de estudio, en este caso la comunidad de Babarcote.

Inicialmente, se realizó una edición en la capa de curvas de nivel en la cual, se creó un nuevo polígono que rodea la comunidad y se guarda como una nueva capa. A continuación, se procedió a cortar la capa de curvas de nivel en base a la nueva capa

generada. Esto permitió que los bordes reales de las curvas de nivel no generen un error por interpolación con valores de elevación de cota 0 al obtener el MDT.

Sobre la nueva capa generada, se procedió a generar una red irregular de triángulos, o TIN (Triangular Irregular Network) por sus siglas en inglés, que representa la morfología de la superficie (ArcGIS, s.f.). Para obtener un modelo de datos basado en celdas, se realizó una conversión de TIN a Raster mediante interpolaciones. Cada celda establece un valor de altura los cuales se utilizaron para analizar las pendientes del área en estudio. Estos valores se clasificaron en grados y porcentajes de elevaciones, las cuales se pueden observar en las primeras dos columnas de la Tabla 1. Se realizó la conversión de raster a polígono y se cortó la capa con los límites originales de la comunidad.

5.1.3. Modificación de las tablas de atributos

Una vez generada la cartografía, se utilizó la tabla de atributos de la capa de pendientes y de la profundidad del suelo para crear nuevas columnas con los datos especificados en las Tablas 1 – 5. Esta información da a conocer los niveles de riesgo potencial de degradación del suelo según la clasificación de pendiente y profundidad.

En la capa de profundidad del suelo cuya escala se encuentra a 1:50000, se realizaron varios cambios en la tabla de atributos. Parte de estos cambios, se debe a que la tabla de clasificación de profundidad de suelo, según el SENAGUA (Tabla 2), no coincide con la información generada por el Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS) del 2018 actualizada en el 2020 (Tabla 3). Para adecuar la información, se unificó las características Muy Superficial y Superficial, descritas por SIGTIERRAS y se nombraron Muy Someros para que coincidan con la clasificación de la SENAGUA. Los valores a utilizar se pueden observar en la Tabla 4.

Tabla 1.

Riesgo de erosión según la pendiente.

Pendiente		Tipo	Riesgo de erosión
Grados	Porcentaje		
< 7	< 12	Plana a suave	Muy bajo
7 – 15	12 – 27	Moderada	Bajo
15 – 20	27 – 36	Fuerte	Medio
20 – 25	36 – 47	Muy Fuerte	Medio alto
25 - 30	47 – 58	Acusada	Alto
> 30	58	Muy acusada	Muy alto

Fuente. SENAGUA, 2018.

Elaboración: Peñafiel, 2022.

Tabla 2.

Riesgo de erosión según la profundidad. Clasificación según la SENAGUA.

Profundidad	Tipo	Riesgo de pérdida de suelo
<20 cm	Muy someros	Muy alto
20 – 50 cm	Someros	Medio alto
50 – 90 cm	Moderadamente profundos	Medio
>90 cm	Profundos	Bajo

Fuente. SENAGUA, 2018.

Elaboración: Peñafiel, 2022.

Tabla 3.

Clasificación de profundidad según SIGTIERRAS.

Profundidad	Tipo
0 – 10 cm	Muy superficial
11 – 20 cm	Superficial
21 – 50 cm	Poco profundo
51 – 100 cm	Moderadamente profundo
< 100 cm	Profundo

Fuente. SIGTIERRAS, 2018

Elaboración: Peñafiel, 2022.

Tabla 4.

Clasificación a utilizar.

Profundidad	Tipo
<20 cm	Muy someros
21 – 50 cm	Someros
51 – 100 cm	Moderadamente profundos
< 100 cm	Profundos

Fuente. Secretaria del Agua, 2018 & SIGTIERRAS, 2018.

Elaboración: Peñafiel, 2022.

5.1.4. Unión de capas cartográficas

Una vez modificadas las tablas de atributos, se procedió a unificar las dos capas para obtener el mapa y archivo denominado Riesgo Potencial de Degradación del Suelo. Dentro de este archivo, se agregó una nueva columna denominada "Códigos" en la cual se codificó según el riesgo de pérdida de suelo y riesgo de erosión. En la Tabla 5, se describe el tipo de pendiente y su riesgo de erosión al igual que la clasificación de la profundidad y su riesgo de pérdida de suelo. Al cruzar los dos valores, se obtuvo un nuevo valor ya descrito en la tabla en mención.

Tabla 5.

Riesgo potencial de degradación del suelo.

Profundidad	Riesgo de erosión		Pendiente	Suave	Moderado	Fuerte	Muy fuerte	Acusada	Muy acusada
	Riesgo de pérdida de suelo	Muy bajo	Bajo	Medio	Medio alto	Alto	Muy alto		
Profundo	Bajo	MB	B	PB	M	A	MA		
Moderadamente profundos	Medio	MB	B	PB	M	A	MA		
Somero	Alto	MB	B	PB	PA	MA	MA		
Muy somero	Muy alto	PA	PA	PA	PA	MA	MA		

Nota*. MB=Muy Bajo, B=Bajo, PC=Poco Bajo, M=Medio, PA=Poco Alto, A=Alto y MA=Muy Alto.

Fuente. SENAGUA, 2018.

Elaboración: Peñafiel, 2022.

5.1.5. Validación de la cobertura del suelo

La validación de la cobertura del suelo se realizó según lo establecido por el ex Ministerio de Ambiente del Ecuador en el *Protocolo de Levantamiento de Puntos de Campo* publicado en el año 2012. Esta metodología plantea umbral mínimo inferior de 30 puntos por cada clase representada, en este caso, se validó las tres categorías del “Nivel 1” descrita en la Tabla 6.

Una vez en territorio, se realizó un recorrido previo a la definición de las áreas donde fueron tomados los puntos de validación para identificar diferencias notorias de cobertura de suelo. Adicionalmente, se utilizaron imágenes satélites del año 2020 obtenidas de Google Earth y se compararon con la capa de cobertura de suelo. Se definió la parte superior de la comunidad por la presencia de páramo, bosques junto a pastizales y las diferencias de dimensiones que tenía la capa a comparación de las imágenes satelitales. Estas diferencias se calcularán para obtener un porcentaje de aumento o disminución de área según su categoría.

Para la obtención de los puntos, se utilizó el GPS Garmin Monterra que graba las coordenadas y una descripción del punto levantado, el software BaseCamp – Garmin para descargar del GPS las coordenadas y cargarlas al software Excel. Con la información en Excel y guardado en el computador, se procede a cargar el archivo al ArcMap.

En el Nivel I, se establecieron tres categorías de tipo de cobertura, tomando 30 puntos por cada una de estas, se levantaron 90 puntos con su respectiva descripción y se comparó con las categorías establecidas por Secretaría del Agua (2018) (Tabla 6) en la capa de cobertura de suelo obtenido de SIGTIERRAS del año 2020.

Tabla 6.

Niveles de cobertura vegetal.

Nivel II	Nivel I
Bosque nativo	Bosque
Plantación forestal	
Vegetación arbustiva	Vegetación arbustiva y herbácea
Páramo	
Vegetación herbácea	
Cultivo anual	Tierra Agropecuaria
Cultivo semipermanente	
Cultivo permanente	
Pastizal	
Mosaico Agropecuario	

Fuente. SENAGUA, 2018.

Elaboración: Peñafiel, 2022.

5.1.6. Unión de capas

Una vez validada la información geográfica, se procedió a delimitar las áreas de priorización según la cobertura y del riesgo potencial de degradación del suelo. Para esto, se utilizaron las Tablas 5 y 6 y se hizo una relación entre la cobertura vegetal (Tabla 6) y el riesgo potencial (Tabla 5). Esto se puede visualizar en la Tabla 7.

Tabla 7.

Delimitación de áreas de priorización.

Cobertura		Riesgo de degradación del suelo						
Nivel II	Nivel I	Muy bajo	Bajo	Poco bajo	Medio	Poco alto	Alto	Muy Alto
Bosque nativo								
Plantación forestal	Bosque	10	10	10	9	9	8	8
Vegetación arbustiva								
Paramo	Vegetación arbustiva y herbácea	7	7	7	6	6	5	5
Cultivo anual								
Cultivo semipermanente								
Cultivo permanente	Tierra Agropecuaria	4	4	3	3	2	2	1
Pastizal								
Mosaico Agropecuario								

Fuente. SENAGUA, 2018.

Elaboración: Peñafiel, 2022.

Para unificar las dos capas, se selecciona la capa de cobertura de suelo y riesgo potencial de degradación del suelo. Una vez realizada la unión, se modifica la tabla de atributos con el rango de priorización descrito en la Tabla 7, siendo 1 la priorización más alta de intervención inmediata y 10 la priorización más baja de acción de conservación.

5.2. Factibilidad

5.2.1. Técnica

Para el desarrollo de las actividades de campo se contó con los siguientes recursos: El manejo del software ArcGIS facilitó la manipulación de la cartografía obtenida para

cumplir con el objetivo planteado. La información dentro de las capas demostró ser útil para la clasificación de las áreas en riesgo de erosión y facilitó la visualización digital del estado actual del territorio. Adicionalmente, la metodología planteada da una idea general de cuáles son las causas principales de la erosión del suelo.

5.2.1.1. Capas de cartografía temática de la zona de estudio

- Curvas de nivel – Se utilizó para generar el MDT y clasificar los niveles de riesgo de erosión por pendientes. Presenta una separación de 20 metros. Escala de 1:40000.
- Geopedología – Se usó la profundidad efectiva para definir el riesgo potencial de pérdida del suelo. Escala de 1:2500.
- Cobertura del suelo – Las características utilizadas fueron: bosque nativo, cultivo, área poblada, paramo, pastizal, plantación forestal, vegetación arbustiva y vegetación herbácea. Estos atributos fueron clasificados en el Nivel 1 (Tabla 6). Escala de 1:2500.

