



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

**DETERMINACIÓN DE LOS CONFLICTOS DE USO DEL SUELO A**  
**PARTIR DE SU APTITUD FÍSICA EN EL CANTÓN COTACACHI**

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERAS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**AUTORAS:**

MOLINA PORTILLA MARÍA SOLEDAD  
VILLALVA SALAZAR VALERIA ALEXANDRA

**DIRECTOR:**

ING. OSCAR ARMANDO ROSALES ENRÍQUEZ, MSc.

**Ibarra – Ecuador**

**2022**



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

**CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Ibarra, 7 de julio del 2022

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación **“DETERMINACIÓN DE LOS CONFLICTOS DE USO DEL SUELO A PARTIR DE SU APTITUD FÍSICA EN EL CANTÓN COTACACHI”** de autoría de las señoritas MOLINA PORTILLA MARÍA SOLEDAD y VILLALVA SALAZAR VALERIA ALEXANDRA estudiantes de la carrera de **INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que las autoras ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencias realizadas por este tribunal.

Atentamente,

**TRIBUNAL TUTOR**

Ing. Oscar Rosales, MSc.

**DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN**

Ing. Gabriel Jácome, MSc.

**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

Ing. Elizabeth Velarde, MSc.

**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

**FIRMA**

**Misión Institucional:**

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



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

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN NRO. 001-073-CEAACES-2013-13  
Ibarra-Ecuador

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

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

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

DATOS DE CONTACTO		
<b>CÉDULA:</b>	1003858774	
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	María Soledad Molina Portilla	
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra, Imbabura	
<b>EMAIL:</b>	msmolinap@utn.edu.ec	
<b>TELÉFONO FIJO Y MÓVIL:</b>	N/A	0981214408

DATOS DE CONTACTO		
<b>CÉDULA:</b>	1003621917	
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	Valeria Alexandra Villalva Salazar	
<b>DIRECCIÓN:</b>	Cotacachi, Imbabura	
<b>EMAIL:</b>	vavillalvas@utn.edu.ec	
<b>TELÉFONO FIJO Y MÓVIL:</b>	3015552	0990667267

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



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

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN NRO. 001-073-CEAACES-2013-13  
Ibarra-Ecuador


<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
TÍTULO:	DETERMINACIÓN DE LOS CONFLICTOS DE USO DEL SUELO A PARTIR DE SU APTITUD FÍSICA EN EL CANTÓN COTACACHI
AUTORAS:	Molina Portilla María Soledad Villalva Salazar Valeria Alexandra
FECHA:	07/07/2022
<b>SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	<b>Ingeniera en Recursos Naturales Renovables</b>
DIRECTOR:	Ing. Oscar Rosales, MSc.

## 2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 7 de julio del 2022

### LAS AUTORAS:

  
Molina Portilla María Soledad  
C.I. 1003858774

  
Villalva Salazar Valeria Alexandra  
C.I. 1003621917

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



## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por darnos la salud, sabiduría y fortaleza para vencer todos los obstáculos y cumplir esta etapa.*

*Agradecemos a nuestras familias por su apoyo incondicional que nos han brindado en nuestra formación personal y profesional.*

*A nuestro director de tesis Magister Oscar Rosales y asesores Magister Gabriel Jácome y Magister Elizabeth Velarde quienes con sus conocimientos y apoyo ayudaron a culminar esta investigación por tal motivo siempre estaremos agradecidas.*

*Agradecemos a la Universidad Técnica del Norte por habernos brindado oportunidades y enriquecernos en conocimiento, a la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables y a nuestros docentes por formarnos ética y profesionalmente.*

**CON GRATITUD**

**Soledad y Valeria**

## DEDICATORIA

*En memoria de mi madre Soraya Portilla y mi hermana Cristina Játiva*

*Dedico la tesis con todo cariño a*

*A Dios por ser un pilar en mi vida, quien me ha dado la sabiduría para avanzar en mis estudios y la fortaleza de no rendirme hasta alcanzar esta meta.*

*A mi madre Soraya Portilla, aun después de su partida, mi corazón siempre la tendrá presente, ella ha sido mi más grande inspiración y mi ejemplo a seguir. Sé que estaría orgullosa de verme lograr este sueño tan importante en mi vida. Mami*

*LO LOGRÉ este sueño es para ti y por ti.*

*A mi hermana Cristina Játiva quien estuvo cuando todo este proceso empezó y su último consejo fue el no abandonar la carrera hasta poderla culminar y ser una excelente profesional.*

*A mi hermano Sebastián Molina quien es mi mayor apoyo, estuvo animándome en cada momento y circunstancia que atravesé durante mi etapa universitaria, no dejó de creer en mí. Es mi gran motor para salir adelante.*

*A mis padres espirituales que Dios me permitió conocer, Luis Suarez y Deisy Encarnación, agradezco por cada uno de sus consejos y oraciones, siempre me han estado guiando y me han ayudado a no darme por vencida.*

*A mis amigas Vale, Belén, Katy, Gemita y Mely por todos los ocurridos momentos que pasé con cada una de ellas, son los mejores recuerdos que puedo tener de la universidad.*

Soledad Molina

## DEDICATORIA

*A Dios por haberme dado la vida y la constancia para culminar mi carrera universitaria.*

*A mis padres Wilson y Mariana y hermanos Isaac, Demetrio y Giancarlo por brindarme el apoyo y enseñarme a salir adelante a pesar de las dificultades y por todo el amor que me han dado.*

*A todos mis familiares y mi círculo de amigas Sol, Gemita, Belén y Katy por siempre apoyarme, y creer en mi capacidad de lograr las metas que me propongo.*

*A mis docentes por enseñarme con paciencia y entusiasmo para lograr terminar esta etapa en mi vida.*

*A mi mejor amigo y compañero de vida, Franklin por sus consejos y apoyo en los momentos más difíciles y felices de mi vida.*

Con amor

Valeria

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>Resumen</b> .....	xii
<b>Abstract</b> .....	xiii
<b>Capítulo I. Introducción</b> .....	1
1.1. Revisión de antecedentes .....	1
1.2. Problema de investigación y justificación.....	3
1.3. Objetivos .....	4
1.3.1. Objetivo general .....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Preguntas directrices de la investigación .....	5
<b>Capítulo II. Marco Teórico</b> .....	6
2.1. Marco teórico referencial .....	6
2.1.1. Uso del suelo .....	6
2.1.2. Uso potencial del suelo .....	7
2.1.3. Conflictos de uso del suelo.....	10
2.1.4. Herramientas SIG para determinar los conflictos de uso del suelo.....	11
2.1.5. Estrategias de conservación del cambio de uso del suelo .....	11
2.2. Marco legal.....	13
2.2.1. Constitución de la República del Ecuador .....	13
2.2.2. Tratados Internacionales .....	14
2.2.3. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, COOTAD .....	14
2.2.4. Código Orgánico Ambiental (COA) .....	15
2.2.5. Normas de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados .....	15
2.2.6. Plan Nacional “Creando Oportunidades” 2021-2025 .....	15
<b>Capítulo III. Metodología</b> .....	17
3.1. Descripción del área de estudio.....	17
3.1.1. Áreas naturales protegidas del cantón Cotacachi.....	18
3.1.2. Clima .....	18
3.1.3. Tipos de relieve .....	19
3.1.4. Componente sociocultural.....	21
3.2. Métodos.....	21
3.2.1. Identificación de los cambios de uso del suelo entre los años 1990 y 2014	21

3.2.2. Análisis del uso potencial y los conflictos de uso del suelo en el cantón ...	23
3.2.3. Estrategias de conservación para las zonas con conflicto de uso del suelo	33
3.3. Materiales y equipos.....	35
<b>Capítulo IV. Resultados y Discusión</b> .....	37
4.1. Identificación de los cambios de uso del suelo durante el periodo de 1990 al 2014 .....	37
4.1.1. Uso del suelo de los años 1990 y 2014 .....	37
4.1.2. Cambio de uso del suelo.....	41
4.2. Análisis del uso potencial y los conflictos de uso del suelo en el cantón Cotacachi.....	44
4.2.1. Factores que determinan el uso potencial del cantón Cotacachi .....	44
4.2.2. Clases agrológicas .....	51
4.2.3. Uso potencial del suelo .....	55
4.2.4. Conflictos de uso del suelo en el cantón Cotacachi .....	58
4.3. Propuesta de estrategias de conservación para las zonas con conflicto de uso del suelo .....	63
4.3.1. Estrategia 1: Estrategia de conservación para la recuperación de la cobertura vegetal y el desarrollo económico local.....	65
4.3.2. Estrategia 2: Estrategias de conservación en manejo del suelo a través de la participación comunitaria.....	73
<b>Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	81
5.1. Conclusiones .....	81
5.2. Recomendaciones.....	82
<b>Bibliografía</b> .....	83



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	<i>Clasificación de las áreas naturales del cantón Cotacachi</i> .....	18
<b>Tabla 2.</b>	<i>Categorías de uso del suelo cantón Cotacachi año 1990 y 2014</i> .....	22
<b>Tabla 3.</b>	<i>Matriz transicional de cambios</i> .....	23
<b>Tabla 4.</b>	<i>Estaciones meteorológicas</i> .....	25
<b>Tabla 5.</b>	<i>Valores del factor K asociados a la textura y contenido de materia orgánica</i> .....	26
<b>Tabla 6.</b>	<i>Factor C, según la cobertura de uso del suelo en el área de estudio.</i>	28
<b>Tabla 7.</b>	<i>Rangos de la erosión</i> .....	28
<b>Tabla 8.</b>	<i>Capacidad de uso del suelo</i> .....	30
<b>Tabla 9.</b>	<i>Uso potencial del suelo</i> .....	32
<b>Tabla 10.</b>	<i>Matriz de decisión de conflictos</i> .....	32
<b>Tabla 11.</b>	<i>Materiales equipos y software</i> .....	36
<b>Tabla 12.</b>	<i>Cambio neto del uso del suelo para los años 1990 y 2014</i> .....	43
<b>Tabla 13.</b>	<i>Pendientes del suelo en rangos de %</i> .....	45
<b>Tabla 14.</b>	<i>Clases de profundidad efectiva del suelo (cm)</i> .....	45
<b>Tabla 15.</b>	<i>Clases de pedregosidad del suelo (%)</i> .....	46
<b>Tabla 16.</b>	<i>Clases de drenaje superficial del suelo</i> .....	47
<b>Tabla 17.</b>	<i>Clases de textura del suelo del cantón Cotacachi</i> .....	47
<b>Tabla 18.</b>	<i>Clases de contenido de materia orgánica</i> .....	48
<b>Tabla 19.</b>	<i>Clases de pH del suelo</i> .....	49
<b>Tabla 20.</b>	<i>Clases de grado de saturación de bases del suelo</i> .....	49
<b>Tabla 21.</b>	<i>Clases de salinidad del suelo (dS/m)</i> .....	50
<b>Tabla 22.</b>	<i>Clases de regímenes de humedad del suelo</i> .....	51
<b>Tabla 23.</b>	<i>Tipos de erosión hídrica del suelo y áreas afectadas</i> .....	51
<b>Tabla 24.</b>	<i>Categorías de uso potencial del suelo</i> .....	55
<b>Tabla 25.</b>	<i>Cambio neto de los conflictos de uso del suelo</i> .....	62
<b>Tabla 26.</b>	<i>Matriz PER formulación de estrategias de conservación para las zonas con conflicto de uso del suelo</i> .....	64
<b>Tabla 27.</b>	<i>Ecoturismo de bosque nativo de sustento</i> .....	66
<b>Tabla 28.</b>	<i>Técnicas de control de la erosión del suelo</i> .....	70
<b>Tabla 29.</b>	<i>Técnicas para el manejo adecuado del suelo</i> .....	74
<b>Tabla 30.</b>	<i>Concienciación ambiental a los pobladores del cantón Cotacachi</i> ...	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Ubicación del área de estudio</i> .....	17
<b>Figura 2.</b> <i>Pendientes del cantón Cotacachi</i> .....	20
<b>Figura 3.</b> <i>Esquema PER</i> .....	34
<b>Figura 4.</b> <i>Uso del suelo año 1990</i> .....	38
<b>Figura 5.</b> <i>Uso del suelo año 2014</i> .....	40
<b>Figura 6.</b> <i>Clases agrológicas del cantón Cotacachi</i> .....	54
<b>Figura 7.</b> <i>Uso potencial del suelo</i> .....	57
<b>Figura 8.</b> <i>Conflictos de uso del suelo cantón Cotacachi 1990</i> .....	59
<b>Figura 9.</b> <i>Conflictos de uso del suelo en el cantón Cotacachi 2014</i> .....	61
<b>Figura 10.</b> <i>Ubicación geográfica de la estrategia de ecoturismo en bosques nativos de sustento</i> .....	68
<b>Figura 11.</b> <i>Ubicación geográfica de la estrategia control de la erosión del suelo</i> .72	
<b>Figura 12.</b> <i>Ubicación geográfica de la estrategia técnicas para el manejo adecuado del suelo</i> .....	76
<b>Figura 13.</b> <i>Ubicación geográfica de la estrategia concienciación ambiental a los pobladores del cantón Cotacachi</i> .....	80

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**  
**DETERMINACIÓN DE LOS CONFLICTOS DE USO DEL SUELO A**  
**PARTIR DE SU APTITUD FÍSICA EN EL CANTÓN COTACACHI**

Molina Portilla María Soledad  
Villalva Salazar Valeria Alexandra

**RESUMEN**

La expansión agrícola, la deforestación y el desarrollo urbano se han convertido en las principales causas del cambio y la degradación del uso del suelo, lo que ha generado como consecuencia, una alteración de los ciclos del entorno, los procesos erosivos, el decrecimiento en la productividad y la generación de conflictos de uso del suelo, siendo factores limitantes para el desarrollo sostenible de una región. En el presente estudio se determinaron los conflictos de uso del suelo, a partir de su aptitud física, en el cantón Cotacachi entre los años 1990 y 2014. Además, se identificó los cambios de uso del suelo para este periodo, lo que fue evaluado a través de la matriz de transición. Los resultados mostraron una disminución del bosque nativo en un 10,11%, y una transición de glaciar a páramo, que aumentó al 1,56%. Se analizó el uso potencial del suelo en base a las clases agrológicas, indicando que los suelos son aptos para la protección y conservación de los recursos con un 67,26%. Los conflictos de uso de la tierra se determinaron relacionando el uso potencial del suelo con el uso actual, donde presentó una reducción en el uso adecuado de la tierra en 7,14% y en el conflicto por subutilización 0,71%, por el contrario, un aumento en la sobreutilización en 8,55%. Finalmente, las estrategias de conservación se orientaron hacia la recuperación de la cobertura vegetal enfocados al desarrollo económico local y el manejo del suelo con la participación comunitaria para una concienciación ambiental.

**Palabras clave:** uso del suelo, uso potencial del suelo, clases agrológicas, conflictos de uso del suelo, estrategias de conservación.

## ABSTRACT

Agricultural expansion, deforestation and urban development have become the main cause for the change and degradation of land use, which has generated, consequently, an alteration of environmental cycles, erosive processes, a decrease in productivity and the generation of land use conflicts, which are limiting factors for the sustainable development of a region. In this study, land use conflicts were determined based on their physical suitability in the Cotacachi canton between 1990 and 2014. In addition, land use changes were identified for this period, which was evaluated through the transition matrix. The results showed a 10.11% decrease in native forest and a transition from glacier to moor, which increased to 1.56%. Potential land use was analyzed based on agrological classes, indicating that the soils are suitable for the protection and conservation of resources with 67.26%. Land use conflicts were determined by relating potential land use with current use, where there was a reduction in adequate land use by 7.14% and in the conflict due to underutilization by 0.71%; on the other hand, there was an increase in overutilization by 8.55%. Finally, conservation strategies were oriented towards the recovery of vegetation cover focused on local economic development and soil management with community participation for environmental awareness.

**Keywords:** Land use, potential land use, agrological classes, land use conflicts, conservation strategies.

# Capítulo I

## Introducción

### 1.1. Revisión de antecedentes

En la actualidad la pérdida de cobertura vegetal y los conflictos de uso del suelo en todo el mundo traen consigo una variedad de problemas, donde el ser humano es el factor principal de esta causa, debido a las actividades antrópicas que cada vez es más notorio, y ocurren a un ritmo acelerado (Convención de las Naciones Unidas, 2013). Los mismos autores afirman que la transformación del paisaje tiene como consecuencia la degradación del suelo y el inadecuado uso. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en el resumen técnico estado mundial del recurso suelo, menciona que una correcta gestión del recurso suelo trae beneficios a varios sectores del mundo para la prosperidad económica (FAO y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo [GTIS], 2016).

El Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA, 2010) menciona que para el año 2050, más del 50% de la tierra agrícola de América Latina se verá desértica, debido a la mala gestión del recurso suelo. En los últimos años, la tala acelerada del bosque nativo constituye un problema para el Ecuador, al igual que la expansión de la frontera agrícola, la ganadería extensiva, el desarrollo urbano lo que conlleva la destrucción de muchas hectáreas de bosque y el mal manejo del territorio (Alvarado y Espinoza, 2018). Este problema ha llevado a varios interesados a desarrollar investigaciones sobre el cambio y conflictos de uso del suelo, de varios sitios del país para buscar soluciones orientadas al buen uso y conservación del suelo.

Para lograr los objetivos planteados en esta investigación, es fundamental considerar a la sociedad y su cultura, con la finalidad de combinar la conservación con el desarrollo sostenible y a la vez involucrar a las comunidades locales, tal como menciona la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2017). Una de las herramientas utilizadas a la hora de estudiar el cambio de cobertura y uso de suelo e identificación de los conflictos es el uso de Sistemas



de Información Geográfica (SIG). Los SIG permite conocer la realidad del territorio sin necesidad de salir a campo (Arancibia, 2012). Tal es el caso del estudio realizado por Mendoza et al. (2021), en la cuenca del Rio Chico, para conocer los cambios en el uso y la cobertura del suelo cobertura y uso, utilizando el software ArcGIS, determinaron que la expansión agrícola y áreas residenciales causó la disminución de gran parte del área boscosa, también evidenciaron intervención en áreas de conservación.

Salas y Valenzuela (2011) determinaron los conflictos de uso de suelo en la microcuenca Panchindo, Municipio de la Florida, Departamento de Nariño, relacionando el mapa de uso actual y potencial del suelo, donde obtuvieron como resultado dos conflictos de uso del suelo por sobreutilización y subutilización, generando acelerados procesos de erosión y degradación por el inadecuado uso del recurso suelo, con los resultados planificaron acciones enfocadas a la recuperación y conservación de las áreas con más conflicto.

Esta problemática no excluye al cantón Cotacachi, ya que, según Andrade (2016), Jaramillo y Pineda (2022), mencionan en su trabajo de investigación, que el cantón se ha visto afectado por la expansión agrícola, modificando su cobertura vegetal y generando conflictos de uso del suelo. Sánchez y Simbaña (2018), afirman que la clave para conservar un sitio degradado está en conocer su potencial turístico y dar un valor agregado a estos elementos. Por lo tanto, el cantón Cotacachi, ha sido de interés por parte de varios actores para el estudio de su estructura paisajística debido a su diversidad tanto ecológico, geomorfológico, arqueológico, histórico y cultural.

Pineda (2011) menciona que el análisis multitemporal tiene la finalidad de identificar y analizar cambios en la cobertura vegetal entre diferentes años y se puede determinar el uso actual y uso potencial del suelo, así como los impactos que producen sobre el ambiente, ocasionados por la acción del ser humano, razón por la cual se requirió utilizar los sistemas de información geográfica (SIG), para la presente investigación.

## **1.2. Problema de investigación y justificación**

Como menciona Vázquez et al. (2015), a nivel mundial, regional y local existen diferentes factores ambientales, demográficos, económicos y socioculturales que intervienen en el cambio de uso del suelo y ocasionan problemas en la sostenibilidad, seguridad alimentaria y vulnerabilidad a los ecosistemas. En las últimas décadas, el cambio y la degradación del uso de suelo se ha convertido en uno de los principales factores para alterar los procesos y ciclos del entorno y como consecuencia una susceptibilidad a los procesos erosivos, reducción de la biodiversidad, pérdida de los servicios ecosistémicos y una baja productividad (Daza et al., 2014). Esto se debe a la actividad humana que modifica la configuración del paisaje y la cambia por tierras agrícolas y zonas urbanas (Zepeda et al., 2012).

El uso y el manejo inadecuado del suelo, causa la expansión agrícola, la deforestación y el desarrollo urbano, siendo factores limitantes para el desarrollo sostenible de una región, lo cual si no se toman medidas que conlleven a disminuir los conflictos de uso de suelo, influirá en la disponibilidad de otros elementos como el agua, bosque, flora y fauna (Aguirre, 2012). La determinación de los conflictos de uso de suelo sirve de herramienta para planificar diferentes estrategias para la recuperación, conservación y protección del suelo, y garantizar a futuro la disponibilidad de este recurso (Salas y Valenzuela, 2011).

Se define como conflictos de uso de suelo a la discrepancia que existe entre la oferta productiva y el uso actual del suelo (Valderrama, 2014). Conocer el uso actual del suelo es de gran importancia debido a que muchas veces no coincide con el uso proyectado en los esquemas de ordenamiento territorial, por tal motivo este recurso es afectado por el aprovechamiento inadecuado, algunas de las afectaciones que presenta son la poca disponibilidad de nutrientes, desertificación, pérdida de bosques y biodiversidad entre otros, generando un impacto negativo en la parte social y económica de la región (Curtidor y Vizcaya, 2016).

La determinación de los conflictos de uso del suelo es de gran utilidad para caracterizar, diagnosticar y proponer formas adecuadas para la utilización del paisaje y los recursos naturales con un enfoque al uso racional (Puebla et al., 2011).

Ante lo mencionado, la investigación se realizó para determinar los conflictos de uso del suelo a partir de la aptitud física en el cantón Cotacachi, con el fin de conocer el cambio de uso de la tierra que ha tenido ente los años 1990 y 2014 e identificar las zonas donde existe una inadecuada utilización del suelo (sobreutilización) y suelos que no están siendo potencialmente aprovechados (subutilización) y proponer estrategias de conservación para las zonas con conflicto.

La investigación presentó las consecuencias del uso inadecuado del suelo que hay en ciertas zonas y fomentar una conciencia ambiental a los pobladores para controlar los procesos de conversión en el uso del suelo. Por lo tanto, este estudio se basó en la política pública que tiene como finalidad buscar mecanismos de conservación y protección de los ecosistemas naturales, además del cumplimiento del Objetivo 11 del Eje Transición Ecológica del Plan de Creación de Oportunidades 2021- 2025, que busca el buen uso sostenible de los recursos naturales garantizando los derechos de la naturaleza al conservar, restaurar y proteger el entorno natural (Secretaría Nacional de Planificación, 2021), para el cumplimiento de este objetivo es necesario el apoyo colectivo de autoridades y la sociedad. La información obtenida en el presente estudio servirá como base para posteriores investigaciones que se dediquen al desarrollo de este cantón, además aportará con información cartográfica sobre la dinámica cambiante del uso del suelo en el territorio cantonal.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Determinar los conflictos de uso del suelo a partir de la aptitud física en el cantón Cotacachi entre los años 1990 y 2014 para proponer estrategias de conservación.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Identificar los cambios de uso del suelo ocurridos entre los años 1990 y 2014.

- Analizar el uso potencial y los conflictos de uso del suelo en el cantón Cotacachi.
- Proponer estrategias de conservación para las zonas con conflicto de uso del suelo.

#### **1.4. Preguntas directrices de la investigación**

¿Qué conflictos de uso de suelo se han generado en el periodo 1990 - 2014 en el cantón Cotacachi?

¿Qué estrategias de conservación permitirán el correcto uso de suelo en el cantón Cotacachi?

## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

#### **2.1. Marco teórico referencial**

Se realizó una revisión bibliográfica de libros, artículos científicos, documentos técnicos y revistas científicas sobre aspectos importantes del tema de investigación, información que permitió el análisis y la interpretación de resultados.

##### ***2.1.1. Uso del suelo***

El suelo es la capa superficial encontrada en la corteza terrestre, y es considerado la parte fundamental para el desarrollo de la vida en el planeta. Sin embargo, los seres humanos han ocasionado daños irreversibles, esto se debe a la mala gestión del uso del suelo, teniendo como consecuencia el deterioro, erosión y desequilibrio de nutrientes, y si no se toman acciones acertadas hacia la gestión sostenible, cada vez el estado del suelo empeorará (FAO y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo [GTIS], 2016).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC] (2017), el uso del suelo hace referencia a diversas formas que se emplea un terreno y su cobertura vegetal, las cuales se clasifican en: cultivos permanentes, cultivos transitorios y barbecho, descanso, pastos cultivados, pastos naturales, montes y bosques, páramos y otros usos. Por otra parte, los tipos de uso del suelo y su estado de explotación intervienen en la modificación del paisaje, por lo que hoy en día es un punto focal de investigación debido a que involucra la pérdida de hábitat, biodiversidad, capacidad productiva de los ecosistemas y servicios ambientales (Daza et al., 2014).

- **Cambio de uso del suelo**

Hernández y Tejera (2016) relacionan el cambio del uso del suelo con varias acciones de carácter antrópico, ya sea económico, social y cultural. Actividades como la ganadería, agricultura, la deforestación y expansión de la frontera agrícola han producido los cambios en el suelo y como consecuencia una baja productividad y pérdida de la biodiversidad (Restrepo, 2015). Actualmente, existen varios



métodos para determinar el cambio que ha ocurrido en el suelo durante un determinado tiempo; entre estas se encuentra la matriz transicional, la cual cuantifica la dinámica del uso del suelo mediante la superposición cartográfica en varios periodos de tiempo (Lambin y Meyfroidt, 2010). FAO y MADS (2018) considera que el suelo es un recurso no renovable y que es necesario realizar estudios de manejo de suelo para evitar las presiones causadas por la intensificación y prácticas de gestión agrícolas, forestales, silvicultura y urbanización no sostenibles.

### ***2.1.2. Uso potencial del suelo***

Se refiere a la capacidad de ser utilizada para diversas actividades bajo una categoría, desde el punto de vista de producción agrícola, agropecuaria y/o forestal, en ambientes naturales CLIRSEN y MAGAP (2011). El manejo ambiental no debe ser considerado como un tema momentáneo más bien analizarlo como una investigación orientada a la sostenibilidad, para crear condiciones que aseguren la calidad de vida de las generaciones presentes y las futuras.

El estudio del cambio de uso del suelo actualmente es un tema muy indagado, ya que es fundamental conocer los conflictos de uso de suelo para realizar planes de ordenamiento territorial. Existen diversas metodologías para este tipo de estudios, mismos que se complementan con técnicas de trabajo de campo y la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) (López et al., 2014). Merlo et al. (2010) mencionan que determinar el uso actual y las limitaciones del suelo permite conservar los rendimientos actuales sin que se altere el medio natural del suelo. La capacidad del suelo hace referencia a la función de su propiedad para sus diversos usos y propósitos.