5.2.1.2. Imágenes satelitales

Para tener una mejor idea del uso de suelo actual, se utilizaron imágenes satelitales de Google Earth del año 2020. Estas fueron cargadas al software ArcGIS para comparar la capa de cobertura de suelo con la imagen satelital.

5.2.2. Económica

Se calcula que el presente estudio utilizaría alrededor de \$ 506,00 USD. Los gastos incluyen: equipo tecnológico (\$ 300,00), servicios de transporte y guía local (\$ 160,00) y se utiliza el 10% del subtotal para gastos imprevistos (\$ 46,00). Este total sería utilizado en los primeros ocho meses de la aplicación del proyecto técnico. Se detalla en la Tabla 8.

Tabla 8.

Cuadro de costos.

Recursos	Unidad	Precio unitario (\$)	Cantidad	Costo Total (\$)
Equipo tecnológico				
Alquiler de GPS	Días	30,00	10	300,00
Subtotal				300,00
Servicios				
Transporte	Autobús	2,50	20	50,00
Transporte (camioneta)	Automóvil	4,00	20	80,00
Guía local	Días	3,00	10	30,00
Subtotal				160,00
Subtotal				460,00
Gastos varios (Imprevistos 10%)				46,00
Total				506,00

Elaboración: Peñafiel, 2022.

5.2.3. Ambiental

Según la FAO (2015), los monocultivos han demostrado causar una degradación ecológica y limitaciones sociales. La erosión de los suelos, un aumento de plagas y pérdida de agrobiodiversidad han sido factores para la malnutrición, incremento de dependencia y altos índices de pobreza. La agroecología tiene como objetivo buscar soluciones a estos problemas sin caer en generalizar los problemas. En otras palabras, la agroecología utiliza las características específicas a la región o localidad para diseñar y gestionar un sistema alimentario sostenible y mejorar la residencia ante fenómenos meteorológicos extremos (FAO, s.f.). Al encontrar un equilibrio funcional, los sistemas

agroecológicos tienden a resistir el ataque de plagas, enfermedades, altos índices de precipitación, sequías y recuperan la biológica útil (FAO, s.f.).

5.2.4. Legal

Para proponer acciones de conservación del suelo, el proyecto se respalda con los artículos de la Ordenanza de Uso y Ocupación de Suelo del cantón Biblián, los cuales dictan:

Art. 25.- Usos de protección ecológica y de preservación patrimonial. – “Es el uso de suelo designado para el mantenimiento de las características del ecosistema del medio natural en áreas que no han sido significativamente alteradas por la actividad humana...”

Art. 26.- Uso de suelo de protección ecológica y de preservación patrimonial. – La reglamentación del uso de suelo de protección ecológica y de preservación patrimonial precautelaré el medio ambiente, el bienestar de la comunidad y su identidad cultura.

Art. 27.- Usos específicos en suelo de protección ecológica y de preservación patrimonial. – Las áreas de protección se clasifican en: Protección de áreas naturales y Protección de áreas patrimoniales, cada una con sus componentes característicos.

Art. 64.- De la protección del suelo. – Para evitar erosiones y deslizamientos se deberá controlar la tala indiscriminada y verificar los permisos respectivos de autoridad competente, en caso de no tener el causante realizar la denuncia respectiva al Ministerio del Ambiente.

El artículo 1 y 97 del capítulo uno del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) señala el uso de los bosques para obtener varios productos, bienes y servicios para reducir la pobreza, mejorar las condiciones ambientales y fomentar el crecimiento económico.

Los artículos 16, 23, 25 y 96 mencionan la importancia que tiene el buen uso del suelo. estos artículos también mencionan que se necesita realizar estudios ambientales antes de cambiar la cobertura vegetal. Adicionalmente, el TULSMA da a conocer los diferentes planes que se deben realizar para regular el uso de suelo como, por ejemplo, “Plan de manejo integral”.

5.2.5. Social

En la región sierra, el área destinada a cultivos permanentes es de 17,5%, pastos el 26,6% y concentra la mayor cantidad de ganado con un 49,2% total nacional (INEC,2021). Dentro de estas cifras, la provincia de Cañar, con una población de 59,3 mil habitantes (INEC, 2010), el 59,1% de sus habitantes están dedicados a la agricultura. Este dato es importante tener en cuenta, ya que esta es la población con quienes trabajaremos para la transición a la agroecología.

De acuerdo al INEC según el Censo de Población y Vivienda realizado en el año 2010, la principal actividad que se realiza en el cantón Biblián es la pecuaria, razón por la cual se han extendido la frontera agropecuaria a zonas de páramos, las cuales se han visto afectadas. El presente proyecto delimitará el territorio en zonas de intervención para la conservación y restauración del suelo. De esta manera se puede controlar, mejorar y tener un buen manejo de los sistemas de cobertura natural y uso de suelos, para beneficiar a la agroeconómica de la zona de estudio.

6. ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN

6.1. Riesgo de erosión por profundidad del suelo y pendientes

Una vez realizado la unión y modificación de las capas cartográficas y sus tablas de atributos, los resultados dieron a conocer el alto riesgo de degradación del suelo. La Tabla 9 presenta un mayor porcentaje en la categoría “Medio” mientras que la Tabla 10 predomina la categoría “Bajo”, el cruce de capas darán una nueva perspectiva de la condición en la se encuentran los suelos.

Tabla 9.

Área y porcentaje de zonas con riesgo de erosión según la profundidad de suelo.

Profundidad	Tipo	Riesgo de erosión	Área (ha)	Porcentaje
Mayor a 100cm	Profundos	Bajo	294,24	54,59
51 a 100cm	Moderadamente profundos	Medio	14,77	2,74
21 a 50cm	Someros	Medio Alto	83,28	15,45
Menor a 20cm	Muy someros	Muy Alto	146,68	27,22
Total			538,98	100

Fuente: MAG & SIGTIERRAS, 2018

Elaboración: Peñafiel, 2022.

La delimitación de las áreas de riesgo según la pendiente se visualiza en el Mapa 1. Es la parte baja de la comunidad donde se encuentra un Alto riesgo de degradación del suelo, mientras que en la parte media tiene un nivel Bajo y las partes altas se encuentra un nivel Medio y Medio Alto. El 54,59 % de Babarcote corre bajo riesgo de erosión por pendientes, mientras que el 27,22 % de territorio tiene un alto riesgo.

Mapa 1. Riesgo de erosión según la profundidad de suelo.

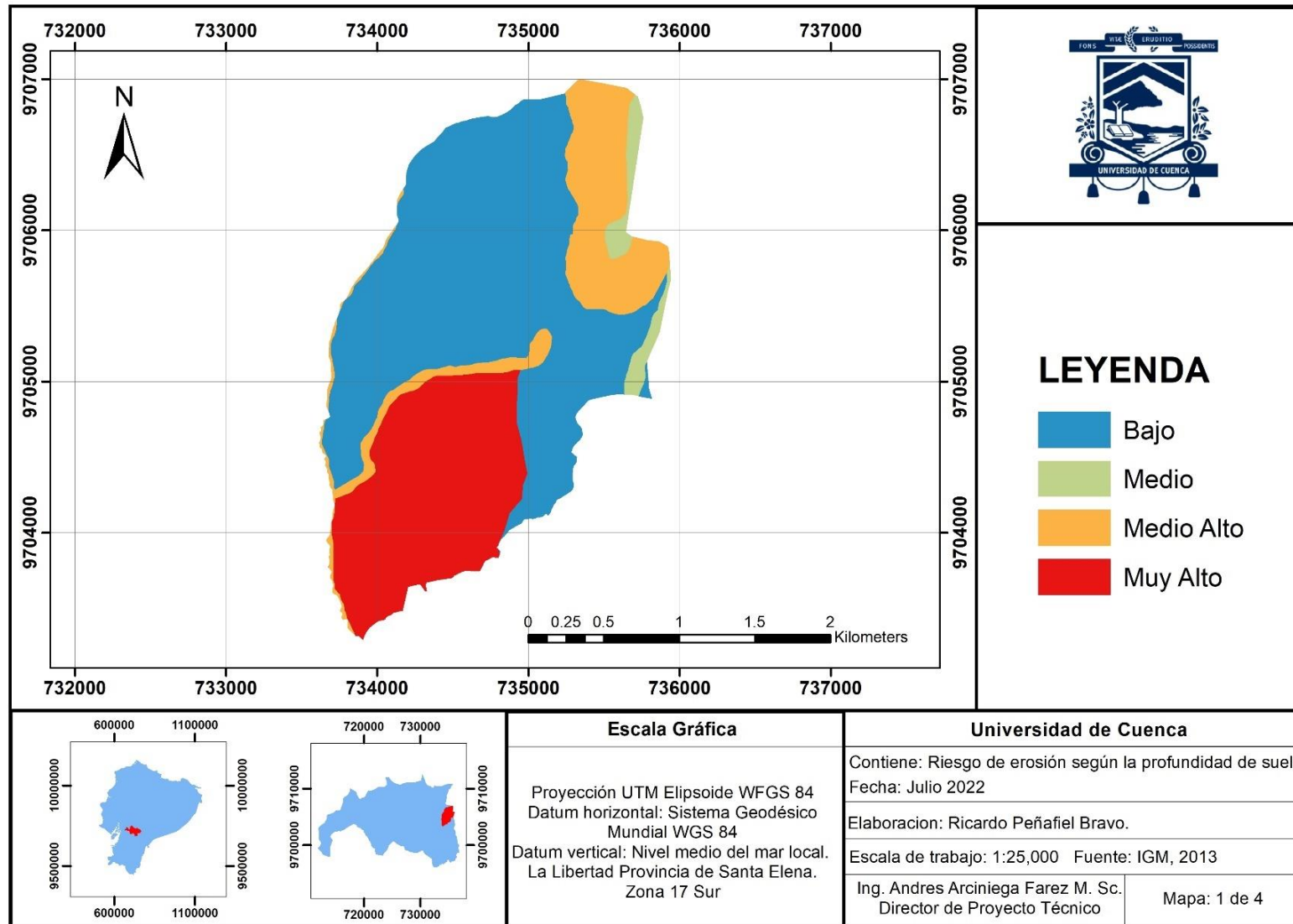


Tabla 10.

Área y porcentaje de zonas con riesgo de erosión según la pendiente.

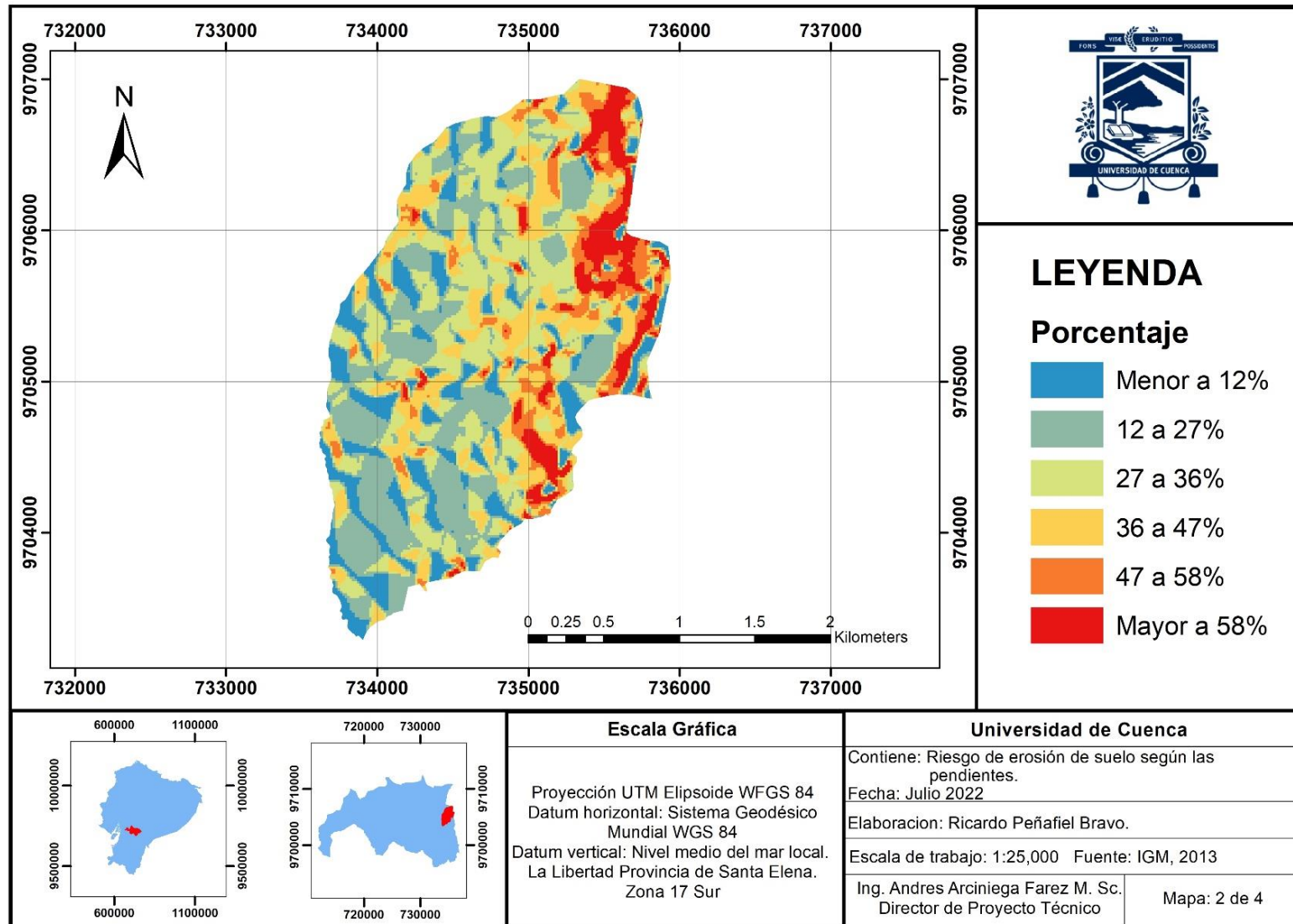
Porcentaje de pendiente	Tipo	Riesgo de erosión	Área (ha)	Porcentaje
Menor a 12%	Plana a suave	Muy Bajo	71,79	13,32
12 a 27%	Moderada	Bajo	148,56	27,56
27 a 36%	Fuerte	Medio	137,39	25,49
36 a 47%	Muy Fuerte	Medio Alto	96,51	17,91
47 a 58%	Acusada	Alto	43,92	8,15
Mayor a 58%	Muy Acusada	Muy Alto	40,81	7,57
Total			538,98	100

Fuente: MAG & SIGTIERRAS, 2018

Elaboración: Peñafiel, 2022.

Similar a la Tabla 9, el porcentaje más bajo del riesgo de erosión por pendientes es la categoría “Muy Alta” (Tabla 10). Sin embargo, si observamos la parte superior del Mapa 2, hay mayor concentración de áreas en “Muy Alto” riesgo de erosión, Esta zona se caracteriza por ser un área de páramo mientras que en la parte baja de Babarcote predomina la categoría “Poco Alto” (Tabla 11).

Mapa 2. Riesgo de erosión según la pendiente.



6.2. Unión de capas

La unión de las dos capas presentó los niveles de riesgo potencial de degradación de suelo y una idea superficial de donde se puede implementar técnicas agroecológicas. Se puede evidenciar que, en la zona baja de la comunidad, donde se encontraba un alto valor de riesgo de erosión por la profundidad de suelo, en el Mapa 3 se observa que, en esta misma zona, la mayoría se identifica “Poco Alto” el riesgo de degradación de suelo. Esta categoría tiene el mayor porcentaje de riesgo potencial de degradación de suelo, seguido por 11,42% categorizado como “Alto”.

Tabla 11.

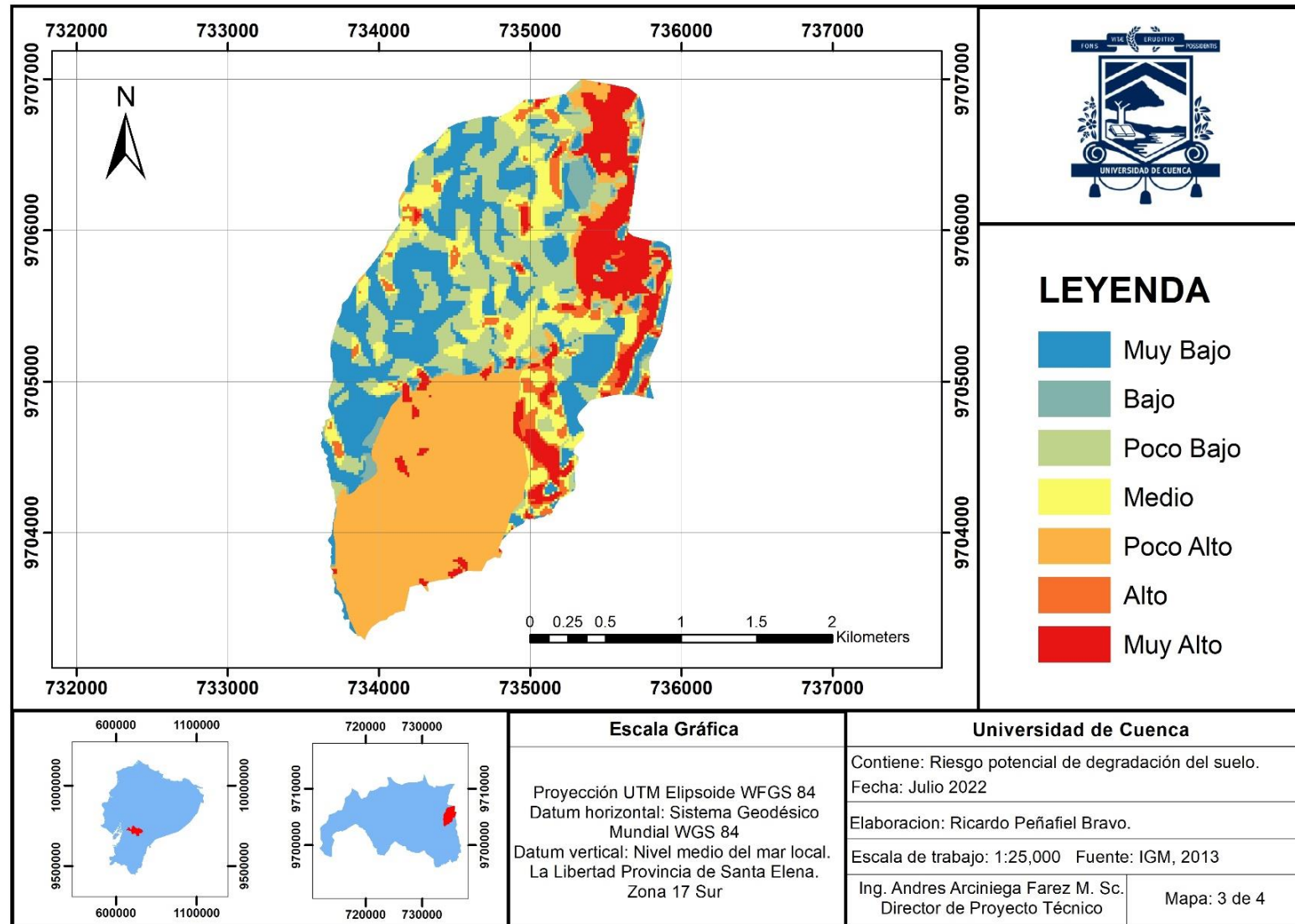
Porcentajes de áreas con riesgo potencial de degradación de suelo.