La clasificación agrológica se realiza según el sistema de clasificación de tierras adoptado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y empleada por el sistema del Departamento de agricultura de los Estados Unidos. De acuerdo con la clasificación de la capacidad de uso del suelo existe ocho clases agrológicas, a medida que aumenta el grado numérico disminuye la aptitud de uso de suelo para su manejo (Salas y Valenzuela, 2011).

CLIRSEN y MAGAP (2011) determinaron la condición de los suelos conforme a las siguientes variables: pendiente, profundidad del suelo, pedregosidad, drenaje, textura, materia orgánica, pH, grado de saturación en bases, salinidad, humedad del suelo y erosión y designaron cada clase con números romanos del I al VIII de acuerdo con sus limitaciones y riesgos en el uso, que se detallan a continuación:

**Clase I, cultivos sin limitaciones de uso.** Las tierras se usan para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales. Las pendientes son planas del 2%, con muy poca pedregosidad o no tienen, drenaje bueno, suelos no salinos, la textura superficial corresponde a francos, franco arcillo, arenosos, franco arenoso y franco limoso y régimen de humedad údico.

**Clase II, cultivables con ligeras limitaciones de uso y moderados riesgos de daño.** Requieren prácticas de manejo más riguroso que los suelos de la Clase I, tienen pendientes muy suaves < 5%, suelos moderadamente profundos y profundos, con poca pedregosidad que no limita o imposibilita las labores de maquinaria, textura superficial del grupo textural francos arcillosos, franco arcillo-limosos y limosos, arcillo-arenosos, arcillo limosos, arena francos y arcillosos, el drenaje natural de bueno a moderado, presentan suelos ligeramente salinos y no salinos. Tiene regímenes de humedad údico y ústico, y en regímenes de temperatura isohipertérmico e isotérmico.

**Clase III, cultivables con moderadas limitaciones de uso susceptibles de corrección, y riesgos de daños.** Por las limitaciones que presentan estas tierras, hay una disminución desarrollo de los cultivos, siendo necesario las prácticas de manejo y conservación en suelo y agua, tienen pendientes < 12%, de suaves a planas, desde suelos poco profundos a profundos, con poca pedregosidad, el drenaje puede ser excesivo, bueno y moderado, con suelos salinos, ligeramente salinos y no salinos. Humedad údico y ústico y en regímenes de temperatura isohipertérmico e isotérmico.

**Clase IV, cultivables sólo ocasionalmente por presentar serias limitaciones de uso y alto riesgo de daños.** Presenta pendientes medias a planas < 25%, con suelos poco profundos a profundos y poca pedregosidad, laboreo

"ocasional", textura variable, drenaje excesivo a moderado, suelos desde no salinos a muy salinos. Suelos con regímenes de humedad údico y ústico, y en regímenes de temperatura isohipertérmico e isotérmico.

**Clase V, apta para pastoreo y/o forestación, sin limitaciones.** Presenta pendientes entre planas y suaves, <12%, tienen suelos poco profundos, como también suelos profundos, drenajes con severas limitaciones. En cuanto a la pedregosidad, estos requieren de un manejo "muy especial" de acuerdo con las labores de maquinaria, presentan limitaciones imposibles de eliminar en la práctica, la textura y drenaje son variables, suelos desde no salinos a muy salinos, áreas propensas o con mayor riesgo a inundación. Regímenes de humedad údico, ústico, perúdicico, ácuico, perácuico y arídico, y en los regímenes de temperatura isohipertérmicos e isotérmicos.

**Clase VI, apta para pastoreo y forestación, pero susceptibles a la erosión.** Este tipo de clase es similar a la Clase IV, pudiéndose también encontrar en pendientes medias y fuertes. Es decir, entre 12 y 40%, con suelos moderadamente profundos a profundos y poca pedregosidad. Las labores de maquinaria son "muy restringidas", son tierras aptas para aprovechamiento forestal, ocasionalmente pueden incluir cultivos permanentes y pastos, textura variable, drenaje excesivo a mal drenado, suelos desde no salinos a muy salinos y humedad údico, ústico y perúdicico, y en regímenes de temperatura isohipertérmicos, isotérmicos e isomésicos.

**Clase VII, uso restringido para pastoreo y uso principal para forestación.** Presentan pendientes medias a fuertes (< 70%), suelos poco profundos a profundos, su pedregosidad es menor al 50%. Estas tierras tienen limitaciones muy fuertes para el laboreo debido a la pedregosidad y a la pendiente, su textura, drenaje y salinidad pueden ser variables, regímenes, humedad údico, ústico, perúdicico y arídico, y en los regímenes de temperatura isohipertérmicos, isotérmicos e isomésicos. Muestran condiciones para uso forestal con fines de conservación.

**Clase VIII, tierras sin uso agropecuario y forestal.** Son áreas que deben mantenerse con vegetación arbustiva y/o arbórea con fines de protección para evitar la erosión. Pendientes que varían desde plana (0 - 2%) a escarpada (mayor a 100%),

suelos superficiales a profundo, textura y drenaje son variables, pueden ser suelos muy pedregosos o no con suelos muy salinos. Regímenes de humedad údica, ústico, perúdicico, ácuico, perácuico y arídico, y en los regímenes de temperatura isohipertérmicos, isotérmicos, isoméscicos e isofrígidos.

### **2.1.3. Conflictos de uso del suelo**

La identificación de conflictos permite establecer una comparación entre el uso potencial con el uso actual e identificar las áreas que están siendo utilizadas inadecuadamente generando degradación del territorio, es decir, que han tenido una intervención por parte del ser humano y puede degradarse el suelo como consecuencia del mal uso (Guerra, 2014). Las consecuencias de las prácticas no sostenible del suelo y una deficiente administración de las actividades sobre las tierras dan como resultado la desigualdad en la distribución de la tierra, degradación del suelo, pérdida de cobertura vegetal, biodiversidad y servicios ecosistémicos, además de la expansión agrícola (FAO y MADS, 2018).

Los conflictos de uso del suelo son ocasionados por la presión del ser humano ante la demanda de servicios ambientales, sociales y económicos, para categorizar estos conflictos e identificarlos, es necesario estructurar la información de forma más objetiva, utilizando sistemas de información geográfica (SIG), esta técnica ha sido utilizada en un gran número de estudios como mapas de uso del suelo y cobertura vegetal, riesgos naturales e impactos, entre otros, con la finalidad de establecer estrategias de conservación, para determinar la relación entre el uso actual y potencial del suelo se elabora un mapa cartográfico donde Cartaya et al. (2017) describe las tres categorías de conflictos:

**Adecuado:** Se identifican suelos que se están utilizado de forma correcta, significa que el uso actual es igual a su uso potencial,

**Sub-uso:** Indica que el uso actual es menor al uso potencial, se puede decir que no existe una compatibilidad,

**Sobre-uso:** En esta clasificación el uso actual es mayor al uso potencial, quiere decir que el suelo esta degradado por mal uso del mismo.

#### ***2.1.4. Herramientas SIG para determinar los conflictos de uso del suelo***

Los Sistemas de Información Geográfica son de gran utilidad para manejar diferente información espacial, permitiendo separar en capas las distintas temáticas y almacenarlas independientemente ya que son paquetes diseñados para capturar, analizar y visualizar datos georreferenciados y así lograr que el profesional relacione información de manera rápida y sencilla gracias a su amplio cubrimiento y bajo costo, facilita la generación de mapas, identificación y clasificación de la cobertura vegetal (Seguí et al., 2012), con el fin de resolver problemas con respecto a trabajos de planificación y gestión. Actualmente, las herramientas digitales más usadas son los sistemas de información geográfica (SIG), que es una técnica que constituye una de las fuentes de información más importantes, ya que permite la interpretación del cambio de uso de suelo y la cobertura vegetal, así como también analizar los conflictos de uso del suelo (Condori et al., 2018). El estudio multitemporal permite identificar cambios entre diferentes fechas de referencia, y determina las principales causas y efectos que son inducidos por acciones naturales y antropogénicas, además de la caracterización de las coberturas vegetales (Pineda, 2011).

Para conocer la capacidad del uso de suelo se considera las siguientes variables: erosión (pendiente), suelo (profundidad del suelo, textura, pedregosidad, grado y riesgo de erosión, fertilidad y salinidad), humedad (drenaje), clima (zonas de humedad y de temperatura) con estas variables se puede desarrollar el mapa cartográfico (CLIRSEN y MAGAP, 2011).

#### ***2.1.5. Estrategias de conservación del cambio de uso del suelo***

Palma (2016) menciona que la planificación estratégica es un proceso administrativo que busca el equilibrio entre los objetivos, habilidades y oportunidades, dando como resultado un enfoque estratégico para establecer y elaborar dicha estrategia en el transcurso del tiempo.

Una de las amenazas del sistema ecológico es el cambio de uso del suelo, si estos cambios son frecuentes o muy intensos, el equilibrio se modifica y el suelo



pierde la capacidad de recuperarse y comienza a degradarse, este deterioro acelerado de las características del suelo se manifiesta en una disminución de la productividad agrícola y alteraciones de la biomasa. Ante esta situación es significativo desarrollar estrategias para la conservación (García, 2013).

Por esta razón, la gestión adecuada del uso del suelo llega a ser un factor importante en las actividades agropecuarias y la conservación de la biodiversidad. Un suelo conservado es fundamental para mantener las características físicas, químicas y edafofauna del suelo y así aumentar la capacidad productiva de diversos productos y satisfacer las necesidades de alimentación, biomasa, fibra, forraje y otros productos que ofrecen los servicios ecosistémicos. Para la aplicación de técnicas o prácticas de conservación del suelo se pueden sembrar abonos verdes y orgánicos, construir terrazas, zanjas rectangulares y barreras vivas, emplear prácticas productivo-conservacionistas, cambio a cultivos por adaptabilidad y menor impacto en suelo como labranza mínima, sistemas agroforestales, barreras vivas entre otras (Torres, 2011).

Además, existen varias metodologías para planificar las estrategias de conservación, como son los indicadores ambientales que permiten modelar y simplificar los problemas ambientales y conocer el estado ambiental de nuestro entorno mediante variables fáciles de medir e interrelacionar (Roper, 2020). En la investigación realizada por Fuentes et al. (2017), se incorporaron los indicadores ambientales, mismos que permitieron describir y analizar información significativa del ambiente y la relación con las actividades humanas, logrando automatizar el proceso y evaluación con mayor eficiencia y sirven como guía para el desarrollo de la gestión ambiental.

Una de las metodologías más aceptadas a escala global es el modelo de Presión, Estado y Respuesta (PER) desarrollado por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, siendo herramientas eficaces para el desarrollo sostenible, ya que permite cuantificar, transmitir y simplificar información (OCDE, 1993).

Varios estudios han optado por implementar estos indicadores PER por ser sencilla y de gran utilidad para el análisis de los efectos ambientales y una

valoración del territorio en su estado actual. Vázquez y García (2018) usaron estos indicadores y el modelo de fuerzas conductoras, Presión, Estado, Impacto y Respuesta (FPEIR) para analizar el desarrollo sostenible, disminuyendo el impacto ocasionado por las actividades forestales, agropecuarias y turísticas con el objetivo de conservar los ecosistemas del municipio de Cihuatlán, Jalisco - México.

De igual manera, Salas (2018) determinó la influencia de los indicadores PER para evaluar las actividades, causas y consecuencias que ocasiona la contaminación poblacional y prevenir impactos negativos para el ambiente con un enfoque al desarrollo sostenible en las riberas del río Chillón del distrito Los Olivos en Perú.

## **2.2. Marco legal**

El marco legal o normativa constituye la plataforma jurídica que se convierte en un soporte legal para el desarrollo de este proyecto. En este aspecto se utilizó la Legislación Ecuatoriana relacionada con el tema de estudio que corresponde a la protección de los recursos naturales, en especial de los recursos suelo y vegetación. Además, se siguió la jerarquía de los cuerpos legales vigentes, de acuerdo con el artículo 425 de la Constitución de la República del Ecuador, comprende las siguientes:

### ***2.2.1. Constitución de la República del Ecuador***

Esta investigación se relaciona con la normativa vigente siguiendo la jerarquía de las leyes donde la Constitución del Ecuador (2008) es la máxima autoridad, esta señala en su Capítulo VII, el cual trata de los derechos de la naturaleza, en especial los artículos 71, 72 y 73 donde menciona la importancia de la regulación de los ciclos vitales, y que, el Estado tiene la obligación de garantizar el uso adecuado de bienes y servicios ambientales para la sociedad, donde las comunidades son las principales en beneficiarse.

En los artículos 409 y 410 describen que la capa fértil del suelo, como interés público, debe ser conservada para evitar su degradación, para esto el Estado será de apoyo a los agricultores para sus proyectos agropecuarios y también se encargará

de realizar proyectos enfocados a la recuperación de zonas degradadas y erosionadas. En cuanto a los artículos 262, 263, 264 y 267 es competencia de los gobiernos regionales, provinciales, cantonales, parroquiales el elaborar Planes de Ordenamiento Territorial donde involucren a toda la sociedad en los factores, económicos, social y natural de manera articulada entre todos los niveles jerárquicos.

### ***2.2.2. Tratados Internacionales***

El Convenio sobre la Diversidad Biológica suscrito y ratificado por el Ecuador en 1995 con los Registros Oficiales No. 109 y 146, el cual regula la conservación y utilización sustentable de la biodiversidad y sus componentes, y establece la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos asociados, reconociendo el derecho soberano que ejercen los Estados sobre sus recursos biológicos. Tiene relación con este trabajo investigativo debido a que se involucran varios actores dentro del cantón Cotacachi, áreas de conservación comunitarias, bosques protectores y el Parque Nacional Cotacachi Cayapas (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2011).

### ***2.2.3. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, COOTAD***

De acuerdo con el COOTAD (2010), indica en sus artículos 54 y 55 que los Gobiernos Autónomos Descentralizados, GAD, municipales tienen competencias sobre la planificación, ordenamiento territorial, regular el uso del suelo urbano y rural, haciendo respetar la diversidad, plurinacionalidad y multiculturalidad en cada sitio del territorio que le compete.

En cuanto a los artículos 494 y 497, mencionan que la participación ciudadana en la ejecución de proyectos en relación con el uso del suelo, sean parte de los planes de ordenamiento territorial, esto es fundamental al momento de tomar decisiones en cuanto a la conservación y manejo del recurso suelo.

#### **2.2.4. Código Orgánico Ambiental (COA)**

El Código Orgánico Ambiental (2017), describe en el artículo Art. 49 la prohibición de realizar actividades agropecuarias en las áreas protegidas con recursos forestales, ecosistemas frágiles que son establecidas en los planes de ordenamiento territorial, para conservar la biodiversidad y garantizar la conectividad de los ecosistemas o áreas de interés ecológico, se podrán expropiar las tierras de propiedad pública o privada que se encuentren dentro de las áreas protegidas, de conformidad con la ley de la materia es fundamental conservar las áreas protegidas, ya que representan un patrimonio natural del país. Además, brindan servicios ecosistémicos como la depuración del aire y las fuentes hídricas.

Los artículos 57 y 59 mencionan las áreas protegidas y la regulación de sus actividades, señalando que el uso de los recursos naturales será permitido cuando conste en el plan de ordenamiento territorial, esto con una debida justificación y un adecuado uso de los recursos naturales sin afectar a la naturaleza y su delicado equilibrio ecológico (Código Orgánico del Ambiente, 2017)

#### **2.2.5. Normas de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados**

La presente norma técnica es establecida bajo la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Esta norma tiene como objetivo preservar la calidad del suelo, determinando normas generales para suelos de distintos usos; criterios de calidad y remediación para suelos contaminados (Anexo 2, Libro VI, De la Calidad Ambiental) (Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados, 2003). De acuerdo con la norma se aplica a este trabajo investigativo, ya que uno de los objetivos es proponer estrategias de conservación para áreas degradadas del recurso suelo.

#### **2.2.6. Plan Nacional “Creando Oportunidades” 2021-2025**

El Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 presenta una visión unificada de la calidad de vida de la población ecuatoriana, con enfoque hacia el

desarrollo sostenible, que está estructurado por cinco ejes principales, el cuarto eje se compone de la transición ecológica el cual está relacionado con el presente estudio, ya que se articula con el Objetivo 11, que menciona la necesidad de conservar, restaurar, proteger y realizar un uso sostenible de los recursos naturales, para lograr este objetivo es fundamental la participación de todas las autoridades de interés en conjunto de la sociedad, formando una conciencia ambiental colectiva y solucionar los posibles problemas relacionados con los derechos y conservación de la naturaleza (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

## Capítulo III Metodología

### 3.1. Descripción del área de estudio

El cantón Cotacachi se encuentra ubicado en la provincia de Imbabura, en el norte del Ecuador, su cabecera cantonal es la ciudad de Cotacachi. El área de estudio cuenta con una superficie de 1.861,71 km<sup>2</sup>. Altitudinalmente, se encuentra entre los 4.939 y 1.600 msnm, lo conforman 11 parroquias, 2 parroquias urbanas que son El Sagrario y San Francisco y 9 rurales: Peñaherrera, Vacas Galindo, Cuellaje, Apuela, Imantag, Plaza Gutiérrez, Quiroga, Las Golondrinas y García Moreno (PDOT Cotacachi, 2015).

Los límites políticos administrativos son: al norte el cantón Urcuquí y provincia del Carchi, al sur se encuentra el cantón de Otavalo y provincia de Pichincha, al este con el cantón Urcuquí y Antonio Ante y al oeste: la zona las Golondrinas y provincia de Esmeraldas, (Figura 1) (PDOT Cotacachi, 2011).

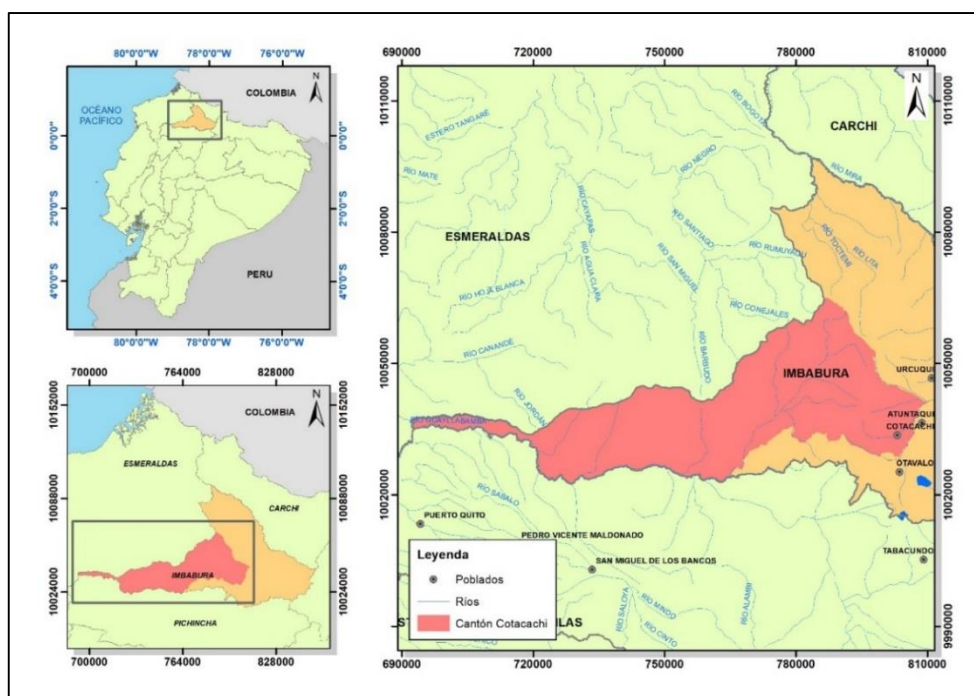


Figura 1. Ubicación del área de estudio

### 3.1.1. Áreas naturales protegidas del cantón Cotacachi

En el cantón Cotacachi se encuentran remanentes de bosque en el valle del río Intag y la cordillera de Toisán, localizados al sur del Parque Nacional Cotacachi-Cayapas, considerados de gran importancia debido a su exuberante flora y fauna, razón por la cual las áreas naturales protegidas pretenden proteger y conservar estos recursos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Clasificación de las áreas naturales del cantón Cotacachi

Nombre del área	Ubicación	Extensión aproximada (ha)
Parque Nacional Cotacachi Cayapas	Imbabura y Esmeraldas	243.638
Reserva Alto Chocó	Santa Rosa de Plaza Gutiérrez	2.500
Reserva de Bosques Nublados Intag	La Delicia	120
Reserva Privada La Florida	Comunidad Santa Rosa- sector la Florida	350
Los bosques comunitarios de Junín y el Bosque Protector El Chontal	Junín y El Chontal	6.986
Bosque protector Siempre Verde	Santa Rosa de Plaza Gutiérrez	180.03
Toisán Reserva municipal	Aguagrún, Chalguayacu, Chontal, Magdalena, Manduriyacu Grande, San Pedro	8.000
Bosque protector los Cedros	Manduriacos, parroquia García Moreno.	6.400
Bosque protector Cebú	Naranjal, Mandariyacu Grande	2.216

**Fuente:** BirdLife International (2021). *Important Bird Areas factsheet: Intag-Toisán.*

### 3.1.2. Clima

Las condiciones climáticas y topográficas permiten diferenciar dos zonas: la Andina y la Subtropical, razón por la cual hacen que el cantón presente varios pisos climáticos como: el Ecuatorial Mesotérmico Semi Húmedo, Ecuatorial de Alta Montaña, Megatérmico Lluvioso y Tropical Megatérmico Húmedo. La temperatura en la zona Andina se encuentra entre 15 y 20 °C y para la zona subtropical entre 25 y 30 °C. El promedio de precipitación en la zona Andina se encuentra en el rango de 500 y 1000 mm/año y en la zona de Intag alrededor de 3000 mm/año (PDOT Cotacachi, 2015).

### ***3.1.3. Tipos de relieve***

La provincia de Imbabura fue declarada por la UNESCO en 2019 Geoparque debido a la diversidad geográfica que ha sido de interés para la conservación, protección y educación por ser un patrimonio geológico (Jácome et al., 2020). En el caso del territorio del cantón Cotacachi existen relieves variados, como mesetas, las cordilleras de Toisán y Lachas, valles, colinas y llanuras con altitudes que varían desde los 500 hasta 4.939 msnm y pendientes irregulares fuertes mayores al 40% (PDOT Cotacachi, 2015). La geoforma más representativa es el complejo volcánico Cotacachi – Cuicocha, que posee cuatro domos Cuicocha, Muyurcu, Loma Negra y Peribuela y una caldera volcánica constituida por la laguna de Cuicocha (Jácome et al., 2020).

Dentro del cantón se determinan ocho rangos de pendientes que son: plana, y representa el 3% del territorio cantonal con mayor presencia se encuentra en la zona de las Golondrinas, parte de Imantag, Sagrario, San Francisco y en las partes bajas de Quiroga, las pendientes suave cubre el 8,65% del área, irregular media comprende 20,17%, media a fuerte cubre el 25,53%, las pendientes fuertes son las que más predominan en el cantón ya que se distribuyen en el 32,28%, muy fuerte con una superficie de 8,33%, escarpadas que cubren el 1,77% y finalmente muy escarpada representando el 0,26% del territorio cantonal, como se puede observar en la figura 2 estos últimos rangos se localizan en la zona de Intag. Además, el cantón posee un abundante recurso hídrico conformado por las cuencas de los ríos Ambi, Intag y Guayllabamba, las vertientes que existen en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas y el sistema lacustre de Piñán (Figura 2) (PDOT Cotacachi, 2015).



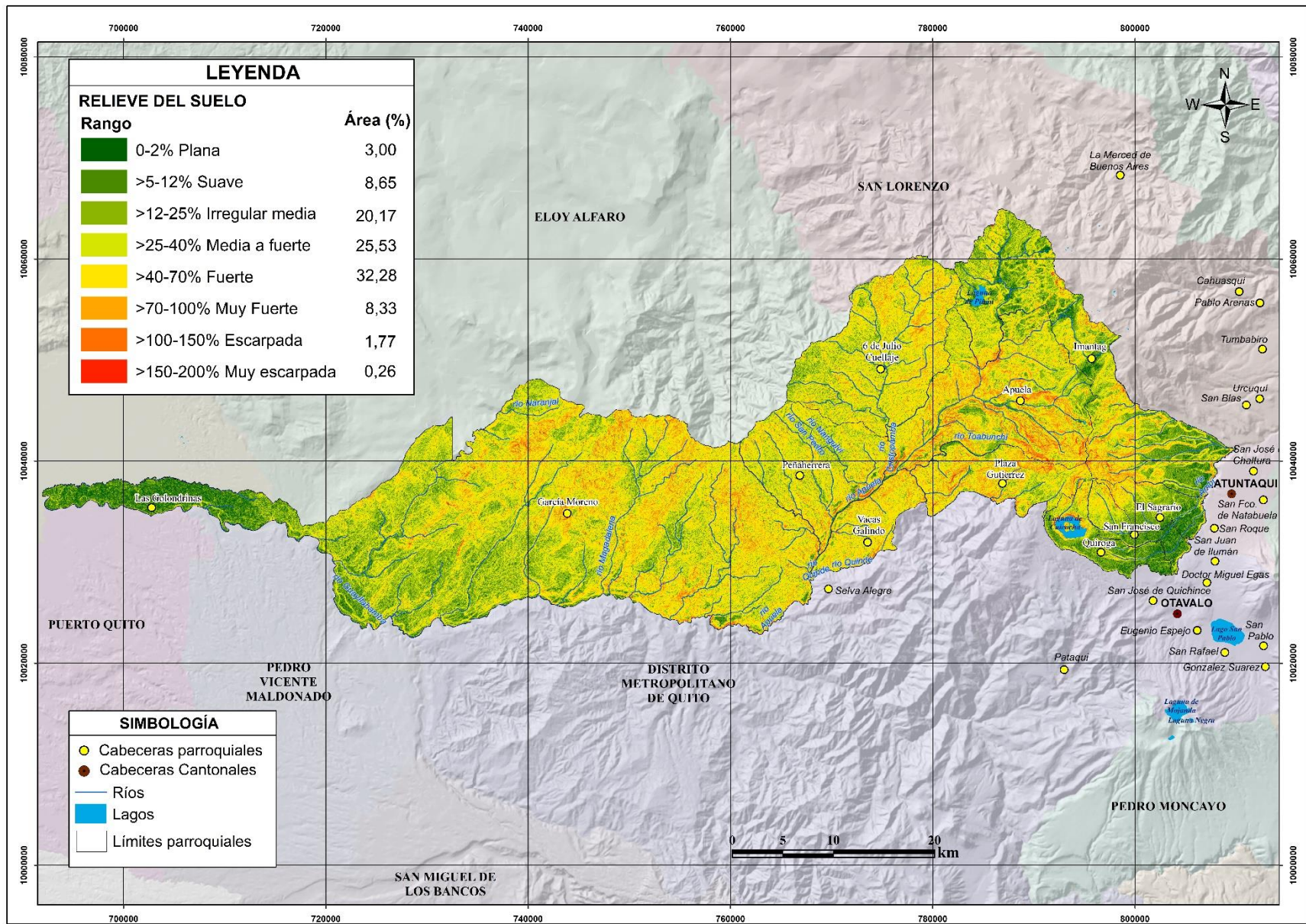


Figura 2. Pendientes del cantón Cotacachi

### **3.1.4. Componente sociocultural**

La etnia indígena representa el 40,5%, la mestiza 53,5% y el 2,5% de la población se identifica como blanca, el 1,49% constituye otros grupos étnicos (afroecuatoriana, montubios y mulatos) mismos que coexisten dentro del cantón, preservando las costumbres y tradiciones ancestrales. La mayor parte de los habitantes se dedican a la producción agropecuaria, pecuaria, silvicultura, manufacturera, artesanal y el turismo. La población de Santa Ana de Cotacachi, de acuerdo con el censo (2010) tiene un total de 40.036 habitantes y su población proyectada para el año 2020 es de alrededor de 44.203 (INEC, 2010).