Clasificación	Área	Porcentaje
Muy Bajo	119,29	22,13
Bajo	12,23	2,27
Poco Bajo	104,70	19,43
Medio	61,22	11,36
Poco Alto	156,80	29,09
Alto	23,16	4,30
Muy Alto	61,57	11,42
Total	538,98	100

Fuente: MAG & SIGTIERRAS, 2018

Elaboración: Peñafiel, 2022.

Mapa 3. Riesgo Potencial de erosión.



6.3. Validación de la cobertura del suelo

Tras los recorridos realizados en dos ocasiones durante los meses de mayo, junio y julio, se observó condiciones evidentes de cambio en el uso del suelo, lo que provocó la modificación a nivel cartográfico de los polígonos establecidos en relación a bosque, tierra agropecuaria y vegetación arbustiva.

Tabla 12.

Modificación de los polígonos de cobertura de suelo.

Nivel I	Área Original (ha)	Área Modificada (ha.)	Porcentaje
Área Poblada	8,64	8,64	0.00
Bosque	15,65	83,47	+ 12.58
Tierra Agropecuaria	413,99	419,37	+ 1.00
Vegetación arbustiva y herbácea	100,69	27,49	- 13.58

Fuente: MAG & SIGTIERRAS, 2018

Elaboración: Peñafiel, 2022.

Al analizar la Tabla 12, se verifica que existe bajo nivel de coincidencia en los datos. Por ejemplo, la categoría bosque registra que hay un total de 15,65 ha., sin embargo, al modificar la capa de acuerdo a los puntos obtenidos en los recorridos, el área cambia a 83,47 ha. mientras que hay una gran disminución de vegetación arbustiva y herbácea siendo una diferencia de 73,20 ha. En porcentajes, hubo una disminución del 13.58% del territorio total de vegetación arbustiva y herbácea e incrementó el área de bosque y tierra agropecuaria.

La Tabla 12 presenta los valores de la capa original de la cobertura del suelo a diferencia de las modificaciones realizadas tras la salida de campo y tomada de 90 puntos. La categoría “Vegetación arbustiva y herbácea” se encontraba en zonas donde se ubicaban bosques nativos o plantación forestal. Por esta razón, se dio una disminución de

100,69 a 27,49 ha. en la categoría mencionada y el incremento de 67,82 ha en la categoría “Bosque”. (Figura 8)

Teniendo en cuenta que la información cartográfica utilizada es del año 2018, el avance de la frontera agrícola puede ser uno de los motivos del incremento de 5,38 ha. en la categoría “Tierra Agropecuaria”.

6.4. Unión de capas

Al unir la capa de riesgo potencial de degradación de suelo y la cobertura del suelo modificada, se obtuvo el mapa final de priorización de áreas en riesgo de erosión. De acuerdo a los resultados obtenidos, se necesita implementar técnicas agroecológicas en 419,37 ha. Este valor es la sumatoria de áreas con priorización de 1 a 4 y son categorizadas como Tierra Agrícola (Tabla 7). Recordando que 1 es la priorización más alta de intervención inmediata y 10 la priorización más baja de acción de conservación.

Tabla 13.

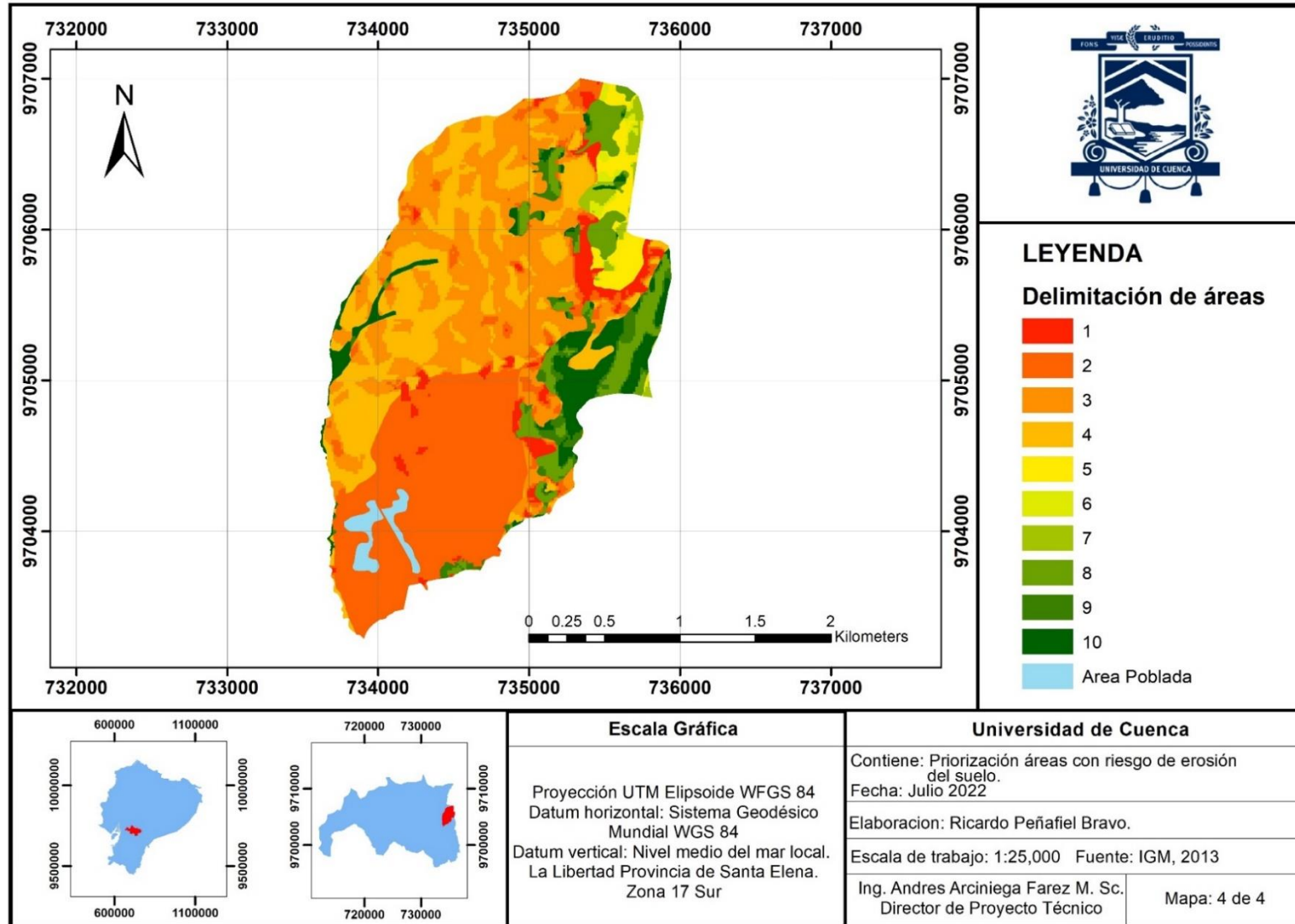
Áreas y porcentajes por valor de priorización.

Priorización	Área	Porcentaje
1	20,23	3,75
2	154,28	28,62
3	138,05	25,61
4	106,81	19,82
5	17,06	3,17
6	3,90	0,72
7	6,54	1,21
8	35,26	6,54
9	16,19	3,00
10	32,02	5,94
Área poblada	8,64	1,60
Total	538,98	100,00

Fuente: MAG & SIGTIERRAS, 2018

Elaboración: Peñafiel, 2022.

Mapa 4. Priorización de áreas con riesgo de erosión de suelo



La zona con mayor concentración de priorización 1 se encuentra rodeando áreas de vegetación arbustiva y herbácea. De acuerdo a las observaciones de campo, los espacios con esta categoría conformaron el ecosistema páramo, pero han sufrido un cambio de acuerdo al uso actual de suelo para la explotación agrícola con otro tipo de cobertura. Estos cambios pueden causar escorrentía más rápida y un aumento de las velocidades de flujo (Llambí et al, 2012).

El área más alta de riesgo de erosión es de la categoría 2, la cual se concentra en la parte baja de la comunidad. Según los moradores, esta área ha sido utilizada para el pastoreo desde el inicio de la comunidad y sus alrededores han sido cubiertos por paramo y bosque nativo los cuales han sido quemados o cortados para abrir paso a la siembra de pastos.

7. CONCLUSIONES

El estudio realizado dio a conocer las áreas con mayor riesgo de erosión del suelo y delimita las zonas donde se debe intervenir de manera inmediata. Los resultados presentados dentro de este estudio dieron a conocer que más del 55% del territorio se encuentra entre la clasificación media – alta en cuanto al riesgo potencial de erosión. Por otro lado, al sumar la variable “cobertura del suelo” al riesgo mencionado, se pudo observar que el 58% de la comunidad tiene una priorización entre 1 a 3 de intervención.