## **3.2. Métodos**

En este apartado se describe las fases metodológicas del estudio para alcanzar los objetivos planteados.

### **3.2.1. Identificación de los cambios de uso del suelo ocurridos entre los años 1990 y 2014**

Se utilizó información de uso del suelo del año 1990 en coordenadas UTM Datum WGS 84 17S en formato “*Shapefile*”, a escala 1:100.000 del portal web Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador (ex MAE) en la subdivisión del sistema único de información ambiental (SUIA). Este “*Shapefile*” presenta dos niveles en cuanto a la cobertura y uso de la tierra, se empleó el nivel 2 con 16 clases que fueron acordadas por varias entidades gubernamentales como: el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (ex MAE), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), Instituto Espacial Ecuatoriano (ex IEE) (Gonzales, 2020).

Para el mapa de uso del suelo del año 2014 se obtuvo información del Geoportal del ex Instituto Espacial Ecuatoriano elaborado por la Coordinación General de Sistema de Información Nacional (MAGAP) y Subsecretaría de Patrimonio Natural (MAE), en formato “*Shapefile*” vector polígono, a escala 1:100.000, con sistema de proyección: WGS84 17S, el mismo que fue elaborado con imágenes satelitales “*LandSat*” 8 e Imágenes Satelitales “*RapidEye*”.

Se realizó la delimitación de la aptitud física del cantón Cotacachi con la herramienta “*Clip*” a través del software ArcMap 10.8 y se identificó 16 categorías de uso del suelo en el año 1990 y 14 categorías en el año 2014 (Tabla 2):

**Tabla 2.** Categorías de uso del suelo cantón Cotacachi año 1990 y 2014

Número	Año 1990	Año 2014
1	Área poblada	Área poblada
2	Bosque nativo	Bosque nativo
3	Área sin cobertura vegetal	Área sin cobertura vegetal
4	Cultivo anual	Cultivo anual
5	Cultivo permanente	Cultivo permanente
6	Cultivo semipermanente	Cultivo semipermanente
7	Espejos de agua natural	Espejos de agua natural
8	Glaciar	Infraestructura
9	Infraestructura	Mosaico agropecuario
10	Mosaico agropecuario	Páramo
11	Páramo	Pastizal
12	Pastizal	Plantación forestal
13	Plantación forestal	Vegetación arbustiva
14	Vegetación arbustiva	Vegetación herbácea
15	Vegetación herbácea	
16	Sin información	

Finalmente, se elaboró los mapas temáticos de las categorías de uso del suelo de los años 1990 y 2014 a escala 1:5000 a través del software ArcMap 10.8 (Figura 4 y 5) respectivamente y para determinar las tasas de variación de uso del suelo entre los años 1990 y 2014 se realizó la matriz de transición propuesta por Pontius, Shusas, y Meachern, (2004) y Camacho, Pérez, Pineda, Cadena, Bravo y Sánchez (2015), para lo cual se ingresó los polígonos de los dos años en el software ArcMap 10.8, a cada categoría de uso del suelo se asignó un diferente valor numérico, en cuanto al año de 1990 la categoría 1 (Área poblada) se colocó el valor de 1, categoría 2 (Área sin cobertura vegetal) el valor de 2 y sucesivamente, y para el año 2014, se asignó a la categoría 1 el valor de 10, categoría 2 el valor de 20, categoría n.... valor (n) y categoría 16 el valor de 160, se utilizó la herramienta “*Intersect*” para sobreponer los valores de estos dos años, se agregó un nuevo campo en la tabla de atributos y se realizó la suma de estos dos valores asignados con la herramienta “*Raster calculator*” para posteriormente procesar los datos en

el software microsoft Excel, en donde la diagonal de la matriz indica el valor estable entre los dos años, es decir no existe cambios en el uso del suelo mientras que fuera de la diagonal se identifican los cambios entre cada categoría. Por último, se calculó el aumento, disminución y el cambio neto del uso del suelo. Para obtener el aumento de la cobertura de uso del suelo se restó el valor total de los datos del “tiempo 2” con el valor estable de cada categoría, y de igual manera para obtener la disminución del área se restó el valor total de los datos del “tiempo 1” con el valor estable de cada categoría y para identificar el cambio neto se realizó la resta del aumento y disminución total de la superficie como se observa en la Tabla 3 (Camacho et al., 2015).

**Tabla 3.** Matriz transicional de cambios

		Año 2014 (Tiempo 2)					Total tiempo 1	Disminución
Año 1990		Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría n	Categoría 16		
(Tiempo 1)		1	2	3	n	16		
Categoría 1	10	P11	P12	P13	Pn	P16	P1+	P1+ - P11
Categoría 2	20	P21	P22	P23	Pn	P26	P2+	P2+ - P22
Categoría 3	30	P31	P32	P33	Pn	P36	P3+	P3+ - P33
Categoría n	n	Pn	Pn	Pn	Pn	Pn	Pn+	Pn+ - Pn
Categoría 16	160	P41	P42	P43	Pn	P46	P16+	P16+ - P46
Total tiempo 2		P+1	P+2	P+3	P+n	P+16		
Aumento		P+1 - P11	P+2 - P22	P+3 - P33	P+n - Pn	P+16 - P46		

Nota: Estructura de la matriz de cambios propuesta por Pontius et al. (2004). *Detecting important categorical land changes while accounting for persistence*. 252.

### 3.2.2. Análisis del uso potencial y los conflictos de uso del suelo en el cantón

Para cumplir con el segundo objetivo se consideraron algunas variables para el análisis de la capacidad de uso del suelo en el cantón de Cotacachi:

Para determinar el uso potencial del suelo se identificó las clases agrológicas de acuerdo con los siguientes parámetros: pendiente, erosión, profundidad del

suelo, pedregosidad, drenaje, textura, materia orgánica, pH, grado de saturación en bases, salinidad y humedad del suelo. Para obtener las pendientes del cantón Cotacachi se generó las curvas de nivel con un intervalo de 20 metros mediante el software “*Global mapper*”, se procesó en formato “*Shapefile*” y con las curvas generadas se creó el DEM de 20 m en el software ArcMap con la herramienta “*Tin*”. Por último, se utilizó la herramienta “*Slope*” generando las respectivas pendientes. Se reclasificó los valores de las pendientes en 8 clases: Pendientes planas, suaves, irregular media, media fuerte, fuerte, muy fuerte, escarpadas y muy escarpadas.

Para cuantificar la erosión del suelo se usó el modelo matemático RUSLE (Ecuación Revisada Universal de Pérdida de Suelo) donde se evaluó factores que afectan a la pérdida de suelo (Renard et al.,1991). La ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

**A:** Promedio anual de pérdida de suelo por unidad de superficie, se obtiene al relacionar los resultados del resto de factores (t/ha/año)

**R:** Factor erosividad de precipitaciones (MJ·mm/ha·h)

**K:** Factor erodabilidad del suelo (t·ha·h/ha·MJ·mm)

**L:** Factor de longitud

**S:** Gradiente de la pendiente (adimensional)

**C:** Factor de cobertura vegetal o uso potencial del suelo (adimensional)

**P:** Prácticas que se realizan en el suelo con la finalidad de disminuir la erosión

Factor erosividad de precipitaciones (R), Almoza et al. (2008), menciona que para calcular el factor R es necesario tener una base de datos pluviográficos y pluviométricos en un tiempo mayor a los 10 años. Para este estudio se utilizó registros mensuales de precipitación media anual de los años 1990 hasta 2014 provenientes de los anuarios meteorológicos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

Para ello se seleccionó once estaciones meteorológicas que se ubican alrededor y dentro del cantón Cotacachi, para cada estación se calculó el promedio de los datos de precipitación media mensual y media anual (Tabla 4).

**Tabla 4.** Estaciones meteorológicas

Código	Estación	Coordenada X	Coordenada Y	Altitud
M0001	Ingincho	789081	10028216	3140
M0021	Atuntaqui	808388	10038764	2200
M0105	Otavalo	805884	10026560	2550
M0444	Teaone Tabiazo	645119	10091211	100
M0301	FF CC Carchi	818527	10066957	1280
M0312	Pablo Arenas	812250	10055211	2340
M0318	Apuela-Intag	776517	10038908	1620
M0325	García Moreno	763866	10025599	1950
M0326	Selva Alegre-Imbabura	769465	10026891	1800
M0337	San José de Minas	789949	10018320	2440
M0317	Cotacachi-Hda Esthercita	803809	10033383	2410

Posteriormente se calculó el índice modificado de Fournier. Fournier (1960) con la siguiente ecuación:

$$R = \sum_{i=1}^{12} pi^2 / P$$

Donde:

**R:** Erosividad de las lluvias

**$pi^2$ :** Precipitación promedio mensual

**P:** Precipitación anual

Por último, para obtener el factor R se interpoló los datos utilizando la herramienta “*Spline*” en el software ArcMap 10.8.

Factor erodabilidad del suelo (K), indica la susceptibilidad o resistencia del suelo a erosionarse. Para determinar el factor K se aplicó la cartografía sobre textura del suelo en el cantón, obtenida del ex Instituto Espacial Ecuatoriano, y de acuerdo con las clases de textura se asignó el método propuesto por Kirkby y Morgan (1980) que están relacionados con los valores de contenido de materia orgánica mayores al 4% (Tabla 5).

**Tabla 5.** Valores del factor K asociados a la textura y contenido de materia orgánica

Textura del suelo	< 0.5%	2%	>4%
Arena	0.007	0.004	0.003
Arena fina	0.0021	0.018	0.013
Arena muy fina	0.055	0.047	0.037
Arena franca	0.016	0.013	0.011
Arena fina franca	0.032	0.026	0.021
Arena muy fina franca	0.058	0.050	0.040
Franco arenoso	0.036	0.032	0.025
Franco arenoso fino	0.046	0.040	0.032
Franco arenoso muy fino	0.062	0.054	0.043
Franco (grada)	0.050	0.045	0.038
Limo franco	0.063	0.055	0.043
Limo	0.079	0.068	0.055
Franco arenoarcilloso	0.036	0.033	0.028
Franco arcilloso	0.037	0.033	0.028
Franco arcillolimoso	0.049	0.042	0.034
Arcilla arenosa	0.018	0.017	0.016
Arcilla limosa	0.033	0.030	0.025
Arcilla	<b>0.017</b>	<b>0.038</b>	-----

Nota: Kirkby y Morgan (1980). *Erosion del suelo*.

Factor de longitud (L) expresa la longitud que tiene la pendiente, es decir, la distancia del punto de origen de esorrentía hasta donde decrece y ocurre una sedimentación, o donde hay un flujo de salida (López et al., 2012). Para calcular el factor L se usó la herramienta “*Raster calculator*” mediante la siguiente ecuación:

$$L = \left( \frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad F = \frac{\sin \beta / 0.0896}{3(\sin \beta)^{0.8} + 0,56} \quad m = \frac{F}{(1 + F)}$$

Donde:

$\lambda$ : Longitud de la pendiente

$m$ : Exponente de la longitud de la pendiente

$\beta$ : Pendiente a nivel de pixel (expresado en radianes)

Para calcular el valor (A) se obtuvo el Modelo Digital de Elevación con resolución de 12.5 m del geoportal de “*Alaska Satellite Facility Distributed Active*

Archive Center” (ASF DAAC) (<https://asf.alaska.edu/>) y para eliminar las imperfecciones del DEM se utilizó la herramienta “Fill” del software ArcMap 10.8. Además, se aplicó las herramientas “Flow direction” y “Flow accumulation” con el fin de obtener el valor de la acumulación del flujo de una red hídrica.

$$L_{(i,j)} = \frac{(A_{(i,j)} + D^2)^{m+1} - A_{(i,j)}^{m+1}}{x^m * D^{m+2} * (22,13)^m}$$

$A_{(i,j)}$ : La acumulación del flujo a nivel de pixel

$D$ : Tamaño del píxel

$X$ : Coeficiente de forma

Factor de gradiente de pendiente (S), representa el grado de inclinación del terreno (Perales, 2019).

$$S_{(i,j)} \begin{cases} 10.8 \sin \beta_{(i,j)} + 0.03 & \tan \beta_{(i,j)} < 0.09 \\ 16.8 \sin -0.5 & \tan \beta_{(i,j)} \geq 0.09 \end{cases}$$

El ángulo de la pendiente tiene un condicional donde la tangente de  $\beta$  es menor al 0.09 se calcula con la primera fórmula:  $S = 10.8 \sin \beta_{(i,j)} + 0.03$ , caso contrario se calcula con la segunda fórmula ( $16.8 \sin - 0.5$ ). Al aplicar esta fórmula en la herramienta “Raster calculator” del software ArcMap 10.8 se considera que la variable Beta ( $\beta$ ) está en grados sexagesimales y para multiplicar con los demás exponentes se transforma el ángulo en radianes (un grado sexagesimal = 0.01745 rad) (Barrios y Quiñonez, 2000).

El factor de cobertura vegetal (C) se relaciona con la pérdida de suelo en un terreno con cultivos (Morgan, 1997). Para determinar este factor, se asignaron los valores entre cero y uno, estimados por Wischmeier y Smith (1978) a las coberturas de uso del suelo del año 2014 obtenidos en la aptitud física del cantón Cotacachi (Tabla 6).



**Tabla 6.** Factor C, según la cobertura de uso del suelo en el área de estudio

<b>Cobertura vegetal 2014</b>	<b>Factor C</b>
Bosque nativo	0.1
Plantación forestal	0.2
Cultivo anual	0.4
Cultivo permanente	0.4
Cultivo semi permanente	0.4
Mosaico agropecuario	0.4
Pastizal	0.3
Vegetación arbustiva	0.5
Vegetación herbácea	0.6
Páramo	0.3
Área poblada	1
Infraestructura	1
Área sin cobertura vegetal	1

Para clasificar los rangos obtenidos de erosión del suelo del cantón Cotacachi usados en el método RUSLE se empleó la (tabla 7).

**Tabla 7.** Rangos de la erosión

<b>Erosión</b>	<b>Rango (t/ha/año)</b>
Bajo	0-10
Ligero	10-50
Fuerte	50-200
Severa	>200

Nota: Castro (2013). *Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica*, p 14.

Para las otras variables que determinaron la capacidad de uso del suelo se obtuvieron los “*Shapefiles*” disponibles en el geoportal del IGM (2014) donde se analizó en función de los datos del mapa de geopedología del ex Instituto Espacial Ecuatoriano, para finalmente realizar el “*Intersect*” de todos los resultados y categorizar los valores con base en los parámetros del método diseñado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), este método es utilizado en todo el mundo por ser fácilmente comprensible y práctico en especificar las clases agrológicas que definen la productividad y limitaciones para el uso agrícola (Antón, 2010). El modelo fue modificado por CLIRSEN y MAGAP (2011) de acuerdo con las condiciones propias de las zonas sujetas a estudio (Tabla 8).

Álvarez y Mora (2017) adaptaron esta metodología y mencionan que permite planificar actividades productivas con base en el uso correcto del suelo y la capacidad de las tierras. Antón (2010) recomienda la aplicación del modelo USDA, ya que permite ciertas modificaciones en las variables y parámetros que presenta el área de estudio, en caso de no disponer con todos los requerimientos del modelo original del Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Merlo et al. (2010) han adaptado esta metodología en la provincia del Guayas de acuerdo con la realidad de la zona, clasificando el territorio en zonas agrológicas para lograr un manejo sostenible y adecuado del suelo.

Para la realización del mapa temático se seleccionó las variables climáticas, edáficas y geomorfológicas que se acoplan a la realidad del territorio y en la determinación de las categorías de uso de la tierra de acuerdo a su capacidad, además son influyentes para el manejo productivo agrícola, ganadero y forestales, estos parámetros fueron utilizados para clasificar el territorio de acuerdo a su potencialidad, la variable pendiente y erosión del suelo fueron consideradas como un factor determinante por tener gran influencia en las actividades agropecuarias y ejerce presión sobre las condiciones del suelo (CLIRSEN y MAGAP, 2011). Por lo que estas variables ayudaron a determinar las estrategias de conservación del suelo. Se consideraron los parámetros que se detallan en la siguiente Tabla 8.

**Tabla 8.** Capacidad de uso del suelo

CLASES AGROLÓGICAS								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Pendiente (%) Clases FAO, 1990	Hasta suavemente inclinado. ≤ 6 Clases 1 y 2	Hasta suavemente inclinado. ≤ 6 Clases 1 y 2	Hasta inclinado ≤ 13 Clase 3	Hasta moderada. Escarpado ≤ 25 Clase 3	Hasta suave ≤ 6	Hasta escarpado ≤ 55 Clase 5	Hasta muy escarpado ≤ 80 Clase 6	Hasta muy escarpado. > 80 Clase 6
Profundidad útil (cm)	Profundo ≥ 90	Hasta moderado ≥ 60	Hasta limitado ≥ 40	Hasta escaso ≥ 20	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
Pedregosidad (%) Clases FAO, 1990	Hasta pedregoso. ≤ 30 Clases 0,1 y 2	Hasta muy pedregoso. ≤ 15 Clase 3	Hasta muy pedregoso. ≤ 15 Clase 3	Hasta excesivo ≤ 15 Clase 4	Abundantes típico	Hasta excesivo ≤ 90 Clase 4	Hasta excesivo ≤ 90 Clase 4	Cualquiera > 90 Clase 5
Drenaje Clases FAO, 1990	Bueno o moderado Clases 3 y 4	Algo excesivo Clase 5	Imperfecto o excesivo Clases 2 y 6	Escaso o muy escaso Clase 0 y 1	Muy escaso	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
Textura	Equilibrada fr, fr li	Algo desequilibrada: fr, arc, fr, are, li, arc, are, fr, arc are, fr arc li	Hasta desequilibrada: are, are fr	Hasta desequilibrada: arc, arc li	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
Materia Orgánica %	Hasta abundante ≥ 3	Hasta moderada 2-1	Hasta poca > 0,5	Hasta escasa < 0,5	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
pH	Favorable 6,5-7,5	Hasta desfavorable 5,6,-6,5 y 7,6-8,1	Hasta muy desfavorable. 5,0-5 y 8,2-8,3	Hasta muy desfavorable. 4,5-4,9 y 8,4-8,6	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
Grado de saturación en bases %	Saturado > 75	Saturado > 50	Desaturado > 15	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera

Salinidad (dSm-1)	Nula/ligera $\leq 3$	Hasta débil $\leq 5$	Hasta moderada $\leq 8$	Hasta severa $\leq 16$	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
Meses secos	Hasta pocos $\leq 3$	Hasta moderados $\leq 5$	Hasta abundantes $\leq 7$	Hasta muy abundante. $\leq 9$	Árido típico	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
Erosión	Nula ligera $\leq 10$	Hasta moderados $\leq 20$	Hasta alta $\leq 80$	Hasta muy alta $\leq 160$	Hasta ligera $\leq 10$	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera

Nota: La clase V es un caso especial, se trata de suelos de relieve llano que no se pueden cultivar por presentar un encharcamiento permanente o por fragmentos gruesos. Guía para la descripción de perfiles del suelo Clases FAO, 1990. Abreviaturas. Fr= franca, fr li= franco limoso, fr arc= franco arcilloso, fr are= franco arenoso, fr arc are= franco arcillo arenoso, fr arc li= franco arcillo limosa, li= limosa, are= arenosa, are fr= arenosa franca, arc= arcillosa, arc li= arcillo limosa (CLIRSEN y MAGAP, 2011).

Posteriormente, se estableció el uso potencial del suelo de acuerdo con cada categoría de las clases agrológicas, donde se determinó las potencialidades y limitaciones que tiene el recurso suelo para desarrollar actividades agropecuarias, forestales, pecuarias y de conservación (Tabla 9).

**Tabla 9.** Uso potencial del suelo

Categoría agrológica	Uso potencial del suelo
I	Cultivo sin limitaciones de uso
II	Cultivos con ligeras limitaciones de uso
III	Cultivos con moderadas limitaciones de uso
IV	Cultivos con serias limitaciones de uso
V	Pastoreo y/o forestación sin limitaciones
VI	Pastoreo y forestación susceptibles a erosiones
VII	Forestación
VIII	Vegetación arbustiva y/o arbórea con fines de protección

Nota: (CLIRSEN y MAGAP, 2011) y (López et al., 2004)

La determinación de conflictos de uso de suelo constituye un insumo para tomar medidas que conduzcan a la recuperación, conservación y protección para garantizar de manera sostenible la disponibilidad de los recursos (Salas y Valenzuela, 2011). Para realizar el mapa de conflictos de uso de suelo se intersectó los “*Shapefiles*” del uso potencial con el uso actual del suelo y se aplicó criterios basados en tres categorías de conflictos, en el cual existió incompatibilidad y concordancia del aprovechamiento del suelo (Cantaya et al., 2017). Para determinar los conflictos se utilizó una matriz bidimensional de decisión (Tabla 10).

**Tabla 10.** Matriz de decisión de conflictos

Uso del suelo	Capacidad de uso del suelo							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Bosque Nativo	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc
Plantación forestal	Sub	Sub	Sub	Sc	Sc	Sc	Sobre b	Sobre m
Cultivo anual	Sc	Sc	Sc	Sobre b	Sobre b	Sobre m	Sobre a	Sobre a
Cultivo permanente	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc	Sobre m	Sobre a
Cultivo semipermanente	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc	Sobre b	Sobre m	Sobre a
Mosaico agropecuario	Sc	Sc	Sc	Sobre b	Sc	Sobre b	Sobre m	Sobre a

Pastizal	Sub	Sub	Sub	Sc	Sc	Sobre m	Sobre a	Sobre a
Vegetación arbustiva	Sub	Sub	Sub	Sub	Sub	Sub	Sc	Sc
Vegetación Herbácea	Sub	Sub	Sub	Sub	Sc	Sobre b	Sobre m	Sobre a
Páramo	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc
Área sin cobertura vegetal	Sc	Sc	Sc	Sc	Sobre b	Sobre m	Sobre a	Sobre a
Área poblada	Sub	Sub	Sub	Sub	Sc	Sc	Sc	Sc

Nota: **Sc**= Sin conflicto, **Sub**=Subutilización, **Sobre a**= Sobreutilización alta intensidad, **Sobre b**= Sobreutilización baja intensidad, **Sobre m**= Sobreutilización mediana intensidad (CLIRSEN y MAGAP, 2011).

Las categorías de la matriz bidimensional de decisión permitieron identificar los conflictos de uso que se describen a continuación (CLIRSEN y MAGAP, 2011).

**Uso adecuado o sin conflicto.** Se identifican tierras que se están utilizando de forma correcta, significa que el uso actual es igual a su uso potencial.

**Conflicto por sobreutilización.** En esta clasificación el uso actual es mayor al uso potencial, quiere decir que el suelo está degradado por mal uso del mismo. Se identifican tres niveles de sobreutilización: Alta, media y baja.

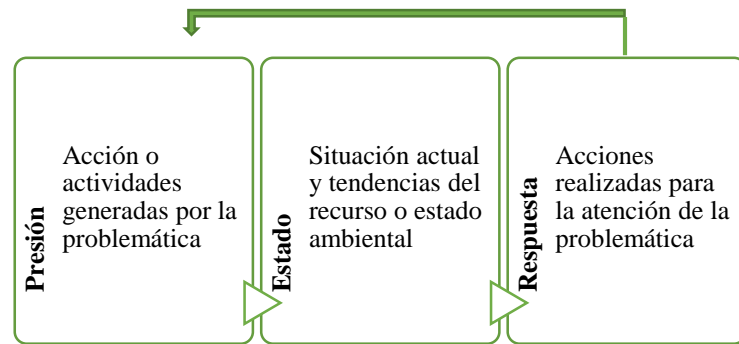
**Conflicto por subutilización.** Indica que el uso actual es menor al uso potencial, se puede decir que no existe una compatibilidad.

Por último, se realizó una matriz de transición de conflictos para comparar las superficies en cuanto al aumento y disminución de cada categoría.

### 3.2.3. Estrategias de conservación para las zonas con conflicto de uso del suelo

Para la elaboración de estrategias de conservación se utilizó la metodología PER (Precisión, Estado, Respuesta) propuesta por “*Environment Canada*” y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1993) la cual facilita la comparación cuantitativa y cualitativa de los problemas de ámbito

económico, ambiental y social. La metodología PER relaciona las causas del deterioro ambiental con las actividades humanas y cómo afecta y ejerce presión sobre los recursos naturales (Estado). Para contrarrestar estos cambios en el ambiente se consideran políticas ambientales (Respuesta) (Figura 3) (OCDE, 1993).



**Figura 3.** Esquema PER

**Fuente:** (OCDE, 1993).

- Indicadores de Presión

Hace referencia a las presiones que ejercen las actividades humanas sobre el ambiente y los recursos naturales que posee (Pandía, 2015). El principal problema de este estudio es el cambio de uso del suelo a causa del crecimiento poblacional, la expansión de la frontera agrícola y la fuerte erosión del suelo, causando conflictos de uso de la tierra. Además, de una deficiente aplicación de las leyes de ordenamiento territorial municipal.

- Indicadores de Estado

Este indicador está diseñado para mostrar información sobre el estado ambiental a lo largo del tiempo y como se encuentran los recursos naturales en cuanto a la calidad y cantidad (Almada y Valencia, 2017). Para conocer el estado en el que se encuentra el cantón Cotacachi se generó los mapas temáticos de las coberturas de uso de suelo, el uso potencial y los conflictos de uso del suelo de los años 1990 y 2014.