8. RECOMENDACIONES

El estudio se podría replicar en cualquier territorio, para esto, se recomienda:

- Utilizar información cartográfica de la región actualizada.
- Verificar la cobertura del suelo con imágenes satelitales y salidas de campo para modificar la información cartográfica de ser necesario.
- Obtener el apoyo de técnicos que conozcan la zona de estudio para la validación de cobertura de suelo.
- Realizar las salidas de campo en diferentes temporadas del año para facilitar la movilización.

Adicionalmente, se puede recomendar que en zonas de prioridad 9 a 10 podrían ser consideradas áreas de protección estricta, en zonas con categoría 8 a 7 áreas de

conservación estricta de recuperación, 7 a 6 áreas de conservación activa y de regeneración y en áreas de priorización de 5 a 4 suelo rural de producción y finalmente en zonas con priorización de 1 a 3 recuperación de suelos.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ArcGIS. (S.F). Geocodificación y geobúsqueda. Obtenido de ArcGIS Enterprise.
- Balabathina, V., Raju, R., & Muluaem, W. (2019). *Integrated remote sensing and gis-based universal soil loss equation for soil erosion estimation in the Megech River Catchment, Tana Lake Sub-basin, North-western Ethiopia*. American Journal of Geographic Information System, 8, (4), 141-157.
- Banco Mundial. (2022). *Agricultura y alimentos*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview#4>
- Benavides, R. (2019). *Propuesta metodológica para la zonificación del peligrosidad por movimientos en masa en cuencas intramontanas: Caso ciudad de Loja*. Loja.
- Codificación 19. (Cod.). Ley de Gestión Ambiental. Ecuador.
- Colter, H., López, C., & Trinidad, S. (2007). *Aproximación a una valoración económica de la pérdida de suelos agrícolas en México*. México: Red Mexicana de Cuencas.
- Constitución Política de la República del Ecuador. (Const.). 31 de Julio del 2008.
- Cotler, H., Sotelo, E., Dominguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S., & Quiñonez, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. En *Gaceta Ecológica* (págs. 5-71). Mexico: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- EUROPAPRESS. (2021). *La FAO alerta de que la erosión del suelo provocará una reducción del 10% de la producción de alimentos en 2050*. España. Obtenido de <https://www.europapress.es/sociedad/medio-ambiente-00647/noticia-fao-alerta-erosion-suelo-provocara-reduccion-10-produccion-alimentos-2050-20211203151643.html>
- Secretaría del Agua. (2018). *Guía técnica para la delimitación de áreas de protección hídrica*. Quito.

- FAO. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/sustainable-agriculture/es/>
- FAO. (2018). *Condiciones climáticas y la actividad humana impactan en la degradación de la tierra, comprometiendo la seguridad alimentaria*. FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/es/c/1141396/>
- FAO. (2018). *Manual de transición agroecológica para la agricultura familiar campesina*. Obtenido de <https://www.redinnovagro.in/pdfs/manual-transici%C3%B3n-agroecologica-afc.pdf>
- FAO. (2019) *Detengamos la erosión del suelo para garantizar la seguridad alimentaria en el futuro*. FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1193735/>
- FAO. (s.f). *Conservación del Suelo*. Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/conservacion-del-suelo/es/>
- FAO. (s.f). *Resiliencia: mejorar la resiliencia de las personas, las comunidades y los ecosistemas es fundamental para lograr sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles*. Obtenido de <https://www.fao.org/agroecology/knowledge/10-elements/balance/es/>
- Figueroa, F., & Pichizaca, A. (2003). *Propuesta de gestión ambiental para la subcuenca alta del río Cañar, mediante la utilización de un SIG*. PRODEPINE.
- GAD de Biblián. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Cantón Biblián*. Biblián.
- Gaspari, F., Delgado, M., & Denegri, G. (2008). *Estimación espacial, temporal y económica de la pérdida de suelo por erosión hídrica superficial*. Argentina: SciELO Analytics.
- INEC. (2021). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua, 2020*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf

- MAE - MAGAP. (2015). Proyecto para la generación de mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador Continental 2013 - 2014.
- MAE. (2012). Protocolo de levantamiento de puntos de campo.
- Martínez, A., Goy, J., Cruz, R., Forteza, J., Zazo, C., & Barrera, I. (2006). *Cartografía del riesgo de erosión hídrica mediante SIG en los espacios naturales de Candelario - Gredos (Salamanca, Avila)*. Salamanca.
- Ochoa, P., Fries, A., Mejía, D., Burneo, J., Ruíz, J., & Cerdà, A. (2015). *Effects of climate, land cover and topography on soil erosion risk in a semiarid basin of the Andes*. Loja. Obtenido de http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/DRO/Articulos/Articulo_3.pdf
- Olloqui, J. (2009) *Practica Vectorial*. Universidad de Alcaá. Obtenido de <https://www.geogra.uah.es/gisweb/practica-vectorial/index.html>
- Ordenanza de Uso y Ocupacion de Suelo Urbano y Rural. (Gobierno Autonomo Descentralizado). 04 de Septiembre del 2015.
- PDOT de Biblián. (2020). Biblián.
- Piyathilake, I., Sumudamali, R., Udayakumara, E., Ranaweera, L., Jayawardana, J., & Gunatilake, S. (2021). Modeling predictive assessment of soil erosion related hazards at the Uva province in Sri Lanka. *Modeling Earth Systems and Environment*, 7, (3), 1947-1962.
- Pool, S. (2017). *Evaluación Nacional de Degradación de la Tierra*. Quito: FAO.
- Saturino, A. Alcázar, M. Cermeño, F. & Abolafio, F. (2009). *Erosión y manejo del suelo. Importancia del laboreo ante los procesos erosivos naturales y antrópicos*. Instituto de Geociencias. Madrid. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/36082896.pdf>
- Secretaria Nacional de Planificación. (2021). *Estatuto Orgánico de la Secretaria Nacional de Planificación*. Quito, Ecuador.
- SENPLADES. (2019). *Guía para formulación/actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) parroquial*. Quito, Ecuador.

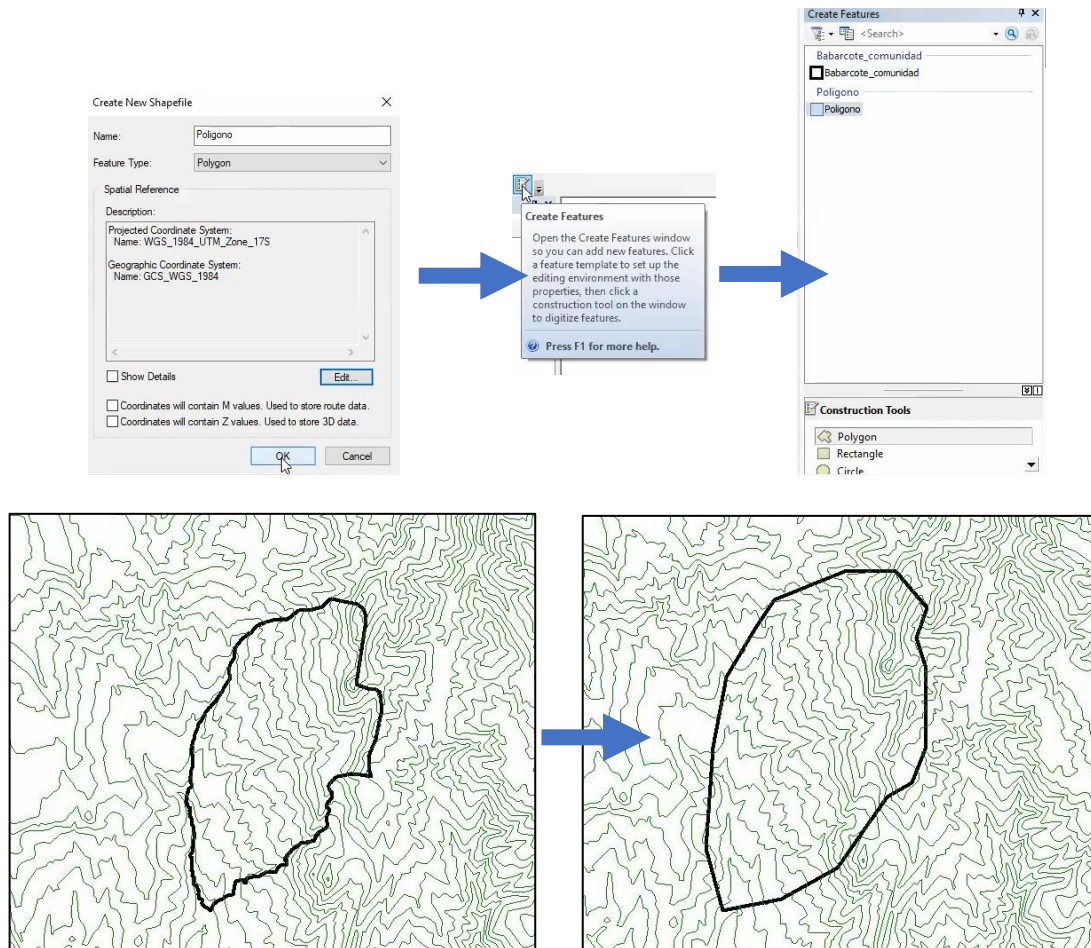
- UNCCD. (2019). *Land-based adaptation and resilience*. Powered By Nature.
- Zamudio, V., & Mendez, E. (2011). *La vulnerabilidad de erosión de suelo agrícolas en la región centro-sur del estado de Nayarit, México*. México. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3937622.pdf>
- Zazo, F., Flores, C., & Sarandon, S. (2011). *El “costo oculto” del deterioro del suelo durante el proceso de “sojización” en el Partido de Arrecifes, Argentina*. Argentina: Revista Brasileira de Agroecologia.
- Zertuche, V., Badii, M., Guillen, A., & Zepeda, M. (2015). *Causas e impactos socioeconómicos y ambientales de la erosión*. Mexico: International Journal of Good Conscience. Obtenido de <http://www.spentamexico.org/v10-n1/A6.10%281%2976-87.pdf>
- Zolekar, R. (2018). Integrative approach of RS and GIS in characterization of land suitability for agriculture: a case study of Darna catchment. *Arabian Journal of Geosciences*, 11, (24), 1-17.

10. ANEXOS

10.1. Modificación de capas cartográficas

Figura 1.

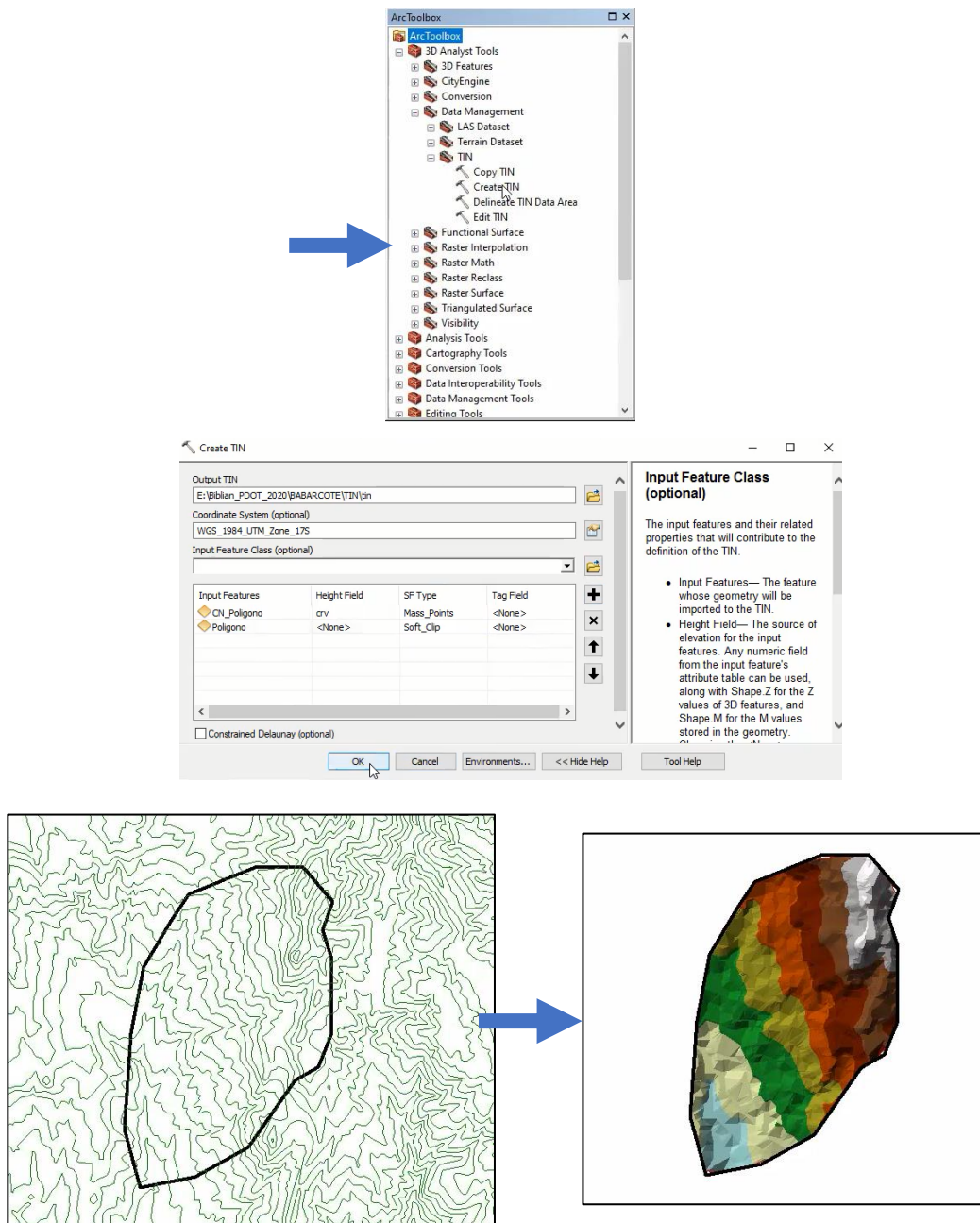
Creación de una nueva capa rodeando la comunidad de Babarcote.



Nota*. Se rodea el área original para evitar errores en la creación del TIN.

Figura 2.

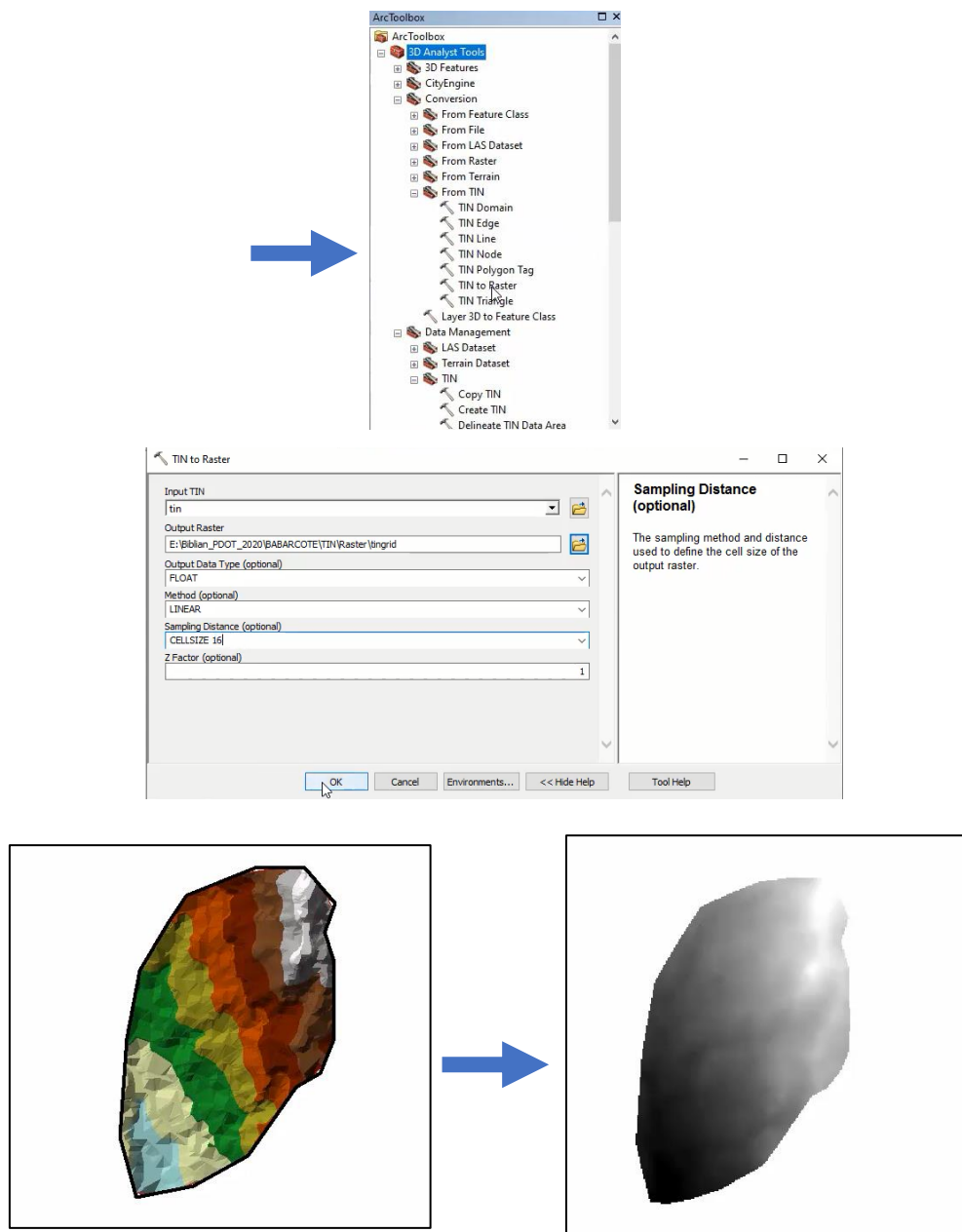
Generación de TIN



Nota*. Se utiliza la capa de las curvas de nivel y la capa que rodea la comunidad.

Figura 3.