- Indicadores de Respuesta

Muestra los resultados orientados a la mitigación, control y reducción de la degradación ambiental y los recursos naturales, es decir, son acciones dirigidas a los indicadores de presión y estado (Pandía, 2015), para contrarrestar la presión y estado en el que se encuentra el cantón Cotacachi se planificó estrategias de conservación para las zonas con mayor conflicto de uso del suelo, para mejorar el bienestar de la población.

La primera estrategia se orientó a la recuperación de la cobertura vegetal y el desarrollo económico local, dirigidos en la implementación y fortalecimiento del ecoturismo comunitario en bosque nativo de sustento, con la finalidad de recuperar y conservar los bosques nativos y generar ingresos, y se planteó técnicas de control de la erosión del suelo, y para la segunda estrategia se enfocó al sistema social promoviendo las técnicas para un manejo adecuado del suelo y la concienciación ambiental.

### **3.3. Materiales y equipos**

Los materiales y equipos que se utilizarán en este trabajo de investigación son los siguientes:

Se elaboró los mapas temáticos con sistema de coordenadas UTM, WGS 84, Z17S en formato “*Shapefile*” mediante el software ArcGIS 10.8 utilizando los materiales cartográficos del Ecuador, cartas topográficas de la provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, cartografía temática urbana y rural del cantón obtenidos del portal web del Instituto Geográfico Militar (2020) a escala 1:50 000.

Además, se usó la cobertura de uso del suelo del año 1990 del geoportal del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador (ex MAE) y la cobertura de uso del suelo del año 2014 obtenida del Geoportal del ex Instituto Espacial Ecuatoriano a escala 1:100.000. Además, se empleó la cartografía de Geopedología 2014 obtenida del Instituto Geográfico Militar a escala 1:25 000. Para el presente estudio se empleó los siguientes materiales y equipos, los cuales



facilitaron el procesamiento de datos en la fase de laboratorio y de campo (Tabla 11).

**Tabla 11.** Materiales equipos y software

<b>Oficina</b>	<b>Campo</b>
- Computador portátil	- Cámara digital
- Material de oficina	- GPS (Global Positioning System)
- Software ArcMap 10.8	- Transporte y alimentación
- Software Global Mapper	

## Capítulo IV

### Resultados y Discusión

En el presente apartado se detallan y se explican los resultados logrados durante la investigación.

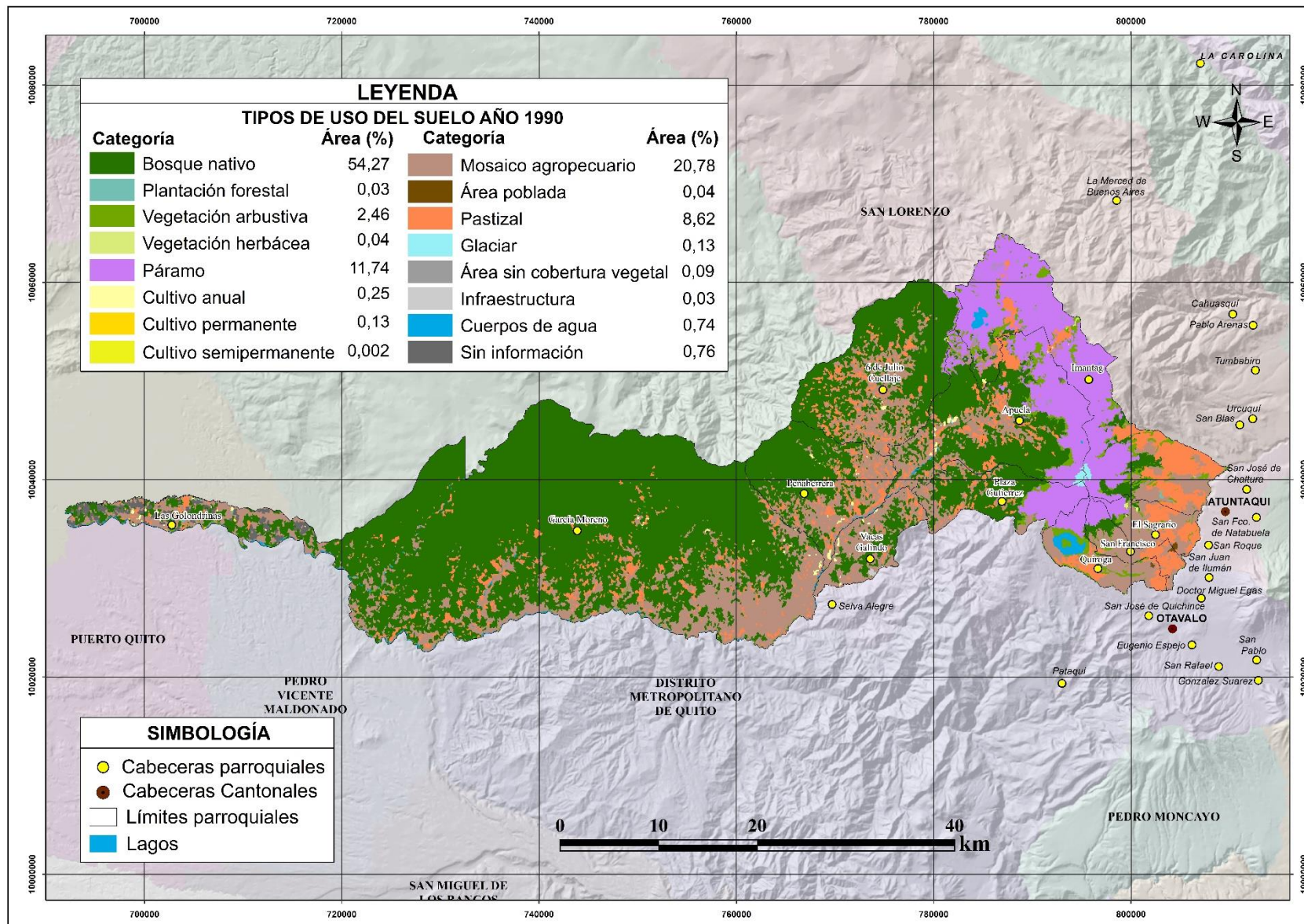
#### **4.1. Identificación de los cambios de uso del suelo ocurridos entre los años 1990 y 2014**

A continuación, se presenta los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal en la aptitud física del cantón Cotacachi entre los años 1990 y 2014, a través del uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

##### ***4.1.1. Uso del suelo de los años 1990 y 2014***

El cantón Cotacachi presenta una extensión total de 186.170,53 hectáreas, las categorías de uso del suelo identificadas en el periodo 1990 y 2014 fueron las siguientes: Área poblada, área sin cobertura vegetal, bosque nativo, cultivo anual, cultivo permanente, cultivo semi permanente, espejos de agua natural, glaciar, infraestructura, mosaico agropecuario, páramo, pastizal, plantación forestal, vegetación arbustiva, vegetación herbácea y áreas sin información.

Para el año 1990, la cobertura vegetal más predominante en la aptitud física del cantón Cotacachi es el bosque nativo que posee un área de 101.042,30 hectáreas, la cual equivale al 54,27%, la mayor parte se encuentra en la zona de Intag en las parroquias de García Moreno, Peñaherrera y Cuellaje donde se localiza la Reserva Municipal Toisán con una extensión de 18.000 hectáreas, esta reserva fue creada con el objetivo de proteger los bosques y para el uso potencial turístico (PDOT Peñaherrera, 2015). El mosaico agropecuario posee un área de 38.686,60 hectáreas equivalente al 20,780% distribuidas en sectores de la zona de Intag y la parte rural de Imantag, Quiroga, Sagrario y San Francisco. El páramo con un área de 21.855,70 hectáreas que corresponde al 11,740% en la parte Andina, siendo la parroquia de Imantag la que más posee esta cobertura y finalmente el pastizal con un área de 16.038,78 hectáreas, equivalente al 8,62%. El siguiente mapa muestra las diferentes coberturas vegetales, donde se relacionan una gran variedad de aspectos naturales y antrópicos (Figura 4).



**Figura 4.** Uso del suelo del cantón Cotacachi año 1990

Para el año 2014, la superficie más representativa, a pesar de las actividades antrópicas que se generan cerca o que se pretenden realizar, es el bosque nativo, con una extensión de 82.217,27 hectáreas, que equivale al 44,162% del total de la superficie cantonal, encontrándose en su mayoría en la parroquia de García Moreno. Según el PDOT de García Moreno (2015) la parroquia cuenta con una superficie de bosque nativo de 56% y se distribuyen en un 22,31% dentro de fincas como reserva protectora y 33,69% corresponde a patrimonio forestal.

La segunda categoría significativa es el mosaico agropecuario, con 47.666,42 hectáreas que equivale al 25,604% distribuidas en las comunidades de la zona de Intag, en especial la parroquia de Peñaherrera, Cuellaje y Apuela y la zona urbana de El Sagrario, San Francisco, Quiroga e Imantag. Otra categoría predominante es el páramo con un área de 24.766,94 hectáreas que corresponde al 13,303% se encuentra en la zona Andina del cantón y ocupa el área sureste del Parque Nacional Cotacachi Cayapas, siendo de gran importancia por ser receptores de agua que abastecen a la población aledaña.

Las categorías que menos predominan en el cantón son la vegetación herbácea con 1,137%, el área sin cobertura vegetal con 285.84 hectáreas que equivale al 0,154%, plantación forestal con 203,00 hectáreas que equivale al 0,109% y por último la infraestructura con 199,54 hectáreas que corresponde al 0,107%. (Figura 5).

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cotacachi (PDOT Cotacachi, 2015), el cantón presenta gran variedad de coberturas vegetales, como: páramo, bosque natural, vegetación arbustiva, suelos de uso variado (cultivo anual, peremne, semipermanente y mosaico agropecuario) mismos que albergan flora y fauna de gran importancia para el cantón.



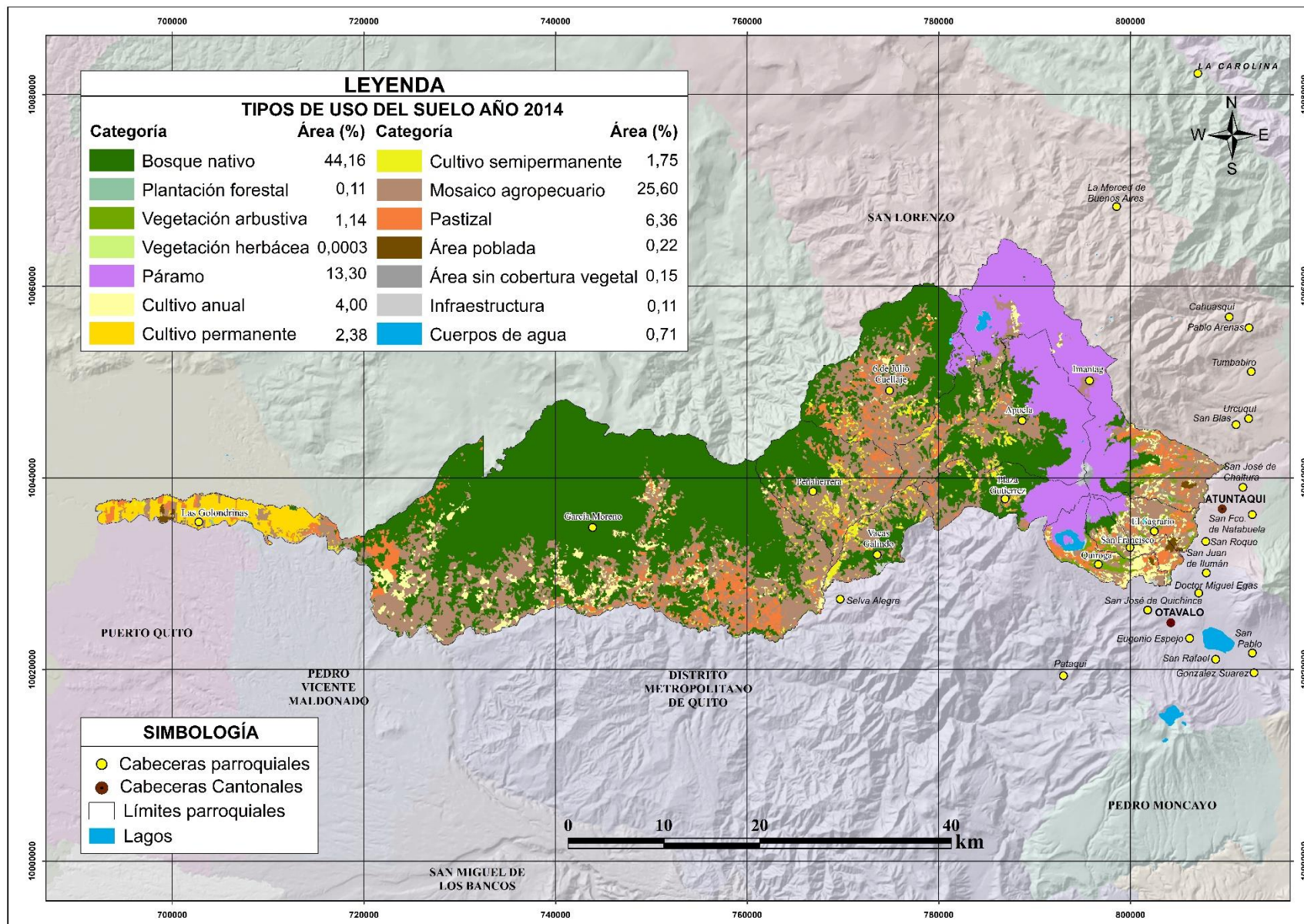


Figura 5. Uso del suelo del cantón Cotacachi año 2014

#### **4.1.2. Cambio de uso del suelo**

El análisis del cambio ocurrido en el suelo contribuyó para determinar el avance de los procesos de transformaciones que existen en el territorio estudiado (Mas y Flamenco, 2011), los cuales presentaron cambios significativos con la cobertura de uso del suelo. De acuerdo con el cambio neto, la superficie del área poblada aumentó a 318,16 hectáreas, equivalente a 0,17%, lo que quiere decir que los asentamientos humanos de las parroquias El Sagrario, San Francisco, Quiroga y Las Golondrinas fueron creciendo durante el periodo de 24 años (1990 - 2014), de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010).

Debido al incremento de la población, también hubo un aumento en la cobertura de los cultivos anuales, con un incremento de 6.997,05 hectáreas, que equivale al 3,76%, así como los cultivos permanentes a 4.397,83 hectáreas equivalente a 2,37%, y semi permanentes a 3.253,00 hectáreas, equivalente a 1,75%, ya que la población requiere de más superficies dedicadas a la producción de cultivos, por lo que debe mantener la soberanía alimentaria como lo establecen los artículos 281 y 282 de la Constitución del Ecuador (2008), y el objetivo dos del Desarrollo Sostenible. Según la FAO (2015) el aumento de tierras para utilizar el suelo en actividades agrícolas y pecuarias como sustento familiar y fines comerciales puede deberse a la posesión ilegal del territorio, lo que conlleva a la tala de bosque nativo e invasión de áreas protegidas.

Por causa del incremento del área poblada y la expansión agrícola, hay una pérdida de bosque nativo de 18.825,03 hectáreas, equivalente a 10,11% a pesar de los esfuerzos realizados por entidades gubernamentales y ONG en proteger y conservar la naturaleza del cantón Cotacachi, con la creación de bosques protectores, como: Peribuela (Imantag) el Placer y la Florida (Plaza Gutiérrez) el Chontal (García Moreno) Siempre Verde (Apuela) Pajas de Oro (Peñaherrera) Siempre Vida (Plaza Gutiérrez) Los Cedros y Cebú (García Moreno) sabiendo que es beneficioso para el cantón, ya que albergan gran cantidad de flora y fauna. Además, sirven como sumideros de carbono, nutren los suelos y brindan varios servicios ecosistémicos (BirdLife International, 2021).

Además, de los proyectos de conservación por parte del GAD municipal, y organizaciones como la Defensa y Conservación Ecológica de Intag (DECOIN), entre otras que se encargan de la protección, conservación del agua y los bosques, uno de los proyectos más importantes de la DECOIN es la creación de Reservas de cuencas hidrográficas gestionadas por los pobladores de comunidades (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019).

Estos resultados concuerdan con la investigación de Cifuentes y Valenzuela (2019), mencionan que el cambio de uso de suelo se debe al aumento de los pobladores locales que a la vez causaron expansiones agrícolas con fines comerciales. Las perturbaciones ocasionadas por las personas en el bosque nativo dan como resultado la disminución de la biodiversidad y fragmentación del hábitat de un gran número de especies silvestres.

En cuanto a los sitios sin cobertura vegetal, la superficie aumentó en 119,73 hectáreas, equivalente a 0,06%, esto representa un aspecto negativo para el cantón, debido a que los terrenos perdieron la capacidad productiva y su rentabilidad. Además, hubo una pérdida total de la superficie de glaciar en el volcán Cotacachi siendo un impacto negativo para el cantón en cuanto al abastecimiento de agua, ya que las fuentes hídricas van disminuyendo gradualmente y por este retroceso de glaciar hubo una transición a páramo, que aumentó a 2.911,25 hectáreas que equivale a 1,56%, otro factor que influyó en el aumento de superficie de páramo es la iniciativa del Plan de Prevención, Respuesta y Mitigación de Incendios Forestales (RUPAY) en el año 2014, propuesta por el Gobierno Autónomo Descentralizado -GAD Municipal de Cotacachi, con el fin de trabajar en la contingencia de incendios forestales de los páramos y lograr contrarrestar los efectos de los incendios (PDOT Cotacachi, 2015).

El pastizal disminuyó en 2,26% a causa de que la población se dedica a utilizar estas tierras para mosaicos agropecuarios, por lo que esta cobertura aumentó a 4.82%, en vista de este aumento se determinó que hay menor vegetación arbustiva, así mismo hay una decreciente cobertura en las superficies de vegetación herbácea a 0,05% (Tabla 12).

**Tabla 12.** Cambio neto del uso del suelo para los años 1990 y 2014

<b>Categoría</b>	<b>Uso del suelo 1990 (ha)</b>	<b>%</b>	<b>Uso del suelo 2014 (ha)</b>	<b>%</b>	<b>Cambio neto (ha)</b>	<b>%</b>
Bosque nativo	101.042,30	54,27	82.217,27	44,16	18.825,03	-10,11
Plantación forestal	73,14	0,04	203	0,11	129,86	0,07
Cultivo anual	466,37	0,25	7.463,42	4,00	6.997,05	3,76
Cultivo permanente	24,01	0,01	4.438,33	2,38	4.397,83	2,37
Cultivo semi permanente	3,97	0,002	3.256,98	1,75	3.253,00	1,75
Mosaico agropecuario	38.686,60	20,78	47.666,42	25,60	8.979,81	4,82
Pastizal	16.038,78	8,62	11.838,76	6,36	4.200,02	-2,26
Vegetación arbustiva	4.572,93	2,46	2.117,57	1,14	2.455,36	-1,32
Vegetación herbácea	91,58	0,05	0,54	0,0003	91,04	-0,05
Páramo	21.855,70	11,74	24.766,94	13,30	2.911,25	1,56
Cuerpos de agua natural	1.376,90	0,74	1.315,35	0,71	61,55	-0,03
Área poblada	82,43	0,04	400,58	0,22	318,16	0,17
Infraestructura	47,74	0,03	199,54	0,11	151,81	0,08
Área sin cobertura vegetal	166,11	0,09	285,84	0,15	119,73	0,06
Glaciar	234,54	0,13	0	0	234,54	-0,13
Sin información	1.407,44	0,76	0	0	1.407,44	-0,76
<b>Total</b>	<b>186.170,53</b>	<b>100</b>	<b>186.170,53</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>

Los cambios que han ocurrido en el uso del suelo durante los años 1990 y 2014 coinciden con estimaciones de estudios de cobertura y cambio del suelo obtenidos en varias investigaciones realizadas dentro del cantón Cotacachi. Latorre et al. (2015), destacan la disminución de bosque nativo con una deforestación mayor al 1%, esto se debe al mal manejo de los recursos y un inadecuado control ambiental, sumado la expansión de la frontera agrícola. Según el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Cotacachi (2015), la tala ilegal dentro de áreas protegidas y fuera de estas ha aumentado ocasionando una tasa anual de deforestación del 1,9%.

En el estudio ejecutado por Gonzales (2017), se identificó el cambio de uso del suelo en varias coberturas vegetales, como la disminución del bosque nativo para el año 2014. Además, las áreas de alta producción disminuyeron a un 0,11%, se corrobora con otros estudios como el realizado por Camacho et al. (2015), que el mayor cambio del uso del suelo se encuentra principalmente en el bosque nativo y que la tasa anual de pérdida en la categoría bosque nativo, es debido al aumento



en procesos de deforestación, expansión de la frontera agrícola y establecimiento de tierras con fines pecuarios.

De igual manera, el estudio de análisis multitemporal de la cobertura de paramo en la producción de agua en la cuenca alta del río Apuela, cantón Cotacachi, realizado por Andrade (2016), menciona la disminución de la cobertura vegetal debido a que el bosque nativo perdió 935,14 hectáreas, por la manifestación de la expansión agrícola generadas por situaciones socioeconómicas y crecimiento poblacional y la identificación de las causas de disminución de la cobertura vegetal natural es de gran importancia para predecir el cambio de uso del suelo a futuro.

#### **4.2. Análisis del uso potencial y los conflictos de uso del suelo en el cantón Cotacachi**

A continuación, se presenta el uso potencial y los conflictos de uso del suelo en el cantón Cotacachi entre los años 1990 y 2014 a través del uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

##### ***4.2.1. Factores que determinan el uso potencial del cantón Cotacachi***

Se presentan a continuación los resultados obtenidos de los parámetros del suelo a partir de la cartografía base de Geopedología del IGM del año (2014).

- **Relieves del suelo del cantón Cotacachi (%)**

El relieve del cantón Cotacachi presenta una topografía de pendientes fuertes con 60.099,49 ha del total de la superficie, las cuales son zonas abruptas, montañosas y se localizan en las parroquias García Moreno, Apuela, Vacas Galindo, Plaza Gutiérrez, Peñaherrera, Cuellaje e Imantag, estas áreas en épocas de alta precipitación y remoción de cobertura vegetal son propensas a erosionarse y a provocar deslizamientos de tierras; de igual forma presenta pendientes planas, suaves, medias y escarpadas en menor cantidad en el sector de las Golondrinas y la zona urbana. Esta amplia cobertura se debe a una extensión topográfica irregular atribuida a los sistemas montañosos: mesetas, llanuras, valles, la presencia de la

cordillera Occidental y la cordillera del Toisán, además, de varias quebradas y ríos. (Tabla 13) (Anexo 2.3) (PDOT Cotacachi, 2015).

**Tabla 13.** Pendientes del suelo en rangos de porcentaje

Código	Rango Pendiente %	Forma del relieve	Superficie (ha)	% Superficie
1	0-2%	Plana	5.603,17	3,0
2	>5-12%	Suave	16.101,73	8,65
3	>12-25%	Irregular media	37.550,35	20,17
4	>25-40%	Media a fuerte	47.528,75	25,53
5	>40-70%	Fuerte	60.099,49	32,28
6	>70-100%	Muy fuerte	15.506,0	8,33
7	>100-150%	Escarpada	3.292,41	1,77
8	>150-200%	Muy escarpada	488,43	0,26
<b>Total</b>			186.170,53	100%

Nota: Datos obtenidos mediante la cartografía base de Geopedología del IGM del año (2014).

CLIRSEN y MAGAP (2011) mencionan que la pendiente contribuye a determinar y controlar la erosión del suelo, para establecer medidas de conservación y realizar planes de manejo para preservar los recursos suelo e hídrico.

- **Profundidad efectiva del suelo (cm)**

El área de estudio presenta suelos profundos con 32,26% equivalente a 59.540,04 hectáreas del total de la superficie cantonal, esto es beneficioso porque permite que gran variedad de especies de plantas fijen mayormente sus raíces para obtener los nutrientes necesarios y la absorción de agua esto evita la erosión del suelo tal como lo menciona Rosas y Arribillaga (2013) (Tabla 14) (Anexo 2.4).

**Tabla 14.** Clases de profundidad efectiva del suelo (cm)

Código	Profundidad	Superficie (ha)	% Superficie
0	No aplicable	4.657,14	2,20
1	Profundo	59.540,04	32,26
2	Moderadamente profundo	45.841,50	24,63
3	Poco profundo	56.004,07	30,10
4	Superficial	19.787,86	10,62
5	Muy superficial	339,92	0,18

Total	186.170,53	100%
-------	------------	------

Nota: Datos obtenidos mediante la cartografía base de Geopedología del IGM del año (2014).

Los suelos profundos presentes en el cantón resisten con mayor facilidad temporadas de sequía por su mayor capacidad de retener la humedad, lo que lo hace favorable para el uso agrícola, actividad de importancia económica para la mayoría de los pobladores, según el PDOT de Cotacachi (2015) García Moreno es la parroquia con mayor extensión territorial del cantón y cuenta con suelos profundos y fértiles, razón por la cual la superficie total utilizada para la agricultura es de 23.839 hectáreas, distribuidas para pastos, arboricultura tropical y cultivos semi permanentes.

- **Pedregosidad del suelo en el cantón Cotacachi**

Los resultados obtenidos en cuanto a esta variable muestran que el área de estudio presenta 145.685,64 hectáreas de suelos sin pedregosidad, equivalente al 78,25% conveniente para el sector agrícola por su facilidad de cultivo, proporcionan mayor anclaje, retiene el agua presenta mayor disponibilidad de nutrientes y es un componente importante para el crecimiento de bosques. Aunque en algunas áreas existen grandes fragmentos rocosos por sus suelos de origen volcánico en el cantón, razón por la cual limita muchas actividades para su uso, a la vez afecta al crecimiento de la vegetación y como consecuencia se presentan suelos desérticos o erosionados (Tabla 15) (Anexo 2.5) (CLIRSEN y MAGAP, 2011).

**Tabla 15.** Clases de pedregosidad del suelo

Código	Pedregosidad	Superficie (ha)	% Superficie
0	No aplicable	4.085,83	2,19
1	Sin pedregosidad	145.685,64	78,25
2	Muy pocas	5.634,67	3,03
3	Pocas	7.787,45	4,18
4	Frecuentes	21.045,97	11,30
5	Abundantes	1.930,96	1,04
Total		186.170,53	100%

Nota: Datos obtenidos mediante la cartografía base de Geopedología del IGM del año (2014).

- **Drenaje del suelo del cantón Cotacachi**

El 96,48% del territorio cantonal está caracterizado por tener suelos con muy buena capacidad de drenar a un ritmo moderado cuando hay presencia de grandes cantidades de aportes de agua. Además, mejora la aireación y evita el exceso de salinidad. Los sistemas de drenaje natural en el cantón son abastecedores de agua para riego a diversos cultivos y áreas boscosas de las comunidades rurales por su bajo contenido de salinidad, esta variable contribuye para mantener la estabilidad del suelo incluso en temporada de verano (Tabla 16) (Anexo 2.6) (PDOT Cotacachi, 2015).

**Tabla 16.** Clases de drenaje superficial del suelo

Código	Drenaje	Superficie (ha)	% Superficie
0	No aplicable	4.072,44	2,18
2	Bueno	179.619,47	96,48
3	Moderado	2.114,29	1,13
4	Excesivo	364,33	0,19
Total		186.170,53	100%

Nota: Datos obtenidos mediante la cartografía base de Geopedología del IGM del año (2014).

- **Tipos de textura del suelo**

Los suelos del cantón Cotacachi presentan una textura franco-arenoso correspondiente al 55,42% siendo suelos moderadamente gruesos mismos que son excelentes para retener humedad, también cuenta con pH medianamente ácido y alto contenido de materia orgánica por lo que presentan una buena aptitud agrícola. Las parroquias de García Moreno y Peñaherrera presentan este tipo de textura, razón por la cual cultivan gran variedad de productos para autoconsumo y comercialización (PDOT Cotacachi, 2015). Además, el 25,82% de la superficie cantonal es idónea para cultivos principales debido a sus suelos francos. Crosara (2015), sugiere que al existir limo, arcilla y arena en cantidades apropiadas forma un equilibrio para los suelos permeables, aireados y ligeros apropiados para un uso agrícola (Tabla 17) (Anexo 2.7).

**Tabla 17.** Clases de textura del suelo del cantón Cotacachi

Código	Textura	Superficie (ha)	% Superficie
0	No aplica	4.091,42	2,20
1	Franco	48.071,25	25,82

3	Franco limoso	334,48	0,18
5	Franco arcilloso	28.053,06	15,07
6	Franco arenoso	103.174,25	55,42
7	Arcillo arenoso	2.209,21	1,19
8	Arcilloso	236,86	0,13
Total		186.170,53	100%

Nota: Datos obtenidos mediante la cartografía base de Geopedología del IGM del año (2014).

- **Contenido de materia orgánica del suelo (%)**

La disponibilidad de materia orgánica en el suelo es alta, con el 60,62% equivalente a 112.859,56 hectáreas. Según Gonzales (2017), la disponibilidad de materia orgánica en los suelos es fundamental para el crecimiento efectivo de las plantas y la proliferación de microorganismos beneficiosos. Sin embargo, existen actividades que alteran este factor como son la tala de bosques en la zona de Intag y la explotación minera en la parroquia de García Moreno; lo que causa la interrupción del ciclo hidrológico, la disminución del carbono orgánico del suelo y la biomasa. Además, los agricultores utilizan abonos inorgánicos sin control provocando una disminución del contenido de materia orgánica, por lo que la disponibilidad de este factor a futuro se perderá gradualmente si no se realiza un manejo adecuado del suelo (Tabla 18) (Anexo 2.8) (PDOT Cotacachi, 2015).

**Tabla 18.** Clases de contenido de materia orgánica

Código	Materia orgánica	Superficie (ha)	% Superficie
0	No Aplicable	4.086,88	2,20
1	Alto	112.859,56	60,62
2	Medio	45.718,30	24,56
3	Bajo	23.505,79	12,63
Total		186.170,53	100%

Nota: Datos obtenidos mediante la cartografía base de Geopedología del IGM del año (2014).

- **Potencial de hidrogeno (pH)**

El potencial de Hidrógeno presente en el cantón Cotacachi oscila entre 5,5 a 7,0 que son suelos medianamente ácidos, ligeramente ácidos y neutros, rango adecuado para el desarrollo de la mayoría de las plantas, por lo que es favorable para el rendimiento agrícola. Alconada y Lanfranco (2020) mencionan que las plantas crecen en buenas condiciones en suelos medianamente ácidos, lo que quiere decir que los suelos del cantón Cotacachi son aptos para el crecimiento vegetal y su

productividad agrícola, es importante mencionar que aparte de las actividades agrícolas el cantón también se dedica a la ganadería por lo que un sobrepastoreo causa degradaciones al suelo y alteración del pH, si no se realiza una ganadería sostenible la variación del pH podría modificar el grado de solubilidad de ciertos minerales por lo que las plantas no podrían absorber los nutrientes (Tabla 20) (Anexo 2.9) (Mora et al., 2017).

**Tabla 19.** Clases de pH del suelo

Código	pH	Superficie (ha)	% Superficie
0	No aplicable	4.903,45	2,20
1	Neutro	39.672,77	21,31
2	Ligeramente ácido	48.353,52	25,97
3	Medianamente ácido	85.342,36	45,84
4	Ligeramente alcalino	31,03	0,02
5	Medianamente alcalino	560,65	0,30
6	Alcalino	0,50	0,00
7	Ácido	8.116,74	4,36
8	Muy ácido	0,01	0,00
Total		186.170,53	100%

Nota: Datos obtenidos mediante la cartografía base de Geopedología del IGM del año (2014).

- **Saturación de bases del suelo (%)**

El cantón Cotacachi presenta un bajo grado de saturación, lo que quiere decir que hay baja cantidad de iones cargados positivamente y un déficit de intercambio de cationes, esto se debe en cierta parte a la textura del suelo. Además, se relaciona con el pH, el cual se encuentra entre un rango que va de 5,5 a 7,0 y la disponibilidad de nutrientes, la saturación puede cambiar a medida que se modifique el pH del suelo (FAO, 2015). Según el Informe del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cotacachi (2011) el cantón presenta suelos con contenido de potasio alto en zonas secas y tropicales (Tabla 20) (Anexo 2.10).

**Tabla 20.** Clases de grado de saturación de bases del suelo

Código	Grado de saturación	Superficie (ha)	% Superficie
0	No aplicable	4.091,31	2,20
1	Alto	29.371,83	15,78
4	Medio	33.643,85	18,07
8	Bajo	119.063,54	63,95

Total	186.170,53	100%
-------	------------	------

Nota: Datos obtenidos mediante la cartografía base de Geopedología del IGM del año (2014).

- **Salinidad del suelo (dS/m)**

El 97,62% correspondiente a 181.740,35 hectáreas del territorio presenta suelos no salinos, esto se debe a la buena capacidad de drenaje que tiene el cantón, lo que hace que no se acumule las sales en exceso, los resultados obtenidos son similares al estudio realizado por Álvarez y Mora (2017) donde evaluaron esta variable en una microcuenca del cantón Cotacachi, dando como resultado suelos no salinos con buena capacidad de retención de nutrientes. También se encuentran 0,19% de suelos salinos, este resultado se debe en cierta manera al aumento de 119,73 hectáreas de sitios sin cobertura vegetal, lo que representa un aspecto negativo debido a que los terrenos ya no pueden ser cultivados por periodos prolongados y pierden la capacidad productiva (Tabla 21) (Anexo 2.11).

**Tabla 21.** Clases de salinidad del suelo (dS/m)

Código	Salinidad	Superficie (ha)	% Superficie
0	No aplicable	4.071,09	2,19
1	No salino	181.740,35	97,62
8	Salino	359,07	0,19
Total		186.170,53	100%

Nota: Datos obtenidos mediante la cartografía base de Geopedología del IGM del año (2014).

- **Regímenes de humedad del suelo**

El 87,66% del territorio de Cotacachi son suelos údicos, es decir, que tienen una buena cantidad de humedad y sus precipitaciones están bien distribuidas a lo largo del territorio, superan la evapotranspiración y los excedentes se pierden por drenaje, lo cual favorece al crecimiento de las plantas. Según el PDOT de Cotacachi (2015) el cantón cuenta con cuatro tipos de climas, siendo el ecuatorial de alta montaña en la zona andina del cantón, mesotérmico semihúmedo, megatérmico lluvioso, ubicándose en las comunidades Cielo Verde y Río Verde pertenecientes a la parroquia de Gracia Moreno y el clima que más predomina es el tropical megatérmico húmedo (Tabla 22) (Anexo 2.12).

**Tabla 22.** Clases de regímenes de humedad del suelo

Código	Humedad del suelo	Superficie (ha)	% Superficie
0	No aplicable	4.073,69	2,19
1	Perúdic	15.392,63	8,27
4	Údic	163.241,17	87,66
8	Ústico	3.463,04	1,86
Total		186.170,53	100%

Nota: Datos obtenidos mediante la cartografía base de Geopedología del IGM del año (2014).

- **Erosión hídrica del suelo (tm/ha/año)**

Los suelos del cantón presentan una tasa de erosión de 411,56 t/ha/año, con niveles erosivos graves con un 41,60% del total de la superficie, siendo la causa principal el cambio de uso del suelo, la tala del bosque en pendientes fuertes y la explotación y exploración minera lo cual afecta a la capacidad de uso de la tierra (Tabla 23) (Anexo 2.13) (PDOT Cotacachi, 2011). A pesar del dictamen propuesto por el gobierno del Ecuador en desarrollar proyectos de reforestación en zonas degradadas y desérticas, los procesos erosivos siguen aumentando (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p.125)

**Tabla 23.** Tipos de erosión hídrica del suelo y áreas afectadas

Erosión	Superficie (ha)	% Superficie	Erosión ton/ha/año
No susceptibles a procesos erosivos	4.641,17	2,49	0
Muy bajo	5.388,77	2,89	0-5
Bajo	5.237,12	2,81	5-10
Leves	20.161,66	10,83	10-25
Moderados	43.283,98	23,25	25-50
Graves	77.458,89	41,60	50-100
Muy graves	28.687,65	15,41	100-200
Procesos erosivos extremos	1.311,30	0,70	>200
Total	186.170,52	100	-

Nota: Datos obtenidos mediante la cartografía base de Geopedología del IGM del año (2014).

#### 4.2.2. Clases agrológicas

De acuerdo con la metodología USDA (Tabla 8) se estableció el uso potencial del suelo con base en las clases agrológicas, los resultados obtenidos se detallan a continuación (Figura 6):



**Clase I** Corresponde a tierras para uso agrícola con muy ligeras limitaciones. Suelos buenos, muy profundos y de alta fertilidad. Tiene una extensión de 1.285,99 hectáreas con un porcentaje de 0,69% y se encuentra presente en la parte baja del cantón en el sector de Peribuela, parroquia Imantag y parte de las Golondrinas y Llurimaguas de la parroquia García Moreno.

**Clase II** Corresponde a una extensión de 7.161,94 hectáreas con 3,85% del territorio, donde se cultivan productos de sustento familiar, crianza de animales y pastoreo, presenta ligeras limitaciones para su uso, con pendientes suaves, suelos con profundidad mediana y erosión moderada.

**Clase III** representa el 4,86% de la superficie del cantón con una extensión de 9.052,82 hectáreas son tierras para uso agropecuario con ligeras limitaciones, ya que presenta suelos profundos a moderados y fertilidad buena para la producción, se encuentra en mayor cantidad en las parroquias de Quiroga, San Francisco, El Sagrario, Apuela y García Moreno.

**Clase IV** Tierras aptas para uso pecuario, representan el 4,59% con 8.541,26 hectáreas del territorio, son áreas que poseen moderadas limitaciones y se encuentran en las parroquias Quiroga, San Francisco, Imantag, García Moreno y Apuela, generalmente se encuentran en zonas de pendientes fuertes y con procesos erosivos intensos por lo que no es apto para la agricultura.

**Clase V** Son tierras aptas para uso forestal y ganadero, representa el 1,15% con 2.146,02 hectáreas, se caracteriza por tener limitaciones fuertes a muy fuertes y suelos de baja productividad y pendientes fuertes, se encuentra en la parroquia de García Moreno y Apuela pese a las limitaciones los pobladores de estas dos parroquias utilizan estas tierras para cultivar maíz, frejol, naranjilla y granadilla (PDOT. García Moreno, 2015).

**Clase VI** Son tierras con fines de preservación de los recursos y poseen limitaciones muy fuertes, representan el 6,09% con 11.344,46 hectáreas del territorio cantonal, está presente en las parroquias de García Moreno, Imantag, Apuela y en la parte superior de Quiroga, San Francisco y El Sagrario sus suelos deben ser destinados para silvicultura y pastoreo.

**Clase VII** Son aptas para la conservación de recursos con limitaciones muy fuertes debido a las pendientes mayores al 40% y pedregosidad, representa el 9,27% con una extensión de 17.266,26 hectáreas.

**Clase VIII** Son áreas destinadas a la protección de los recursos por poseer gran vegetación y bosque natural, por esta razón presenta limitaciones muy fuertes para el laboreo y uso pecuario, esta clase representa la mayor parte del área de estudio con una extensión de 125.213,60 hectáreas que equivale a 67,26%.

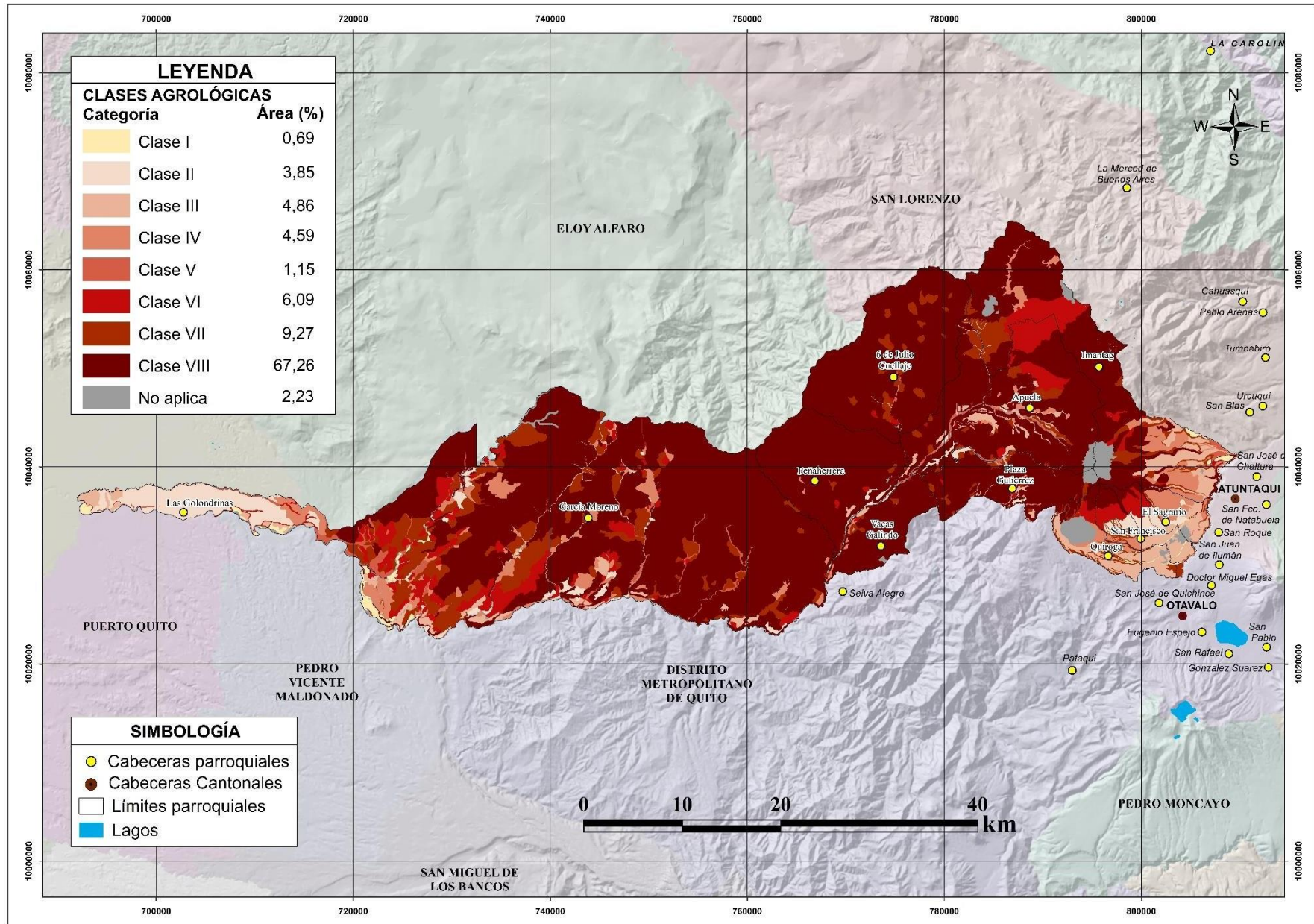


Figura 6. Clases agrológicas del cantón Cotacachi

Morales (2011) menciona que identificar las clases agrológicas es favorable para determinar el grado de utilización y explotación forestal, ganadera y agrícola en un territorio. Los resultados obtenidos al realizar el mapa de clases agrológicas muestran que más de la mitad del territorio del cantón Cotacachi presentan tierras con vegetación arbustiva y/o arbórea con fines de protección, con el 67,26% que corresponde a la clase agrológica VIII. A pesar de ser tierras aptas para la protección y conservación de los recursos naturales, algunos sectores están destinados a diversos usos o actividades que no corresponden o son compatibles al uso potencial del suelo.

#### 4.2.3. *Uso potencial del suelo*

Se determinó ocho tipos de uso potencial (Tabla 24). La mayor parte del territorio cantonal corresponde a tierras aptas para la protección y conservación de recursos, con el 67,26% equivalente a 125.213,60 hectáreas, territorio que no es de uso potencial para la agricultura, silvicultura y pastos, por sus severas limitaciones que presentan sus tierras (Figura 7).

**Tabla 24.** Categorías de uso potencial del suelo

<b>Categoría agrológica</b>	<b>Uso potencial del suelo</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Superficie (%)</b>
I	Cultivo sin limitaciones de uso	1.285,99	0,69
II	Cultivos con ligeras limitaciones de uso	7.161,94	3,85
	Cultivos con moderadas limitaciones de		
III	uso	9.052,82	4,86
IV	Cultivos con serias limitaciones de uso	8.541,26	4,59
V	Pastoreo y/o forestación sin limitaciones	2.146,02	1,15
	Pastoreo y forestación susceptibles a		
VI	erosiones	11.344,46	6,09
VII	Forestación	17.266,26	9,27
	Vegetación arbustiva y/o arbórea con fines		
VIII	de protección	125.213,60	67,26
NA	No Aplica	4.158,18	2,23
Total		186.170,53	100%

Según el PDOT de Cotacachi (2015) el uso potencial del suelo es de estricta conservación, al igual que los resultados obtenidos en esta investigación. Cabe mencionar que a pesar de presentar el 67,26% de tierras aptas para la protección, los suelos no están siendo aprovechados de acuerdo con el uso potencial, por lo que existe la transición de varias coberturas del uso del suelo a tierras agrícolas y por ende hay una reducción del bosque nativo.

Estudios similares se asemejan con estos resultados como el de Álvarez y Mora (2017), realizado en la reserva Hídrica Comunitaria Nangulví Bajo “RHCNB”, donde determinaron diferentes tipos de uso potencial para la conservación y protección, por su riqueza hídrica, flora y fauna. Además, mencionan que la mayor parte del área de estudio tienen capacidad para conservación y protección de los recursos, y sus tierras están siendo bien utilizadas. De igual manera, la investigación de Álvarez y Mora (2017), realizado en una pequeña área de estudio en comparación con esta investigación que abarca todo el cantón Cotacachi, pero sirve como referente para comprender que en ciertos lugares del cantón se está utilizando el suelo de acuerdo con su uso potencial, además, de cumplir con la conservación del recurso suelo.

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia García Moreno (2015), hace mención que existe una incompatibilidad entre el uso actual que está dirigido al sector agrícola y ganadero, actividades de gran importancia económica para el sector con el uso potencial destinado para la protección y conservación. Otro estudio realizado dentro del cantón Cotacachi, elaborado por Haro (2016), en la comunidad de Piñán, presenta suelos aptos para bosque y pasto, pero la mayor parte del área es destinada para actividades de ganadería, y pocas para conservación, a pesar de que la comunidad se encuentra en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cotacachi Cayapas.

Para Villegas (2021), el suelo es afectado cuando existen diferencias entre el uso actual y potencial, la principal causa es ocasionada por el aumento poblacional, sumado a esto las actividades antrópicas en el área de estudio ocasionan la pérdida de los recursos naturales, además menciona que determinar el uso potencial ayuda a establecer el diseño de estrategias de conservación.



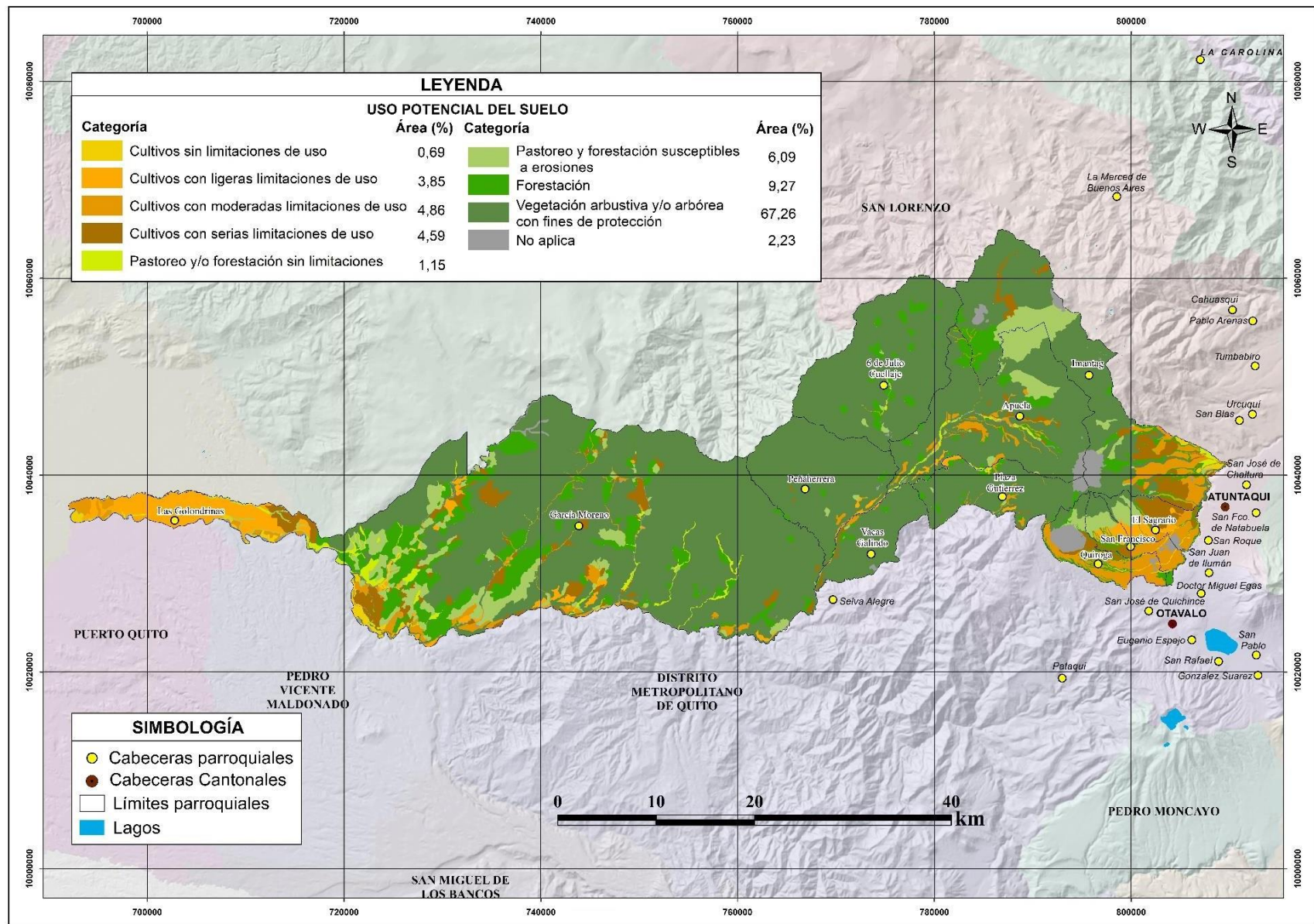


Figura 7. Uso potencial del suelo del cantón Cotacachi

#### ***4.2.4. Conflictos de uso del suelo en el cantón Cotacachi***

Para el año 1990, las áreas con uso adecuado que están acorde con las potencialidades de la tierra se identificaron en zonas mayormente cubiertas de bosque natural que totalizan 134.874,73 hectáreas y corresponden al 72,45% del área total del cantón Cotacachi, predomina en la parte alta de la parroquia de García Moreno y Peñaherrera. Aldás (2019) en su investigación del análisis de la dinámica temporal del Índice de vegetación de diferencia normalizada, menciona que en la zona del Parque Nacional Cotacachi Cayapas en el año 1986 se encontraba mayormente cubierta por vegetación natural con una superficie del 93,41% y no existía gran magnitud de las actividades antrópicas.

En la categoría de conflictos por subutilización presenta 5.604,13 hectáreas que representan el 3,01% del total de la superficie. La ganadería se ha expandido en tierras aptas para uso agrícola y forestal y como consecuencia existe una subutilización e ineficiencia en el uso de los recursos, causando conflictos en el campo económico y ambiental.

Las áreas con conflictos por sobreutilización baja son de 4.275,69 hectáreas que corresponde al 2,30% del área, sobreuso medio comprende 4.597,65 hectáreas, equivalente a 2,47% y sobreuso alto con 30.878,97 hectáreas siendo 16,59%, están dispersas en la parte sur del cantón. El 0,76% de territorio comprende áreas sin información y se encuentra en la parroquia las Golondrinas y el 2,43% son áreas correspondientes a cuerpos de agua e infraestructura. Los resultados para esta categoría muestran que se encuentran cultivos y pastos en donde su aptitud de uso es para preservación, protección y conservación de los recursos naturales.

Para evitar el uso inadecuado de los recursos y los conflictos de uso de suelo, el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cotacachi (2015) realiza el ordenamiento territorial para planificar el modelo de territorio deseado de acuerdo con el uso potencial del suelo (Figura 8).