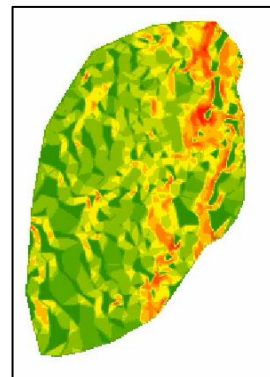
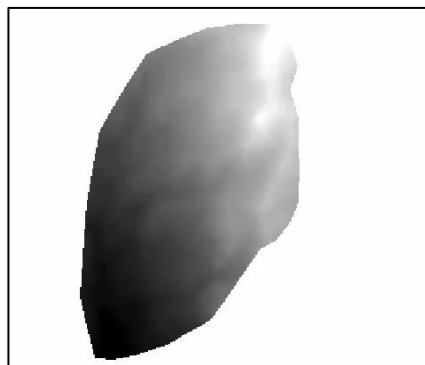
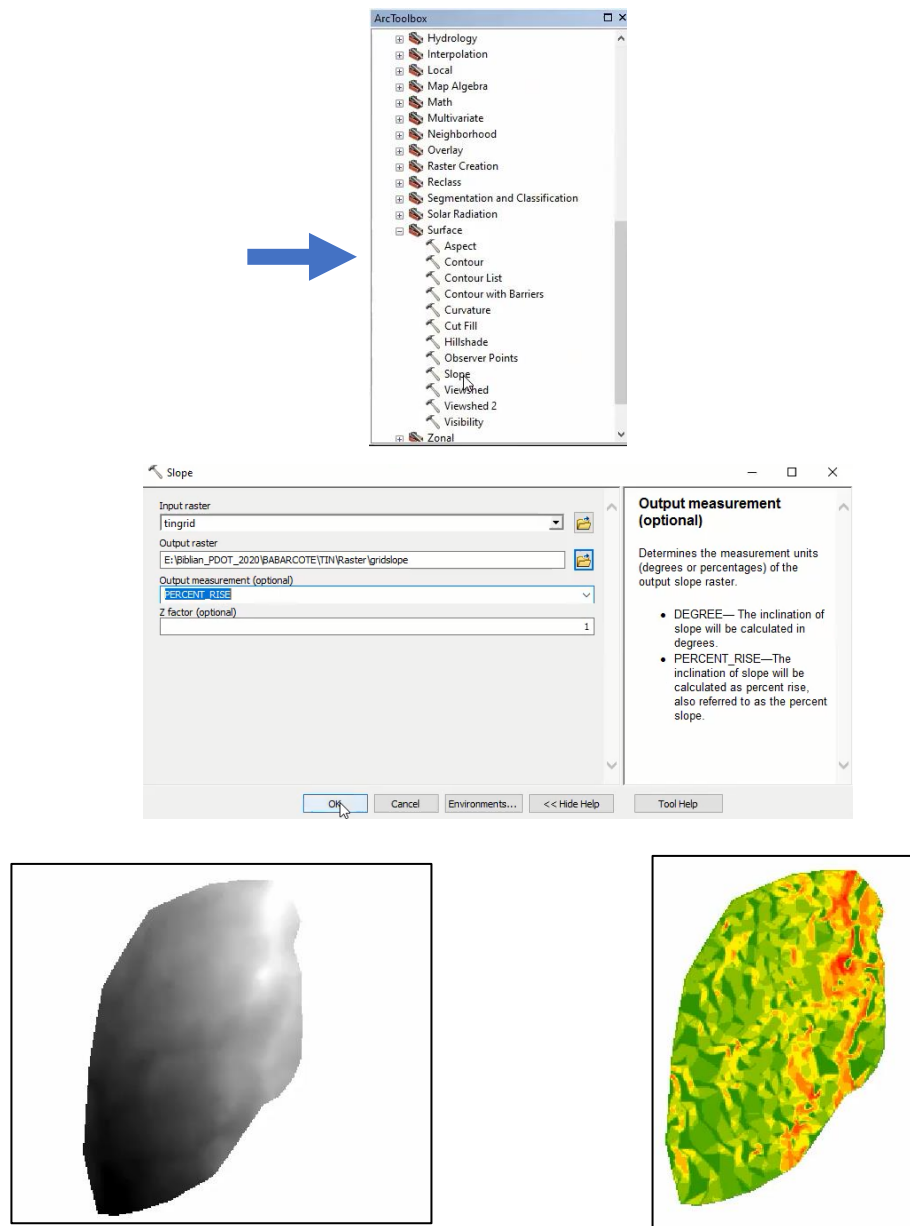
TIN a Raster



Nota*. Se convierte una red irregular de triángulos en un ráster mediante la interpolación.

Figura 4.

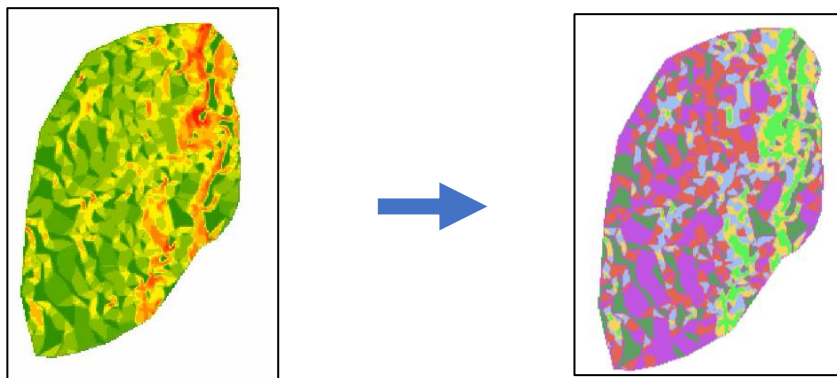
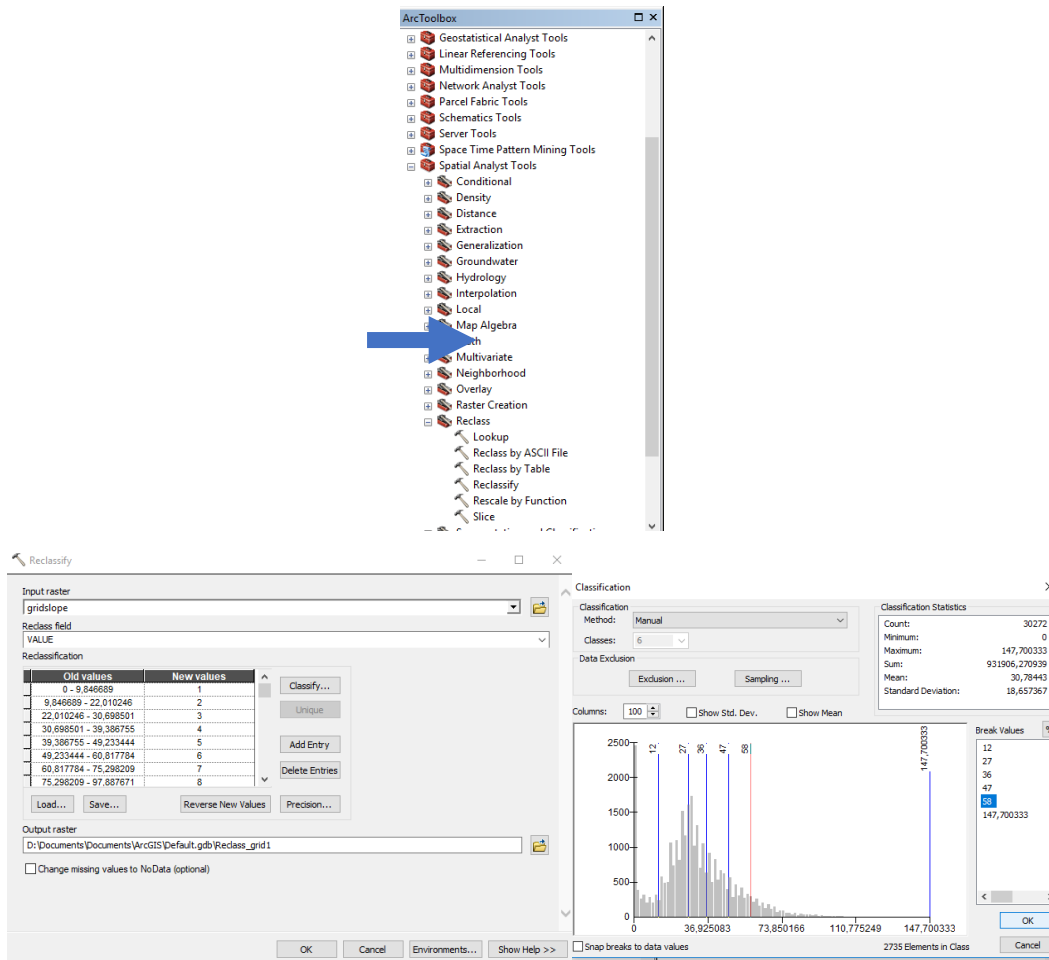
Slope



Nota*. Se realiza la conversión para el análisis de pendientes

Figura 5.

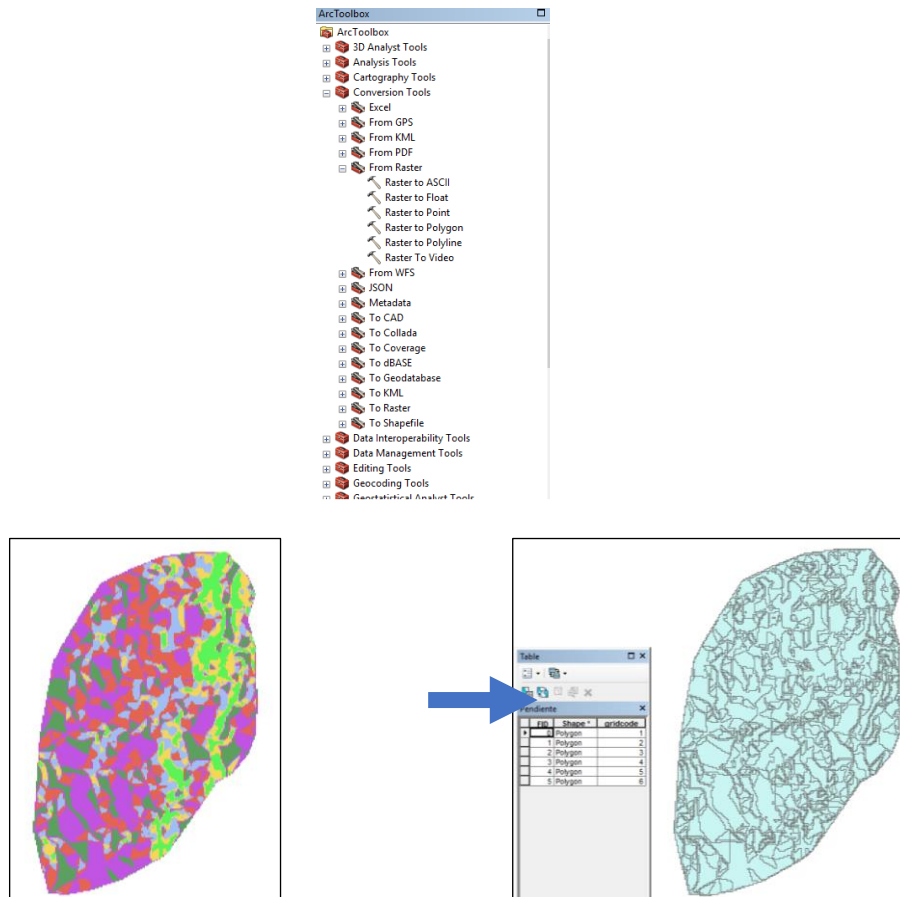
Reclass



Nota*. Se utiliza el rango descrito por la SENAGUA para realizar una nueva categorización de pendientes.

Figura 6.

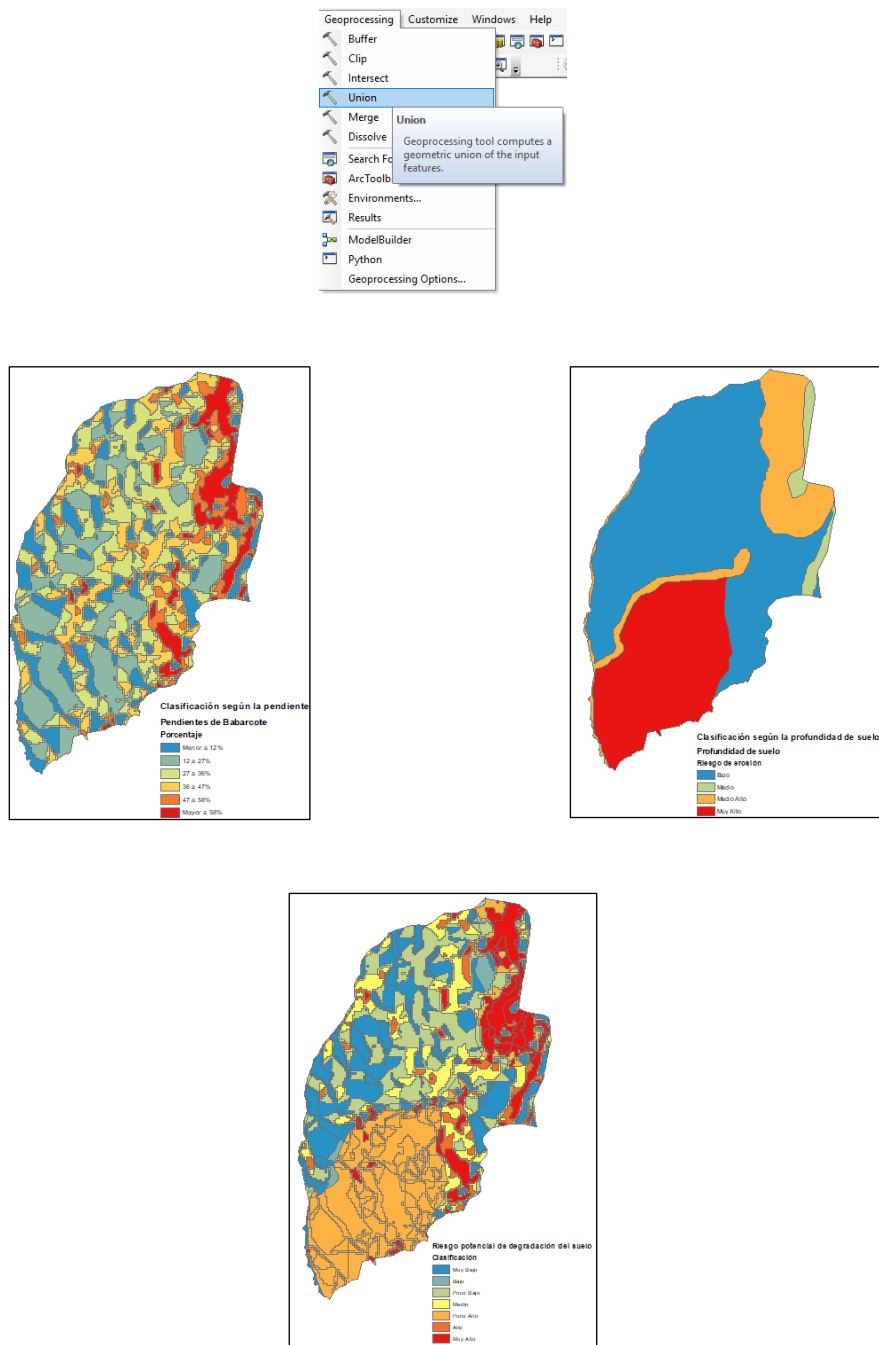
Raster a polígono



Nota*. Para poder modificar la tabla de atributos y tener un mejor manejo de la capa, se necesita manejar la capa en formato polígono.

Figura 7.

Geoproceso Union



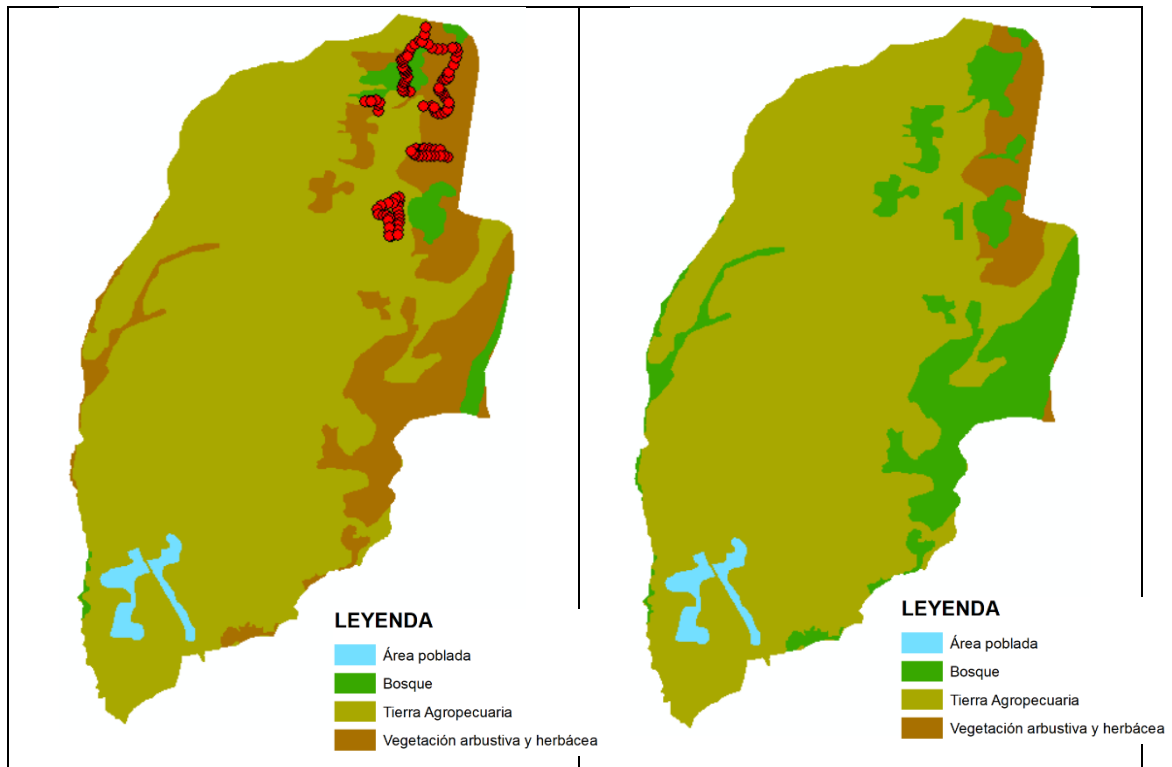
Nota*. La nueva capa tiene las mismas características de las dos capas combinadas. Utilizando esta información se crea nuevas columnas en la tabla de atributos para categorizar la combinación de las dos capas.

Figura 8.

Modificación de la capa "cobertura del suelo".

Cobertura Vegetal original:

Cobertura Vegetal modificada:



Nota*. En total se validaron 90 puntos para la modificación de la capa.

10.2. Glosario

PDOT – Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial

PUGS – Plan de Uso y Gestión del Suelo

SENAGUA – Secretaría Nacional del Agua

MAATE – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

CUT - Categorías de Uso de la Tierra

Capa cartográfica – archivo principal y almacena la información geométrica de los elementos de la capa en formato vectorial

PIB – Producto Interno Bruto

Sojización – implementación a gran escala de cultivos de Glycine max (soya).

MDT – Modelo Digital de Terreno

SIGTIERRAS – Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica

MPC – Mancomunidad del Pueblo Cañari

TULSMA – Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

MAG – Ministerio de Agricultura y Ganadería

MPC – Mancomunidad del Pueblo Cañari