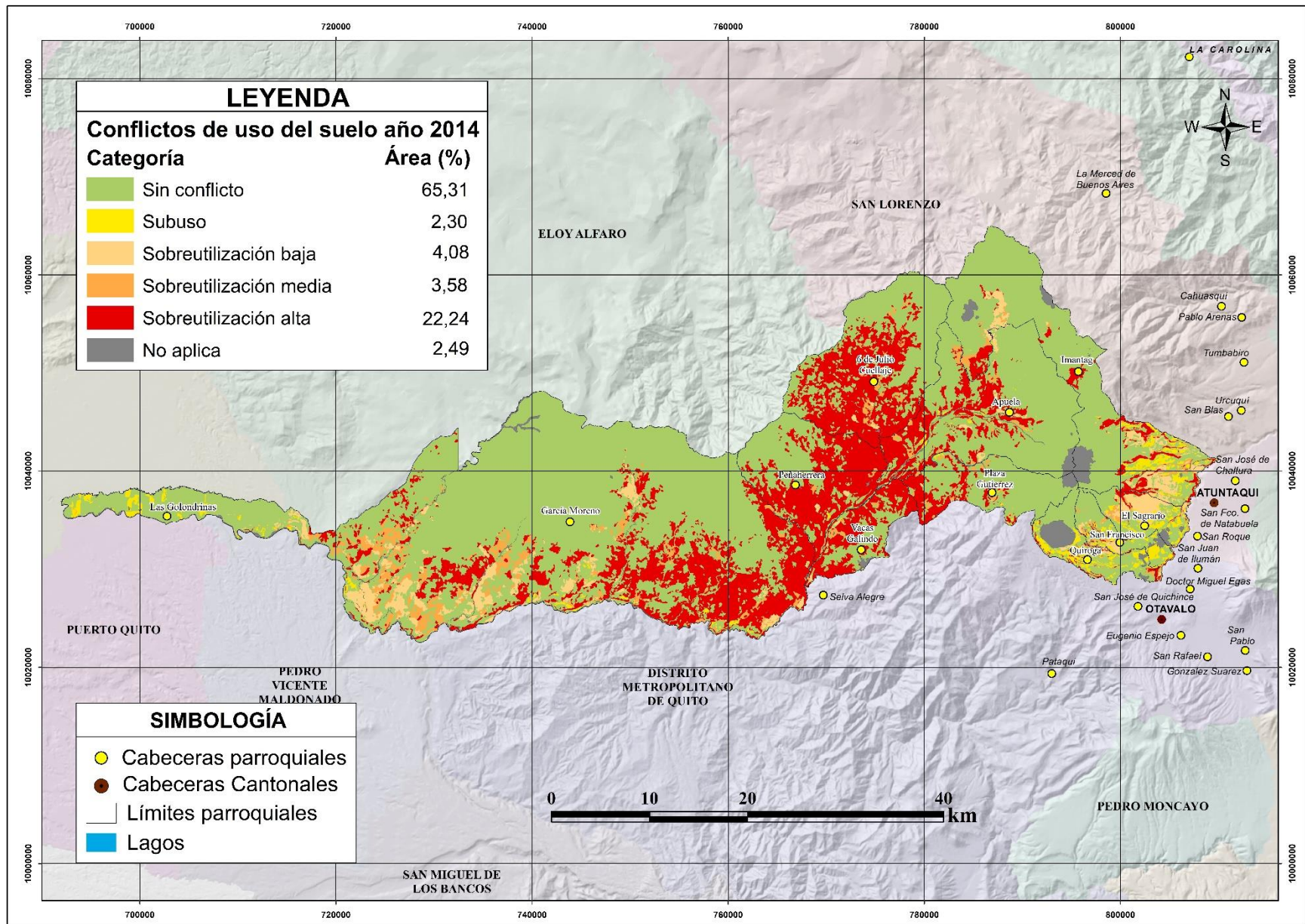






Los resultados obtenidos para el año 2014 de las áreas sin conflicto, es decir, que tienen un uso actual acorde con su aptitud potencial del suelo, totalizan 121.580,33 hectáreas que corresponden al 65,31% del área total del cantón Cotacachi. Además, se obtuvo el conflicto por subutilización de 4.290,49 hectáreas que corresponde al 2,30% de la superficie total del cantón, conflictos por sobreutilización baja con una superficie de 7.601,61 hectáreas con un 4,08%, sobreutilización media de 6.656,16 hectáreas correspondiente a 3,58% y sobreuso alto con 41.404,60 hectáreas siendo el 22,24% del territorio cantonal. El 2,49% restante corresponde a zonas que presentan infraestructura y cuerpos de agua.

Vacas Galindo, Peñaherrera y Cuellaje son las parroquias que presentan mayor conflicto por sobreutilización (Figura 9). Vaca (2018) en su estudio realizado en la parroquia seis de Julio de Cuellaje perteneciente al cantón Cotacachi, menciona que el territorio presenta conflicto por sobreuso y uso adecuado y su subsistencia económica está enfocada en la agricultura y ganadería, siendo las actividades productivas más predominantes en esta parroquia. A pesar de que estas actividades son fundamentales para la economía, causan mayores conflictos de uso del suelo debido a que ocupan territorios que están destinados a otros usos (Curtidor y Vizcaya, 2016).



- **Análisis de los conflictos de uso del suelo en el periodo del año 1990 y 2014**

En el periodo del año 1990 y 2014 el uso adecuado del suelo se ha reducido en un 7,14% pasó de una superficie de 134.874,73 hectáreas a 121.580,33 hectáreas de suelos bien utilizados. Salas y Valenzuela (2011) en su estudio conflictos de uso de suelo en la microcuenca Panchindo, municipio de La Florida, departamento de Nariño mencionan que, a pesar de existir sobreutilización y subutilización, todavía hay una amplia zona con uso adecuado del suelo con 327.63 hectáreas que corresponden al 62,15% del área de estudio, lo que es similar con los resultados de esta investigación al evaluar los conflictos presentados en el año 2014 donde el 65,31% corresponde a zonas sin conflicto. El conflicto por subutilización se redujo un 0,71% y ha aumentado el conflicto por sobreutilización baja a 1,79%, conflicto por sobreuso medio a 1,11% y sobreuso alto a 5,65% (Tabla 25) (Anexo 1.2).

**Tabla 25.** Cambio neto de los conflictos de uso del suelo

<b>Conflictos</b>	<b>Año 1990 (ha)</b>	<b>%</b>	<b>Año 2014 (ha)</b>	<b>%</b>	<b>Cambio neto (ha)</b>	<b>%</b>
Sin conflicto	134.874,73	72,45	121.673,24	65,31	-13.294,40	-7,14
Subuso	5.604,13	3,01	4.296,21	2,3	-1.313,64	-0,71
Sobreuso bajo	4.275,69	2,3	7.603,03	4,08	3.325,92	1,79
Sobreuso medio	4.597,65	2,47	6.658,89	3,58	2.058,51	1,11
Sobreuso alto	30.878,97	16,59	41.418,42	22,24	10.525,63	5,65
No aplica	4.531,91	2,43	4.639,76	2,49	105,43	0,06
Sin información	1.407,44	0,76	2,27	0	-1.407,44	-0,76

Aldás (2019) menciona que en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas en el año 2017 la cobertura vegetal es menos vigorosa y que los cambios en el uso del suelo están relacionados con actividades que realiza la población como la ganadería y la agricultura, que se extienden de acuerdo con la demanda creciente de la población, y con actividades como la deforestación y la minería que son invasivas para la explotación del recurso suelo. A pesar de todos estos daños antrópicos, el Parque Nacional Cotacachi Cayapas ha logrado preservar y mantener ciertas áreas de bosques.

Sin embargo, según Cartaya et al. (2017) en su estudio de la identificación de conflictos de uso de la tierra realizado en el Refugio de vida silvestre, Marino y

Coste Pacoche mencionan que existe un desplazamiento de las actividades agrícolas sobre las áreas protegidas de bosque, lo cual trae como consecuencia una disminución de las áreas boscosas de estos sectores, la fragmentación de la vegetación nativa y una vulnerabilidad de las especies silvestres que se encuentran en esta área.

#### **4.3. Propuesta de estrategias de conservación para las zonas con conflicto de uso del suelo**

El uso inadecuado de las tierras en el cantón Cotacachi ocasiona la degradación y los conflictos de uso del suelo y el costo para rehabilitar estas zonas son el doble o el triple que las acciones o medidas que se pueden tomar para prevenir su deterioro, para lo cual se propuso cuatro estrategias de conservación para las zonas con conflicto de uso del suelo, aplicando la metodología PER.

**Identificación de estrategias.** Al realizar el análisis PER, se plantearon las siguientes estrategias de conservación para las zonas con conflicto de uso del suelo en el cantón Cotacachi, tomando en cuenta la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (2016), donde destaca el cumplimiento de la función social y ambiental de los predios, con el fin de promover el uso eficiente del suelo para formar áreas pobladas ambientalmente sostenibles (Registro Oficial N° 790, 2016). Estas estrategias favorecerán a la a los pobladores del cantón Cotacachi, ya que se enfocan en el sector ambiental, económico y social, protegiendo al ecosistema a la vez, generando ingresos a través del ecoturismo y motivando a la sociedad a tener una conciencia ambiental. En la siguiente tabla se detalla la matriz PER y las estrategias propuestas (Tabla 26).

**Tabla 26.** Matriz PER formulación de estrategias de conservación para las zonas con conflicto de uso del suelo

<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Estrategias de conservación</b>
El incremento poblacional ejerce una carga en el ambiente ya que se necesita más territorio para construcción de viviendas y para alimentación.	-Pérdida del bosque nativo de un 10%.	-Restauración de los bosques plantando árboles nativos en zonas deforestadas.	- Ecoturismo en bosques nativos de sustento como estrategia de desarrollo sostenible.	Recuperación de la cobertura vegetal para mejorar la calidad de vida de los pobladores.
Erosión del suelo	-Fuertes procesos erosivos con una tasa de erosión de 411,56 t/ha/año, con niveles de erosión fuerte con un 56,96%	- Forestación con cubiertas orgánicas convencionales y no convencionales en zonas con pendientes muy fuertes propensas a erosión.	- Técnicas de control de la erosión	
Uso inadecuado de la tierra por desconocimiento de los pobladores ocasionando conflictos de uso del suelo	Degradación del suelo inducido por sobreutilización del 29,90% de la tierra en el año 2014.	-Recuperar la fertilidad y rendimiento del suelo. -Impulsar un manejo adecuado y responsable de los servicios ecosistémicos.	-Técnicas para el manejo adecuado del suelo. -Concienciación ambiental a los pobladores del cantón Cotacachi.	Manejo del suelo a través de la participación comunitaria.

#### **4.3.1. Estrategia 1: Estrategia de conservación para la recuperación de la cobertura vegetal y el desarrollo económico local.**

- **Proyecto 1: Ecoturismo en bosques nativos de sustento para el desarrollo sostenible del cantón Cotacachi**

El cantón Cotacachi posee grandes extensiones de paisajes únicos y bosques con extensa cobertura vegetal, lo cual aumenta el riesgo y amenazas como la tala acelerada del bosque nativo, minería, expansión agrícola, entre otras (BirdLife International, 2021). De acuerdo con los resultados del primer objetivo, se registró un aumento de 7,88% en las tierras para uso agrícola, 4,82% para el mosaico agropecuario, y como consecuencia se perdió el 10,11% del bosque nativo, por esta razón se plantea el desarrollo de actividades ecoturísticas en bosques nativos de sustento como estrategia de conservación de los recursos naturales y desarrollo económico-ambiental que hace posible la relación y participación ambiente-sociedad, donde se obtienen ingresos económicos mediante un manejo adecuado y responsable de los servicios ecosistémicos que la naturaleza proporciona a la población. Este proyecto permitirá disminuir la pérdida progresiva de los bosques nativos y sustituir actividades que degradan los suelos del cantón a través del ecoturismo sustentable. A continuación, se describe las actividades que se consideran para la estrategia (Tabla 27).

#### **Objetivo general**

- Desarrollar actividades de ecoturismo de bosque nativo de sustento en el cantón Cotacachi que beneficien económicamente a los pobladores del cantón Cotacachi a la vez protegiendo el ambiente de forma responsable.

#### **Objetivos específicos**

- Fomentar el ecoturismo comunitario en bosques nativos de sustento.
- Impulsar a la población a realizar un manejo adecuado y responsable de los servicios ecosistémicos.

**Tabla 27.** Actividades propuestas del primer proyecto de ecoturismo de bosque nativo de sustento para el desarrollo sostenible del cantón

<b>Actividades</b>	<b>Alcance</b>	<b>Métodos de verificación</b>	<b>Responsables</b>	<b>Tiempo de ejecución: 5 años</b>
<b>1.</b> Socialización de las actividades de ecoturismo comunitario.	-En los centros parroquiales donde se concentra la población y se realizará cada trimestre.	-Registro de participantes, documentos de estudio, fotografías e informes de socialización.	-Ministerio de turismo y pobladores del cantón.	Primer año.
<b>2.</b> Identificación de sitios potenciales para el desarrollo del ecoturismo.	- De acuerdo con la socialización y sugerencias de la población, la segunda actividad se realizará al inicio del proyecto	-Registro de participantes, inventarios y fotografías.	-Ministerio de turismo. -GAD`s parroquiales y pobladores del cantón Cotacachi.	Primer año.
<b>3.</b> Restauración de bosques nativos	-En sitios donde hay mayor conflicto por sobreutilización de suelos como las parroquias de Cuellaje, Peñaherrera y Vacas Galindo, cada semestre se realizará el control y monitoreo de resultados.	- Registro de sitios a restaurar, fotografías, informes de monitoreo y evaluación.	-Ministerio de turismo. -Gobierno municipal -Pobladores del cantón Cotacachi	Durante toda la fase del proyecto.
<b>4.</b> Organización de talleres para el diseño de un paquete ecoturístico	- Se aplicará siete talleres dos veces al año en áreas específicas donde se concentra la población.	-Documentos de estudio, fotografías, informe del diseño de paquetes ecoturísticos establecidos.	-Ministerio de turismo. -Gobierno municipal -Pobladores del cantón Cotacachi	Durante toda la fase del proyecto.

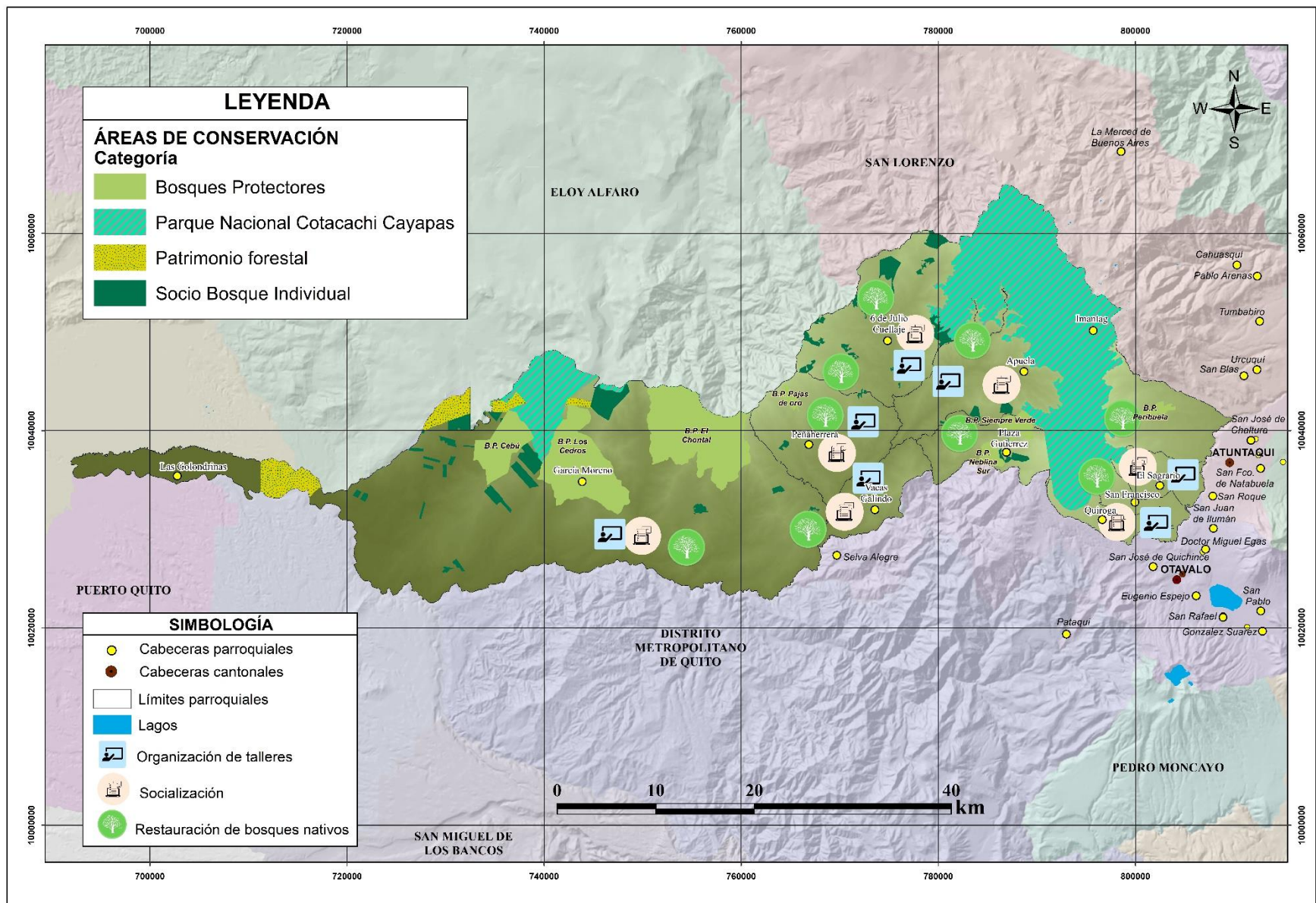
Fierro (2011), en su estudio “El diseño de paquetes ecoturísticos con la participación comunitaria en el cantón Rocon provincia de Chimborazo” implementó el programa de educación ambiental e interpretación ecoturística como estrategia de conservación de bosques, el mismo que mejoró la calidad de vida de los pobladores, a la vez dio a conocer el patrimonio natural y cultural, así como incrementó el alfabetismo biológico de los turistas sin que exista impactos negativos en el recurso natural.

Otra investigación para el desarrollo sostenible comunitario fue realizada por Suárez y Pacheco (2014), en la restauración de los bosques y la biodiversidad los autores usaron la técnica de forestería análoga, siendo efectivo para el desarrollo económico de la población, enfocándose en la educación de los pobladores para la mejora de sus habilidades y conocimientos. Alvear (2018) menciona que los bosques generan ingresos a través de los servicios ecosistémicos y culturales, de regulación y aprovisionamiento, incentivando a los propietarios a conservarlos de manera voluntaria.

En el estudio realizado por Zalles (2018) en los bosques protectores de la localidad de Mindo se lleva a cabo el Proyecto de Restauración Forestal MAE-Mindo, mediante el incentivo de prácticas de turismo basado en la naturaleza para la conservación biológica y el incremento de la cobertura forestal nativa, como un factor clave en la decisión de uso del suelo.

De igual manera en este proyecto propuesto se incluyó áreas de conservación como una estrategia hacia el ecoturismo para el desarrollo comunitario como: el Parque Nacional Cotacachi Cayapas, zonas de patrimonio forestal, Programa Socio Bosque y los bosques protectores El Cebú en las comunidades del Naranjal y Mandariyacu Grande, Los Cedros que se encuentra en la parroquia García Moreno, Pajas de Oro en la parroquia de Peñaherrera, Siempre Verde y Neblina Sur en la parroquia de Plaza Gutiérrez, Los bosques comunitarios de Junín y el Bosque Protector El Chontal en la parroquia García Moreno y el bosque protector Peribuela en Imantag los cuales tiene potencial aptos para realizar ecoturismo de naturaleza en bosques nativos (Figura 10).





**Figura 10.** Ubicación geográfica de la estrategia 1: ecoturismo en bosques nativos de sustento

- **Proyecto 2: Técnicas de control de la erosión del suelo**

De acuerdo con el factor de erosión del suelo se obtuvo como resultado una tasa de erosión de 411,56 t/ha/año y por sus niveles altos de erosividad que se encuentran distribuidos en un 56,96% del área total de la superficie del cantón, se planteó técnicas de control para la degradación del suelo por lo que es necesario la restauración de la cobertura vegetal mediante la implementación de cubiertas orgánicas convencionales y no convencionales teniendo en cuenta los factores edáficos, topográficos y climáticos, ya que son indicadores relevantes para el adecuado crecimiento vegetal. A continuación, se detalla las actividades propuestas para este proyecto (Tabla 28).

#### **Objetivo General**

- Propiciar el uso de técnicas de control de la erosión para estabilizar los suelos propensos a erosionarse.

#### **Objetivos específicos**

- Forestación con cubiertas orgánicas convencionales y no convencionales en zonas con pendientes muy fuertes propensas a erosión.

**Tabla 28.** Técnicas de control de la erosión del suelo

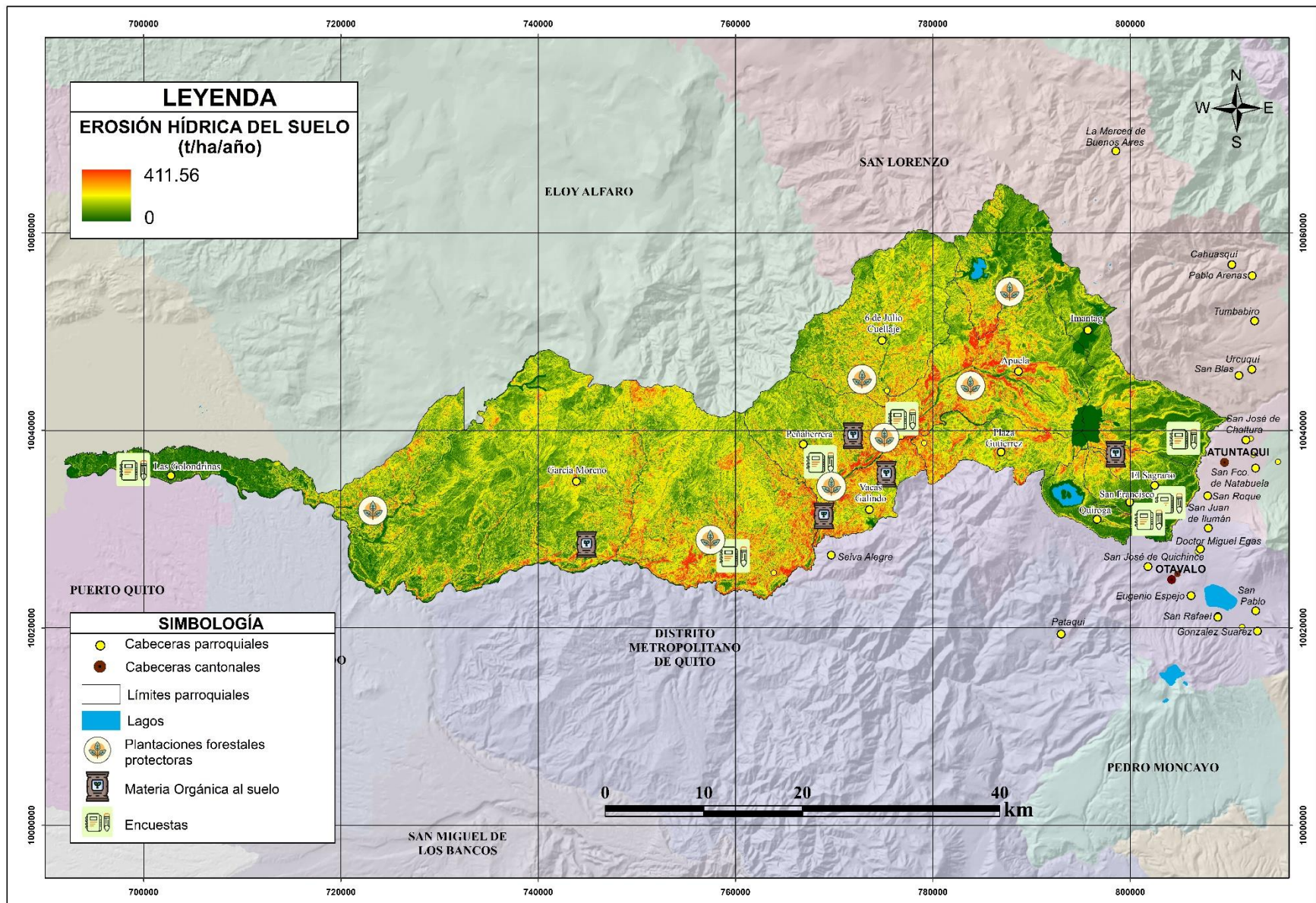
Actividades	Alcance	Métodos de verificación	Responsables	Tiempo de ejecución: 5 años
1. Encuestas a agricultores para conocer las especies nativas más representativas de cada sector	- En siete lugares de cada cabecera parroquial mediante el muestreo aleatorio por conglomerados, se realizará una sola vez al inicio del proyecto.	- Registro de encuestas, inventarios, fotografías y Documentación.	MAGAP, Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, Prefectura de Imbabura, autores y agricultores de la zona.	Primer año.
2. Incorporación de materia orgánica al suelo para mejorar la retención de humedad y nutrientes, y reducción del uso de fertilizantes inorgánicos para evitar el deterioro del suelo.	- En zonas altas donde presentan una mayor superficie de erosión del suelo debido a los cultivos, se realizará una vez al año.	-Registro de beneficiarios, fotografías e informes de avances de la actividad.	MAGAP, autores y agricultores de la zona.	Durante toda la fase del proyecto.
3. Conversión de las zonas degradadas a plantaciones forestales protectoras, con un sistema de producción agrícola sostenible (Agroforestería).	- En áreas de ganadería intensiva en la parroquia de Apuela en las comunidades de Irubí y Cazarpamba, y en las parroquias de Cuellaje, García Moreno y Peñaherrera, y en laderas del cantón, ejecutándose al inicio del proyecto para plantaciones forestales y al tercer año para control y verificación.	-Registro de beneficiarios, fotografías e informes de avances de la actividad.	MAGAP, autores y agricultores de la zona.	Primer y tercer año.

Para fomentar las técnicas de control de la erosión se planteó tres actividades. La primera actividad incorpora a los agricultores para conocer las especies nativas mediante la aplicación de encuestas. Gómez (2008) menciona que la encuesta es una técnica sociológica que se utiliza con mayor frecuencia y contribuye a una información objetiva y verificable desde el punto de vista de la localidad de los pobladores y su relación con el entorno.

En cuanto a la segunda actividad propuesta, se evitará el deterioro del suelo. Según Samaniego (2012), el manejo ecológico del suelo es de gran importancia para llegar a una transición hacia la agroecología que permita el aumento del contenido de materia orgánica en las parcelas de cultivos, aportando de manera positiva al manejo adecuado del recurso suelo. Además, conocer revalorizar y promover estas prácticas de manejo ayudará a mejorar las condiciones de vida de los agricultores. Álvarez y Agredo (2013) sugieren la forestación con coberturas en laderas, cuya finalidad es evitar riesgos por deslizamientos, inundaciones y fuertes procesos erosivos aumentando la cubierta verde y la biodiversidad. En el estudio de Alvarado et al. (2013) se utilizó plantas nativas para el control de la erosión del suelo en taludes de ríos en sitios urbanos y los resultados fueron positivos en cuanto a la capacidad de retención de sedimentos, por lo que los autores recomiendan la utilización de esta técnica como alternativa de manejo para rehabilitación de taludes cercanos a ríos en sitios urbanos.

Por otra parte, en la investigación de Flores y Oscanoa (2016), para la recuperación hidrológica y control de la erosión en suelos con pastizales, se usaron técnicas en parcelas tratadas con surcos y hoyos, la recuperación de la cobertura llegó a ser tardía es decir que no había cambios a corto plazo. Sin embargo, en épocas de lluvia las parcelas alcanzaron un buen rendimiento vegetal. De igual manera Orihuela (2015), en el proyecto que tuvo como objetivo evitar la erosión del suelo en la región tropical del Perú, se obtuvieron resultados positivos después de 30 años de investigación aplicando un sistema agroforestal multiestrato, donde menciona que la aplicación de esta tecnología representa retos científicos para una investigación agrícola, ya que se necesitan de varios factores como la luz, agua, nutrientes y tiempo para obtener una producción sostenible sin degradación del ambiente (Figura 11).





**Figura 11.** Ubicación geográfica de la estrategia 1: control de la erosión del suelo

#### **4.3.2. Estrategia 2: Estrategias de conservación en manejo del suelo a través de la participación comunitaria.**

- **Proyecto 1: Técnicas para el manejo adecuado del suelo**

El cantón Cotacachi presenta un uso potencial del suelo apta para la protección y conservación de recursos con el 67,26% equivalente al 125.213,60 hectáreas, es decir que su uso está limitado para la vida silvestre y no tiene valor agrícola, ganadero o forestal, aunque parte de los pobladores se dedica a la agricultura y ganadería sin considerar las limitaciones que presentan sus tierras causando en el año 2014 conflictos por sobreutilización del 29,90% y subutilización del 2,30% de la tierra, uno de los problemas es el desconocimiento de la población ante el manejo del suelo, por lo que se planteó actividades para que los agricultores sean partícipes de las buenas prácticas ambientales y las apliquen a cada una de sus tierras, como las técnicas agroecológicas que eviten el desgaste de los suelos en sitios.

Barbera et al. (2019) mencionan que la agroecología es una forma de estabilizar costos, producir rendimientos a largo plazo y fortalecer los procesos naturales, usando modelos de desarrollo agrícola diferentes a los tradicionales que de igual manera aumentan el bienestar de la población de manera sostenible, aunque no solamente se trata de cambiar el sistema tradicional si no de tener conciencia y voluntad, para ello es de gran prioridad la educación y capacitación ambiental componentes importantes para llevar con éxito las practicas agroecológicas (Tabla 39).

#### **Objetivo General**

- Impulsar técnicas de manejo adecuado del suelo a los pobladores del cantón Cotacachi para evitar conflictos por su uso.

#### **Objetivo específico**

- Fomentar las buenas prácticas ambientales a nivel de fincas.
- Promover la agricultura familiar campesina para mantener la soberanía alimentaria.

**Tabla 29.** Técnicas para el manejo adecuado del suelo

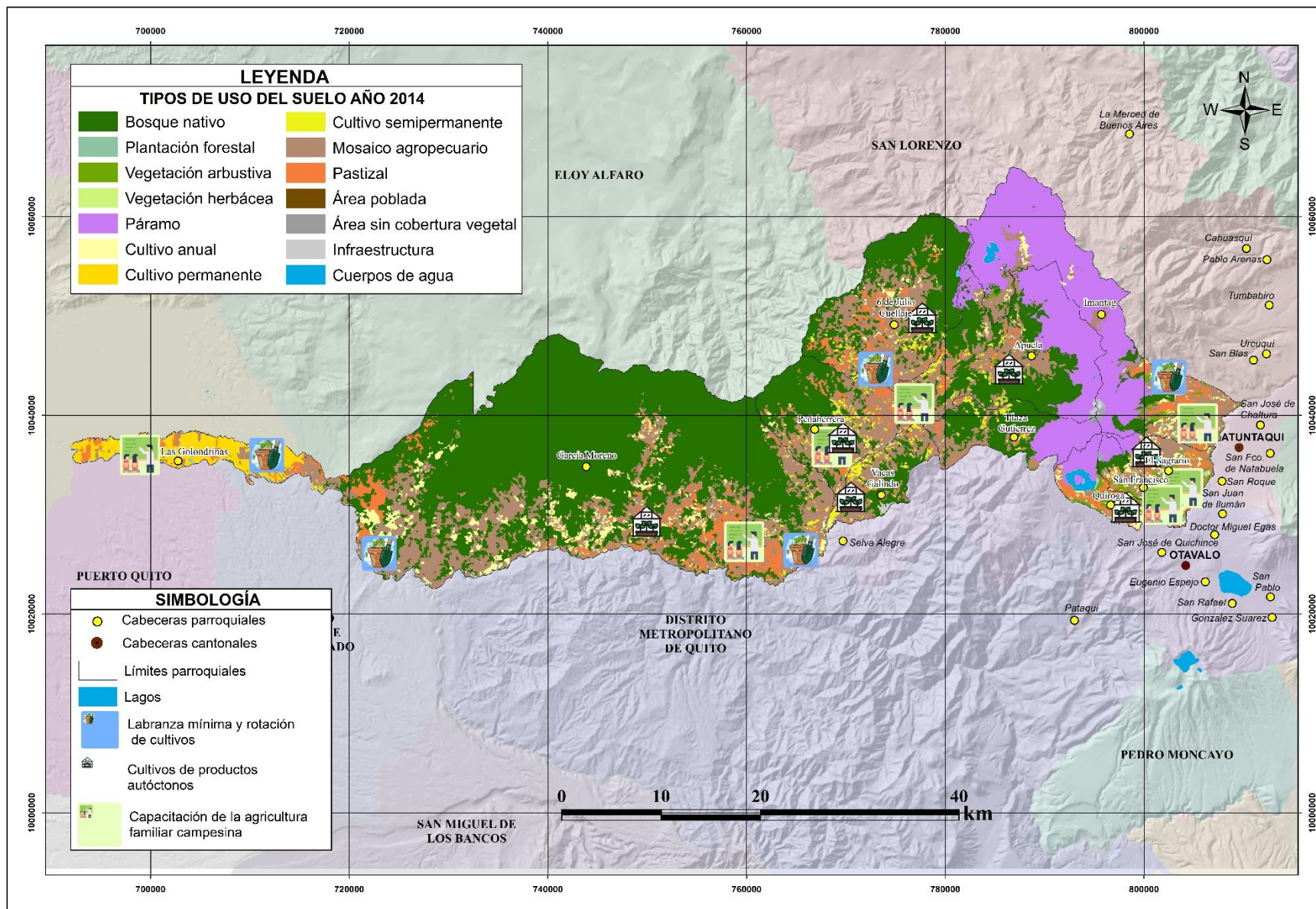
<b>Actividades</b>	<b>Alcance</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Responsables</b>	<b>Tiempo de ejecución: 5 años</b>
<b>1.</b> Fomentar más investigaciones sobre el uso potencial del suelo.	-Investigaciones similares al presente estudio, en periodos de tiempo prolongados para determinar la dinámica cambiante del territorio.	-Cartografía temática de uso potencial del suelo.	-Autores y agricultores de la zona. -Prefectura de Imbabura. -Ministerio de Agricultura y Ganadería.	Primer año y quinto año.
<b>2.</b> Implementación de técnicas sostenibles del suelo a nivel de fincas como: labranza mínima, rotación de cultivos, elaboración de biofertilizantes, sistemas agroforestales, y manejo de pastos con un sistema silvopastoril con un mosaico agroforestal de árboles nativos dispersos.	-Enfocadas a los propietarios interesados de las fincas parroquiales, se aplicará una vez al inicio del proyecto y al final para el control y verificación	-Registro de participantes, fotografías y documentación.	-Autores y agricultores de la zona. -Prefectura de Imbabura. -Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. -Ministerio de Agricultura y Ganadería.	Primer y quinto año.
<b>3.</b> Capacitación sobre el beneficio de incorporar el manejo de sistemas agroecológicos.  <b>4.</b> Técnicas sostenibles del suelo como: rotación de cultivos, elaboración de biofertilizantes.	-Dirigido a las familias campesinas en las cabeceras parroquiales durante tres veces al año.	-Registro de participantes, fotografías, documentación e informes de capacitación.	-Autores y agricultores de la zona. -Prefectura de Imbabura. -Ministerio de Agricultura y Ganadería.	Durante toda la fase del proyecto.
<b>5.</b> Cultivos de productos autóctonos de la zona recuperando aquellos que se han perdido para la mejora de la seguridad alimentaria	-Se aplicará a las comunidades con mayor necesidad, se realizará una vez al año.	- Registro de asistentes y fotografías.	MAGAP, Prefectura de Imbabura y familias campesinas.	Durante toda la fase del proyecto.

Se establecieron cinco actividades para las técnicas de manejo adecuado del suelo; la primera actividad fue referente a los resultados obtenidos del primer y segundo objetivo del presente estudio, la segunda y cuarta actividad son técnicas efectivas y ecológicas apropiadas para rehabilitar los suelos. Detlefsen y Sommarriba (2015), implementaron técnicas sostenibles para el manejo adecuado del suelo mediante sistemas agroforestales a nivel de fincas agropecuarias en Centroamérica con condiciones climáticas que varían constantemente, donde determinaron que esta técnica tiene beneficios para la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos.

Así mismo, Alvear (2018) implementó las prácticas agrícolas que mejoran la fertilidad, humedad de la tierra y control de plagas para mantener el suelo sano y estable, permitiendo que los cultivos sean de alta calidad. Para la efectividad de estas técnicas es necesario la capacitación a las familias, por lo que la tercera actividad propuesta consiste en enseñar a la población sobre el beneficio de incorporar el manejo de sistemas agroecológicos. Según Borrás (2018) fomentar la agricultura ecológica mejora la calidad nutritiva de los productos propios de la zona.

Estrada y Suarez (2020) demostraron que la conservación de productos autóctonos *in situ* depende de factores como la disponibilidad de las semillas, el manejo del cultivo, los usos dentro de las fincas y la demanda del mercado, por lo que los agricultores prefieren conservar este tipo de parcelas con variedades nativas, lo que es favorable para la reintroducción de las mismas. A continuación, se presenta el mapa sobre la ubicación de la estrategia con sus respectivas actividades (Figura 12).





**Figura 12.** Ubicación geográfica de la estrategia 3: técnicas para el manejo adecuado del suelo

- **Proyecto 2: Concienciación ambiental a los pobladores del cantón Cotacachi**

De acuerdo con los resultados del primer y segundo objetivo, se evidenció el mal manejo de las tierras y conflictos de uso del suelo y para ello se propuso incentivar una cultura de conciencia ambiental en la población sobre el cuidado y manejo responsable del recurso suelo, para inculcar valores, actividades y un pensamiento crítico-analítico sobre la conservación del ambiente y lo que representa para la sociedad futura. De igual manera, Rivera (2018) mencionan que la conciencia ambiental no solo se debe limitar a una reflexión teórica, más bien se debe proponer soluciones alternativas que puedan expandirse a todos los espacios de socialización como comunidades y medios de comunicación. Por lo que se propone la difusión de campañas en todos los medios de comunicación sobre cómo realizar una gestión sostenible y una conservación ambiental de sus tierras y la población sea partícipe de estos temas. Además, se involucren en talleres didácticos para identificar como los conflictos de uso del suelo se generan por la incompatibilidad de uso (Tabla 30).

#### **Objetivo general**

- Incentivar una cultura de conciencia ambiental a los pobladores del cantón Cotacachi sobre el cuidado y manejo responsable del recurso suelo

#### **Objetivo específico**

- Promover el respeto y el conocimiento que tiene el ser humano sobre la naturaleza para fomentar la participación en la conservación de los recursos naturales.
- Realizar talleres participativos, teóricos y prácticos, sobre el cuidado del ambiente y el buen uso del suelo.

**Tabla 30.** Concienciación ambiental a los pobladores del cantón Cotacachi

<b>Actividades</b>	<b>Alcance</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Responsables</b>	<b>Tiempo de ejecución: 5 años</b>
<b>1.</b> Campañas de difusión en redes sociales y medios de comunicación sobre la gestión sostenible del suelo y la conservación ambiental para mantener la participación activa de la población.	-En emisoras radiales del cantón y páginas web, de manera permanente.	-Registro de medios de difusión, fotografías y páginas web informativas.	-Autores y agricultores de la zona. -Ministerio del ambiente, agua y transición ecológica. -Prefectura de Imbabura. -Ministerio de Agricultura y Ganadería.	Durante toda la fase del proyecto.
<b>2.</b> Utilización de huertos como herramienta pedagógica para enseñar a los niños sobre la agricultura responsable	-Dirigidas a instituciones educativas cada periodo escolar académico.	-Registro de planteles educativos participantes, fotografías y documentación.	-Autores y agricultores de la zona. -Ministerio de Agricultura y Ganadería.	Durante toda la fase del proyecto.
<b>3.</b> Participación activa de los jóvenes en la agricultura para evitar la pérdida de costumbres y tradiciones en el campo agrícola.	-Dirigidos a instituciones educativas secundarias del cantón en cada periodo escolar académico.	-Informes de capacitación.	-Autores y agricultores de la zona. -Ministerio de Agricultura y Ganadería.	Durante toda la fase del proyecto.
<b>4.</b> Talleres didácticos sobre la determinación de los conflictos de uso del suelo para evitar la degradación de la tierra por sobreutilización.	-Orientados a los agricultores tres veces al año.	Documentación, fotografías.	ONG's, Ministerio del ambiente, agua y transición ecológica, GAD municipal Cotacachi, pobladores del cantón Cotacachi	Durante toda la fase del proyecto.

Para la concienciación ambiental es importante una educación basada en una perspectiva de valores medioambientales como lo menciona Gómez (2020), quien aplicó en el estudio un modelo social y educativo innovador mediante múltiples propuestas pedagógicas y didácticas que permitan tanto a los profesores como a los estudiantes promover valores morales y éticos en armonía con la naturaleza. Así mismo León (2016) menciona la importancia de involucrar a niños en actividades y experiencias ambientalistas para desarrollar y potenciar sus capacidades, induciendo en ellos el compromiso y una concienciación ambiental.

Es necesario que la concienciación ambiental se fomente desde la niñez ya que según los resultados de Sánchez (2022) los agricultores mantienen sus prácticas tradicionales y no tienen una predisposición para cambiar su manera de producir y no existe el interés en adoptar cambios necesarios para una agricultura sostenible.

Por otra parte, Maldonado et al. (2018), en la investigación sobre los huertos escolares como herramienta estratégica implementaron técnicas de cultivo a estudiantes y padres de familia con cuatro actividades que corresponde a técnicas agropecuarias, actividades de siembra y de riego, actividades de talleres medicinales, fertilización, plagas, enfermedades y recolección. Durante este proceso se percibieron algunas limitantes como la falta de apropiación de la temática por parte de los padres de familia lo que impide el trabajo y el compromiso de estas labores (Figura 13).



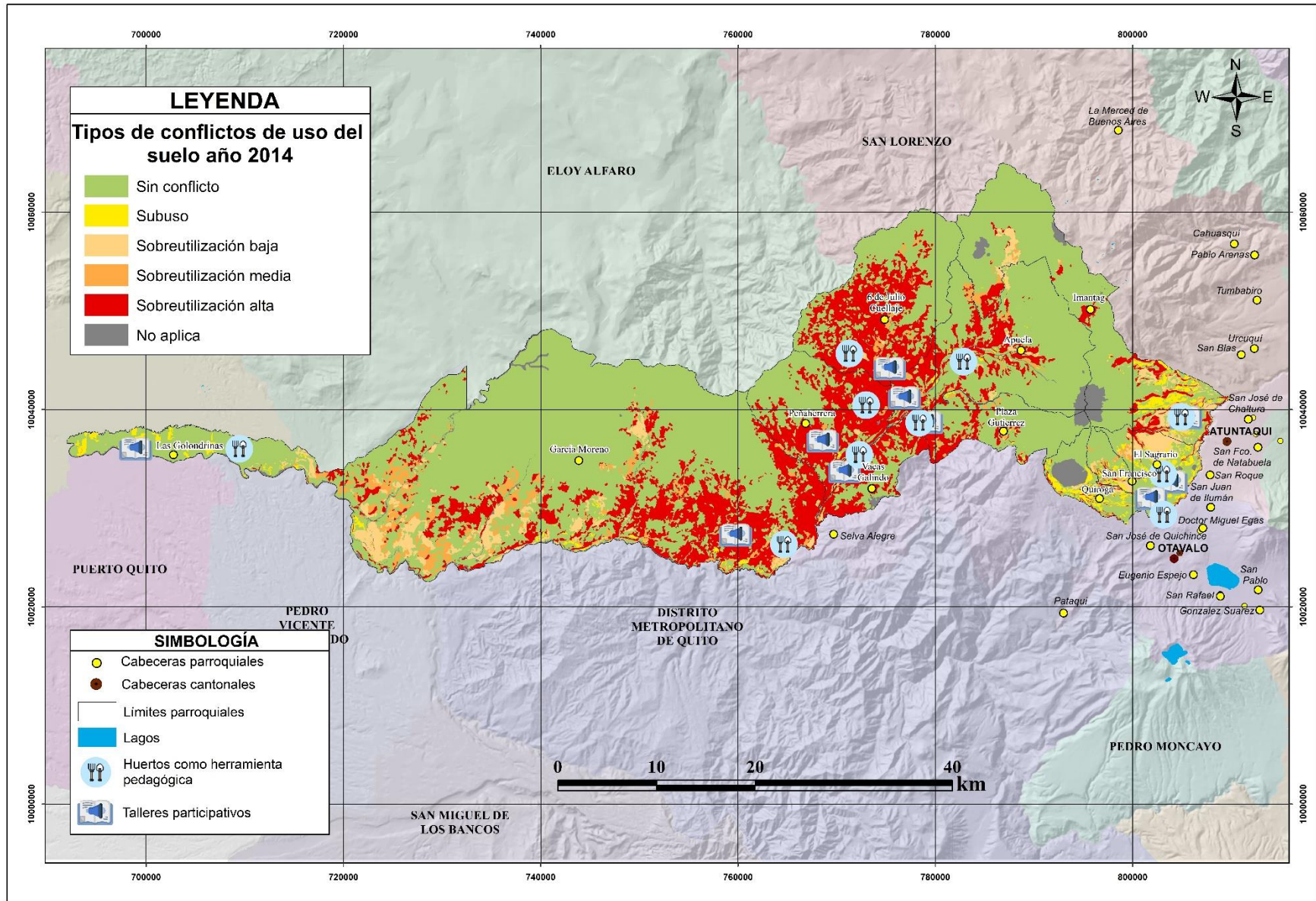


Figura 13. Ubicación geográfica de la estrategia 4: concienciación ambiental a los pobladores del cantón Cotacachi

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

De acuerdo con los cambios de uso del suelo, se determinó que la cobertura del bosque nativo disminuyó a 18.825,03 hectáreas, equivalente al 10,11%, una de las causas se debe al incremento del área poblada y la expansión agrícola. Además, hubo una pérdida total de la superficie glaciaria en el volcán Cotacachi a favor del páramo, el cual aumentó a 2.911,25 hectáreas, que equivale a 1,56% de la superficie cantonal.

El cantón Cotacachi presenta suelos de uso potencial aptos para protección y conservación de recursos, con el 67,26% equivalente a las 125.213,59 hectáreas del territorio cantonal; esto se debe en gran parte a que existen varios bosques protectores y la presencia del Parque Nacional Cotacachi Cayapas los cuales se encuentran bajo actividades conservacionistas y de protección.

Los conflictos de uso del suelo que se han generado en el periodo de 1990 y 2014 en el cantón Cotacachi fueron: tierras sin conflicto o uso adecuado, el cual se ha reducido en un 7,14% pasó de una superficie de 72,45% a 65,31%, el conflicto por subutilización se redujo un 0,71% y ha aumentado el conflicto por sobreutilización a 8,55%, distribuidas en sobreutilización baja a 1,79%, sobreuso medio a 1,11% y sobreuso alto a 5,65%.

De acuerdo con los resultados del uso potencial del suelo y los conflictos de uso, se analizó que uno de los factores causantes es el aumento de la expansión agrícola en sitios donde el suelo no está siendo utilizado adecuadamente de acuerdo a su uso potencial, y como consecuencia se identificó la disminución de la cobertura del bosque nativo.

Se propuso dos estrategias de conservación en las zonas que presentan mayor conflicto de uso del suelo, con dos proyectos cada una, mismas que permitirán el correcto uso de suelo en el cantón Cotacachi, la primera estrategia está orientada a la recuperación de la cobertura vegetal para mejorar la calidad de vida

de los pobladores a través de los proyectos de implementación del ecoturismo comunitario de bosque nativo de sustento y técnicas de control de la erosión del suelo. La segunda estrategia consiste en el manejo del suelo a través de la participación comunitaria con los proyectos de técnicas para un manejo adecuado del suelo y la concienciación ambiental.

## **5.2. Recomendaciones**

Ejecutar investigaciones similares que den continuidad a este tipo de estudios, como la presente investigación para actualizar datos sobre el cambio de uso de suelo ocurrido en el cantón Cotacachi, con el fin de evaluar la dinámica cambiante del territorio.

Desarrollar y poner en práctica las estrategias propuestas en el presente estudio para incentivar y fomentar el manejo de los AFC (agricultura familiar campesina) y BPA (Buenas prácticas ambientales) a los pobladores del cantón Cotacachi en las fincas familiares con el fin de gestionar de manera adecuada los recursos naturales, equilibrar el uso actual del suelo con el uso potencial del mismo y evitar los conflictos de uso de suelo generados por el mal manejo del territorio.

Realizar estudios integrales en el cantón Cotacachi que se enfoquen al sector turístico y cultural, fomentando el ecoturismo comunitario de bosque nativo de sustento, ya que sus tierras son aptas para protección y conservación de suelos con vegetación arbórea y arbustiva.

Incorporar los resultados obtenidos de la presente investigación para fortalecer los planes de manejo y la Planificación de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) en los GAD's parroquiales del cantón.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, V. (2012). *Diseño ambiental para el manejo sustentable de una granja familiar en el cantón Cevallos de la provincia de Tungurahua- Ecuador*. (Tesis pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Alconada, M. y Lanfranco, J. (2020). *Suelo en el paisaje, parte II Condiciones de abastecimiento*. Buenos Aires, Argentina: Editorial de la UNLP. Obtenido de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/96774/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/96774/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Aldás, E. (2019). *Análisis de la dinámica temporal del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) para los años 1986, 2001 y 2017 en la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, Imbabura, mediante el uso de google Earth Engine*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Almada, R. y Valencia, R. (2017). Indicadores PER y FPEIR para el análisis de la Sustentabilidad en el municipio de Cihuatlán, Jalisco, México. *Nóesis*, (27, 53-1), 1-26. doi:<http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2018.3.1>
- Almoza, Y., Medina, H., Schiettecatte, W., Alonso, G. y Rúaiz, M. (2008). El uso de datos pluviométricos para la determinación del factor erosividad de las precipitaciones en el modelo RUSLE. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(1), 38-43. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/932/93217108.pdf>
- Alvarado, G. y Espinoza, I. (2018). *Evaluación temporal del uso y cobertura vegetal del suelo en la subcuenca del río Llavircay y planteamiento de acciones para su manejo y gestión*. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- Alvarado, V., Bermúdez, T., Romero, M., Piedra, L. (2013). Plantas nativas para el control de la erosión en taludes de ríos urbanos. *Journal of soil science*, 4(1).
- Álvarez, D. y Mora, V. (2017). *Análisis del uso actual y potencial del suelo de la Reserva Hídrica comunitaria Nangulví Bajo, Zona de Intag: propuesta de*



- programas de conservación y protección.* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Álvarez, J. y Agredo, G. (2013). Pérdida de la cobertura vegetal y de oxígeno en la media montaña del trópico andino, caso cuenca urbana San Luis (Manizales). *Luna Azul*, (37), 30-48.
- Alvear, N. (2018). *Estudio multitemporal de cambio de uso del suelo en la microcuenca del río Escudillas.* (Tesis de posgrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Andrade, D. (2016). *Análisis multitemporal de la cobertura de páramo en la producción de agua en la cuenca alta del río Apuela, Cantón Cotacachi, provincia de Imbabura.* (Tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Antón, R. (2010). *Metodología de evaluación de la capacidad de uso del suelo de la Provincia de Cabo Delgado (Mozambique) según Clases de Capacidad Agrológica.* (Tesis de pregrado). Universidad Pública de Navarra Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos, Cabo Delgado en Mozambique.
- Arancibia, M. (2012). El uso de los sistemas de información geográfica –SIG- en la planificación estratégica de los recursos energéticos. *Polis*, 7(20), 227-238.
- Barbera, A., Melión, D., Vaccaro, M. y Zamora, M. (2019). *Agroecología en sistemas de gran escala: la experiencia de “San Ignacio” en Bragado.* Bragado, Argentina: AER Bragado, EEA Pergamino, INTA.
- Barrios, A. y Quiñonez, E. (2000). Evaluación de la erosión utilizando el modelo R (USLE) con apoyo de SIG. Aplicación en una microcuenca de los Andes Venezolanos. *Forest. Venez*, 44(1), 65-71. Obtenido de [http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/24173/articulo44\\_1\\_7.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/24173/articulo44_1_7.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- BirdLife International. (22 de Junio de 2021). *BirdLife International.* Obtenido de <http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/intag-tois%C3%A1n-iba-ecuador>

- Borrás, C. (23 de mayo de 2018). *Los beneficios de la agricultura ecológica. Ecología verde. Recuperado el 28 de mayo del 2022 de* <https://www.ecologiaverde.com/los-beneficios-de-la-agricultura-ecologica-78.html>
- Camacho, J., Pérez, J., Pineda, N., Cadena, E., Bravo, L. y Sánchez, M. (2015). Cambios de cobertura / uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. *Madera y Bosques*, 21(1), 93-112. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712015000100008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000100008)
- Cartaya, S., Zurita, S. y Mantuano, R. (2017). Identificación de conflictos de uso de la tierra para la observación de Cuniculus paca, Ecuador. *Revista Geográfica Venezolana*, 59(2), 262-279. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3477/347760473003/html/index.html>
- Castro, I. (2013). Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca de presa Madín, México. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 34(2), 3-16. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v34n2/riha01213.pdf>
- Cifuentes, J. y Valenzuela, J. (2019). *Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo de la microcuenca del río Chuchuví, provincia de Esmeraldas*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- CLIRSEN, y MAGAP. (2011). Generación de geo información para la gestión el territorio a nivel nacional a escala 1:25000. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA8/NIVEL\\_DEL\\_PDOT\\_CANTONAL/GUAYAS/GUAYAQUIL/MEMORIA\\_TECNICA/mt\\_capacidad\\_uso\\_de\\_la\\_tierra.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA8/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/GUAYAS/GUAYAQUIL/MEMORIA_TECNICA/mt_capacidad_uso_de_la_tierra.pdf)
- Código Orgánico del Ambiente. (2017). *Registro Oficial Suplemento 983*. (12 de abril del 2017). Quito, Ecuador.
- Condori, L., Loza, M., Mamani, F. y Solis, H. (2018). Análisis multitemporal de la cobertura boscosa empleando la metodología de teledetección espacial y

SIG en la sub-cuenca del río Coroico—Provincia Caranavi en los años 1989 – 2014. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 9(1), 25-44. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942018000100003&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942018000100003&script=sci_abstract)

Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Registro Oficial*, 449. Ciudad Alfaro : Asamblea Constituyente.

Convención de las Naciones Unidas. (2013). *2ª Conferencia Científica de la CLD; Aspectos económicos de la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía: Metodologías y análisis para la toma de decisiones*. Obtenido de <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/onu/986-spa.pdf>

Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2011). *Decenio de las Naciones Unidas sobre la Biodiversidad. Registro Oficial 647*. Río de Janeiro, Brasil. Obtenido de <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf>

Código Organico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización [COOTAD]. (2010). *Registro Oficial Suplemento 303*. (19 de octubre del 2010). Quiro, Ecuador.

Crosara, A. (2015). La Edafosfera. *Textura del suelo* (1-19). Obtenido de [http://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-may25-45/tema\\_6.pdf](http://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-may25-45/tema_6.pdf)

Curtidor, L. y Viscaya, F. (2016). Determinación del estado actual del conflicto del uso del suelo en Santander, Colombia. *Dinámica Ambiental*, 1(1), 1-12. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4591>

Daza, M., Hernández, F. y Alba, F. (2014). Efecto del uso del suelo en la capacidad de almacenamiento hídrico en el páramo de Sumapaz-Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 67(1), 7189-7200.

Detlefsen, G. y Somarriba, E. (2015). Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales. En RF Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola,

H. y Eibl, B (Eds.), *Producción agroforestal de madera en fincas agropecuarias de Centroamérica.*, (págs. 21-24). CIPAV.

Estrada, V. y Suarez, D. (2020). Factores socioambientales que favorecen la conservación in situ de tubérculos alto andinos nativos en los cantones de Colta y Guamote en Chimborazo, Ecuador. *Sociedad y Ambiente*, (22), 72-96.

Fierro, M. (2011). *Incidencia de la participación comunitaria en el diseño del plan ecoturísticos del sector Rocon cantón Chambo provincia de Chimborazo.* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato.

Flores, E. y Oscanoa, L. (2016). Influencia de técnicas de mejora de suelo sobre la función hídrica de pastos naturales altoandinos. *Ecología Aplicada*, 15(2), 91-99.

Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola [FIDA] (2010). *Desertificación.* Roma.

Fournier, F. (1960). *Climat et érosion.* (E. P. París., Ed.) France, París. Obtenido de [https://scholar.google.com.ec/scholar?q=Fournier,+F.+\(1960\).+Climat+et+%C3%A9rosion.&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholar](https://scholar.google.com.ec/scholar?q=Fournier,+F.+(1960).+Climat+et+%C3%A9rosion.&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar)

Fuentes , N., Martelo, R. y Jiménez, I. (2017). Planeación estratégica para la gestión ambiental en los municipios del sur de la Guajira-Colombia. *Espacios*, 38(32), 13 .

García, E. (2013). *Estrategias para la recuperación de suelos degradados en ambientes semiáridos: adición de dosis elevadas de residuos orgánicos de origen urbano y su implicación en la fijación de carbono.* (Tesis de pregrado). Universidad de Murcia. Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología, Murcia, España. Obtenido de <https://www.tdx.cat/handle/10803/121594>

Gómez, D. (2008). *Ordenación territorial.* Madrid, España: Mundi prensa. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=ZdWTAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=G%C3%B3mez,+D.+\(2008\).+Ordenaci%C3%B3n](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=ZdWTAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=G%C3%B3mez,+D.+(2008).+Ordenaci%C3%B3n)

+territorial.&ots=C\_co6hnmW5&sig=BX\_zlIonRLnqHaqdQcE4ZcQdgi4  
#v=onepage&q=G%C3%B3mez%2C%20D.%20(2008).%20Ordenaci%C  
3%B3n%20territorial.&f=false

Gómez, J. (2020). Perspectiva ambiental y globalizadora ambiental: transformación ética y nuevos retos. *Andamios*, 16(40), 299-325.

Gonzales, C. (2020). *Modelo reproductivo del cambio y uso del suelo entre años 1990 a 2023 en el parque nacional Machalilla*. (Tesis de pregrado). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.

Gonzales, M. (2017). *Impacto del cambio de uso del suelo en las áreas productoras de agua de la cuenca del río Magdalena, cantón Cotacachi*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

Guerra, S. (2014). *Determinación del conflicto de uso de suelo para las veredas Las Petacas y La Correa del municipio de Puerto Rondón dentro de la cuenca del río Cravo Norte en el departamento de Arauca*. (. Universidad Militar Nueva Granada. (Tesis de posgrado). Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/11729>

Haro, E. (2016). *Conflictos ambientales en la reserva ecológica Cotacachi Cayapas caso: la comuna de Piñán*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

Hernández, H. y Tejera, B. (2016). Deforestación, género y estrategias familiares de vida en la comunidad de San Miguel Pomacuarán, Michoacán. *Geografía Agrícola*, (56), 55-63.

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2010). *Proyecciones de la Población de la República del Ecuador 2010-2050*. Ecuador. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/ESTADISTICA/Proyecciones\\_y\\_estudios\\_demograficos/Proyecciones%202010/Metodologia%20Proyecciones%20Poblacionales.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/ESTADISTICA/Proyecciones_y_estudios_demograficos/Proyecciones%202010/Metodologia%20Proyecciones%20Poblacionales.pdf)

- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2017). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac\\_2017/Informe\\_Ejecutivo\\_ESPAC\\_2017.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf)
- Instituto Geofísico Militar [IGM]. (2014). *Proyecto de Generación de Geoinformación a Escala 1:25000 a nivel Nacional" para el cantón Cotacachi provincia de Imbabura*. Obtenido de [https://www.geoportalign.gob.ec/descargas\\_prueba/cotacachi.html](https://www.geoportalign.gob.ec/descargas_prueba/cotacachi.html)
- Instituto Geofísico Militar [IGM]. (2020). *IGM geoportalign.gob.ec*. Obtenido de <http://www.geoportalign.gob.ec/portal/>
- Jácome, G., Mejía, J., Guerra, N., Romero, A., Piedmag, V., Padilla, C., Tanaí, I. y Pupiales, N. (2020). Los volcanes de Imbabura y su tiempo geológico. *FICAYA Emprende*. Imbabura, Ecuador. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/339055058\\_Los\\_Volcanes\\_de\\_Imbabura\\_y\\_su\\_Tiempo\\_Geologico](https://www.researchgate.net/publication/339055058_Los_Volcanes_de_Imbabura_y_su_Tiempo_Geologico)
- Jaramillo, C. y Pineda, J. (2022). *Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en la zona de amortiguamiento altoandina del Parque Nacional Cotacachi-Cayapas (1990-2019)*. (Tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Kirkby, M. y Morgan, R. (1980). *Erosion del suelo*. Distrito Federal. México: Editorial LIMUSA.
- Lambin, E. y Meyfroidt, P. (2010). Land use transitions: Socio-ecological feedback versus socio-economic change. *ScienceDirect*, 27(2), 108-118. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837709001288>
- Latorre, S., Walter, M. y Larrea, C. (Ed). (2015). *Íntag, un territorio en disputa: evaluación de escenarios territoriales extractivos y no extractivos*. Quito, Ecuador: Editorial Abya-Yala.

- León, C. (2016). *Programa juntos por un corazón verde para desarrollar la conciencia ambiental en los niños de 5 años de la I.E.P. Crayolas De Chiclayo - 2015*. (Tesis pregrado). Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú.
- Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial Uso y Gestión del Suelo. (2016). (*Registro Oficial N° 790*. (20 de junio de 2016). Quito, Ecuador.
- López, A., Sánchez , I., Esquivel , G. y González , J. (2012). Evaluación de la vulnerabilidad de los suelos del Estado de Durango, México en el contexto del cambio climático. *Agrociencia Uruguay*, 16(3), 117-27. Obtenido de <http://agrocienciauruguay.uy/ojs/index.php/agrociencia/article/view/654>
- López, R., Sánchez, N., Martín, S., Santos, F. y Morales, R. (2004). Utilización de un SIG para la evaluación de la potencialidad agrológica en la comarca de Tierra de Alba (Salamanca). *GeoFocus*, (4), 25-43.
- 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. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 22(2), 136-144. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/handle/123456789/32686>
- Mas, J. y Flamenco, A. (2011). Modelación de los cambios de coberturas y uso del suelo en una región tropical del México. *GeoTropico*, 5(1): 1-24.
- Maldonado, S., Ospino, L., Martínez, J., Salgado, G., Salcedo, L y Ospino, D. (2018), huerta escolar como herramienta estratégica para fomentar la investigación. *Cultura educación y sociedad Implementación de una*, 9(3), 335-342.
- Mendoza, M., Giler, A., Aguilar, C. y Pimentel, R. (2021). Evaluación del uso y cobertura del suelo en la cuenca río Chico. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(2).
- Merlo, J., Yépez, R. y Moreno, V. (2010). *Evaluación de las tierras por su capacidad de uso en la Cuenca baja del río Guayas. XII Congreso*

*Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. Santo Domingo, Ecuador : CLISRSEN.

Mora , M., Pescador, L., Ramos, L. y Almario, J. (2017). Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia. *Ingeniería Y Región*, 17, 1-12. doi:<https://doi.org/10.25054/22161325.1212>

Morales, S. (2011). *Zonificación Ecológica Ambiental del cantón Otavalo, provincia de Imbabura*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

Morgan, R. (1997). *Erosión y conservación del suelo*. España: Mandí-Prensa.

Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo, y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados . (2003). (*Decreto N° 3.516*). *Anexo II, Libro VI: De la Calidad Ambiental, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC112181>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (19 de Febrero de 2015). *Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables*. Obtenido de FAO Soils: <https://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/277721/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo [FAO y GTIS] (2016). *Estado Mundial del Recurso Suelo, Resumen Técnico*. Roma, Italia. Obtenido de: <https://www.fao.org/3/i5126s/i5126s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [FAO y MADS] (2018). *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales*. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf>



- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO] (2017). *La cultura, elemento central de los ODS*. Obtenido de: <https://es.unesco.org/courier/april-june-2017/cultura-elemento-central-ods>
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico [OCDE]. (1993). *Core set of indicators for environmental performance reviews: A synthesis report by the group on the state of the environment*. Paris. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjpecqu9LH0AhXktTEKHTmyBVkQFno>
- Orihuela, J. (2015). Sistema agroforestal multiestrato. Recuperación de suelos degradados en la amazonia. *LEISA revista de Agroecología*, 31(1).
- Palma, S. (2016). Planificación estratégica, sistémica y prospectiva para prevenir y mitigar riesgos de desastre en áreas urbanas históricas de Guatemala. *Quivera*, 18(2),11-30.
- Pandia, E. (2015). *Modelo presión, estado, respuesta (P-E-R), para la clasificación de indicadores ambientales y gestión de la calidad del agua*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor San Marcos, Lima, Perú. Obtenido de [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/4647/Pandia\\_fe.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/4647/Pandia_fe.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- PDOT Cotacachi. (2011). *Informe final del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno municipal de Santa Ana de Cotacachi*. Cotacachi, Ecuador.
- PDOT Cotacachi. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Cotacachi, Ecuador.
- PDOT Peñaherrera. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Peñaherrera*. Cotacachi, Ecuador.
- PDOT García Moreno. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia García Moreno*. Cotacachi, Ecuador.

- Perales, A. (2019). *Pérdida de suelo por erosión hídrica aplicando el modelo RUSLE en la cuenca del río Supte Grande, provincia Leoncio Prado – Huánuco*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María – Perú.
- Pineda, O. (2011). *Análisis de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el municipio de Valle de Santiago*. (Tesis de pregrado). Centro de Investigación en Geografía y Geomática., México.
- Pontius, R., Shusas, E. y McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101(1), 251-268. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016788090300327X>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). *Defensa y Conservación Ecológica de Intag (DECOIN), Ecuador*. Estudios de Caso de la Iniciativa Ecuatorial. Nueva York, NY. Obtenido de <https://www.equatorinitiative.org/wp-content/uploads/2019/12/DECOIN-Ecuador-Spanish-1.pdf>
- Puebla, A., Chávez, E. y Rodríguez, P. (2011). La determinación de los conflictos de uso del territorio: cuenca alta del río Cauto. *Terra Nueva Etapa*, 27(42), pp. 47-71. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/721/72121706003.pdf>
- Renard, K., Foster, G., Weesies, G. y Porter, J. (1991). RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation. *Journal of Soil and Water Conservatio*, 46(1), 30-33. Obtenido de <https://www.jswnonline.org/content/46/1/30>
- Restrepo, J. (2015). El impacto de la deforestación en la erosión de la cuenca del río Magdalena (1980-2010). *Academia Colombiana de Ciencia*, 39(151), 250-267.
- Rivera, R. (2018). *Filosofía de la ciencia y sustentabilidad*. México: Biblioteca virtual de Derecho, Economía y Ciencias Sociales. Obtenido de [//www.eumed.net/2/libros/1700/ciencia-sustentabilidad.html](http://www.eumed.net/2/libros/1700/ciencia-sustentabilidad.html)

- Ropero, S. (22 de Septiembre de 2020). Indicadores ambientales: qué son, tipos y ejemplos. *Ecología Verde*. Obtenido de: <https://www.ecologiaverde.com/indicadores-ambientales-que-son-tipos-y-ejemplos-2759.html>
- Rosas, V. y Arribillaga, D. (2013). Potencial productivo en base a la profundidad de los suelos del Valle de Chile Chico. *Informativo INIA Tamel Aike*, 2(2-13), 1-4. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/4500/Informativo%20INIA?sequence=1&isAllowed=y>
- Salas, A. (2018). *Influencia de indicadores de Presión, Estado y Respuesta (PER) en el desarrollo sostenible de la zona de la franja ribereña del río Chillón distrito Los Olivos, 2018*. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima Perú.
- Salas, J. y Valenzuela, A. (2011). *Delimitación de los conflictos de uso de suelo en la microcuenca Panchachindo-Municipio de la Florida- Departamento de Nariño*. (Tesis de pregrado). Universidad de Nariño, Colombia.
- Samaniego, D. (2012). *Manejo ecológico del suelo como fundamento de los procesos de transición hacia la agroecología*. (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Sánchez, J. y Simbaña, M. (2018). Los Geoparques y su implantación en América Latina. *Estudios Geográficos*, 79 (285), 445-467.
- Sánchez, A. (2022). *Estrategias de sensibilización para la conciencia ambiental en agricultores del Centro Poblado Sialupe Huamantanga de Lambayeque*. (Tesis de posgrado). Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú.
- Secretaría Nacional de Planificación. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades. (2021-2025)*. Quito, Ecuador.
- Seguí, A., Portalés, C., Cabrelles, M. y Lerma, J. (2012). Los sistemas de información geográfica: concepto, ventajas y posibilidades en el campo de

la restauración. *LOGGIA*, 24-25. Obtenido de <https://polipapers.upv.es/index.php/loggia/article/view/3008>

Suárez, Y. y Pacheco, Y. (2014). Propuesta de reforestación de la finca "EL Palmar" del municipio de Pinar del Río, mediante la forestaría análoga. *Avances*, 16(2), 116-124. Obtenido de <https://www.redalyc.org/comocitar.oi?id=637867046005>

Torres, J. (28 de Noviembre de 2011). Guia Prácticas Conservacionistas del Suelo *SlideShare*. Obtenido de JOGUITOPAR: <https://es.slideshare.net/joguitopar/joguitopar-guia-prcticas-conservacionistas-del-suelo>

Vaca, E. (2018). *Estrategias de restauración ambiental en ecosistemas fragmentados en la parroquia 6 de Julio - Cuellaje, cantón Cotacachi*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, Ibarra, Ecuador.

Valderrama, J. (2014). *Conflictos entre uso actual y Capacidad de uso Mayor de los suelos que influyen en el Desarrollo Territorial Sostenible del distrito de Matara, Cajamarca*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

Vázquez, R. y García, R. (2018). Indicadores PER y FPEIR para el análisis de la sustentabilidad en el municipio de Cihuatlán, Jalisco, México. *Ciencias Sociales y Humanidades*. 27(53-1), 1-26.

Vázquez, V., Plata, M., Mejía, M., Pérez, J. y Gutiérrez, J. (2015). Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano. *Ciencia Ergo Sum*, 22(2), 136-144.

Villegas, D. (2021). Determinación del uso potencial del suelo a partir de la modelación geoespacial de variables agroecológicas y forestales de un área de protección ambiental ubicada en la Región Centro-sur de México. *Acta universitaria*, vol.31. Obtenido de <https://doi.org/10.15174/au.2021.3049>

- Wischmeier, W. y Smith, D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: A guide for conservation planning. U.S. *Science and Education Administration, U.S. Department of Agriculture*, (537). obtenido de <https://handle.nal.usda.gov/10113/CAT79706928>
- Zalles, J. (2017). Turismo basado en naturaleza y conservación biológica: decisiones de uso de suelo en Mindo. *Letras verdes*, (23), 178-198. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.17141/letrasverdes.23.2018.2861>
- Zalles, J. (2017). Turismo basado en naturaleza y conservación biológica: decisiones de uso de suelo en Mindo. *Letras verdes*, (23), 178-198. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.17141/letrasverdes.23.2018.2861>
- Zepeda, C., Nemiga, X., Lot, H. y Madrigal, U. (2012). Análisis del cambio del uso del suelo en las ciénegas de Lerma (2008) y su impacto en la vegetación acuática. *Investigaciones Geográficas*, 78(48).

## Anexo 1. Tablas

Anexo 1.1. Matriz de transición de cambios de uso de suelo en el periodo: 1990-2014

		2014																
TIPOS DE COBERTURA VEGETAL	Área poblada	Área sin cobertura vegetal	Bosque nativo	Cultivo anual	Cultivo permanente	Cultivo semi permanente	Espejos de agua natural	Glaciar	Infraestructura	Mosaico agropecuario	Páramo	Pastizal	Plantación forestal	Sin información	Vegetación arbustiva	Vegetación herbácea	TOTAL 1990	
	1990	Área poblada	82.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82.43
Área sin cobertura vegetal		0	0	1.17	3.51	0	0.90	0	0	15.84	142.62	1.35	0	0	0.72	0	166.11	
Bosque nativo		13.59	0	77 141.62	2 305.45	1 461.72	694.89	13.49	0	26.09	16 604.11	89.56	2 655.42	16.86	0	19.50	0	101 042.30
Cultivo anual		17.82	0	24.21	29.16	41.75	57.24	0	0	198.54	0	97.65	0	0	0	0	466.37	
Cultivo permanente		0	0	0	0	16.48	0.00	0	0	5.13	0	2.40	0	0	0	0	24.01	
Cultivo semi permanente		0	0	0	0	3.97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.97	
Espejos de agua natural		0.65	0	0	22.30	17.45	4.34	1 241.88	0	0.00	82.29	0	7.97	0	0	0	0	1 376.90
Glaciar		0	200.61	0	0	0	0	0	0	0.00	0	33.93	0	0	0	0	0	234.54
Infraestructura		0	0	0	0	0	0	0	0	47.74	0	0	0	0	0	0	0	47.74
Mosaico agropecuario		221.44	0	3 791.24	3 129.44	1 607.90	1 875.08	37.40	0	69.85	21 112.79	359.31	5 677.96	93.06	0	710.85	0.27	38 686.60
Páramo	0	85.23	28.53	63.99	0	0	4.05	0	0	522.01	21 110.52	6.35	32.67	0	2.34	0	21 855.70	

Pastizal	56.79	0	1 206.86	1 621.66	343.35	585.63	2.49	0	55.78	8 058.28	465.39	<b>3 098.93</b>	27.36	0	516.26	0	<b>16 038.78</b>
Plantación forestal	0	0	0	9.63	36.14	3.78	0	0	0	19.33	0	0	<b>3.55</b>	0	0.72	0	<b>73.14</b>
Sin información	7.86	0	22.11	0	878.09	16.29	2.14	0	0	301.38	15.21	164.35	0	<b>0</b>	0	0	<b>1 407.44</b>
Vegetación arbustiva	0	0	1.53	268.90	31.48	18.83	13.88	0	0.09	715.22	2 500.21	126.11	29.50	0	<b>867.19</b>	0	<b>4 572.93</b>
Vegetación herbácea	0	0	0	9.36	0	0	0	0	0	31.50	50.18	0.27	0	0	0	<b>0.27</b>	<b>91.58</b>
<b>TOTAL 2014</b>	<b>400.58</b>	<b>285.84</b>	<b>82 217.27</b>	<b>7 463.42</b>	<b>4 438.33</b>	<b>3 256.98</b>	<b>1 315.34</b>	<b>0.00</b>	<b>199.54</b>	<b>47 666.42</b>	<b>24 766.94</b>	<b>11 838.76</b>	<b>203.00</b>	<b>0</b>	<b>2 117.57</b>	<b>0.54</b>	

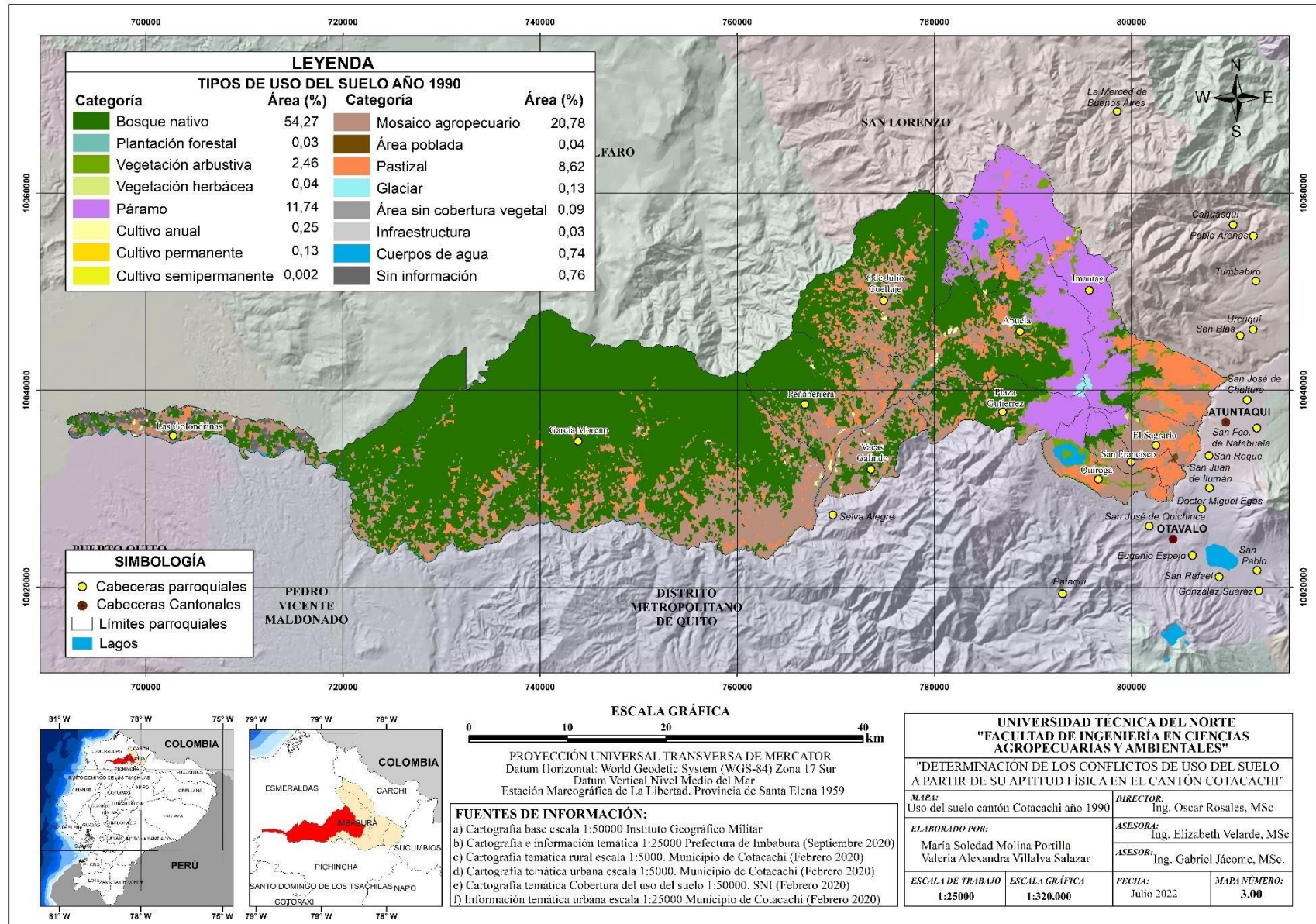
**Anexo 1.2.** Matriz de transición de conflictos de uso del suelo

		Año 2014 (ha)						Total 1990	Disminución	
		Sin conflicto	Subutilización	Sobreutilización bajo	Sobreutilización medio	Sobreutilización alto	No aplica			Sin información
Año 1990 ha	Sin conflicto	110.067,86	2.091,76	4.184,49	3.457,67	15.005,35	67,61	0	134.874,73	24.806,87
	Subuso	3.478,44	1.873,66	173,43	21,40	0,00	57,21	0	5.604,13	3.730,47
	Sobreuso b	1.140,32	168,80	2.590,87	369,77	3,99	1,96	0	4.275,69	1.684,82
	Sobreuso medio	1.094,54	13,89	581,58	2.051,40	855,18	1,06	0	4.597,65	2.546,24
	Sobreuso alto	4.584,34	0,00	5,85	745,32	25.502,10	41,36	0	30.878,97	5.376,87
	No aplica	35,05	1,57	8,27	6,51	34,07	4.446,44	0	4.531,91	85,47
	Sin información	1.179,79	140,81	57,13	4,09	3,91	21,69	0	1.407,44	1.407,44
	Total 2014	121.580,33	4.290,49	7.601,61	6.656,16	41.404,60	4.637,34	0,00	186.170,53	
	Aumento	11.512,47	2.416,82	5.010,75	4.604,75	15.902,50	190,90	0,00		



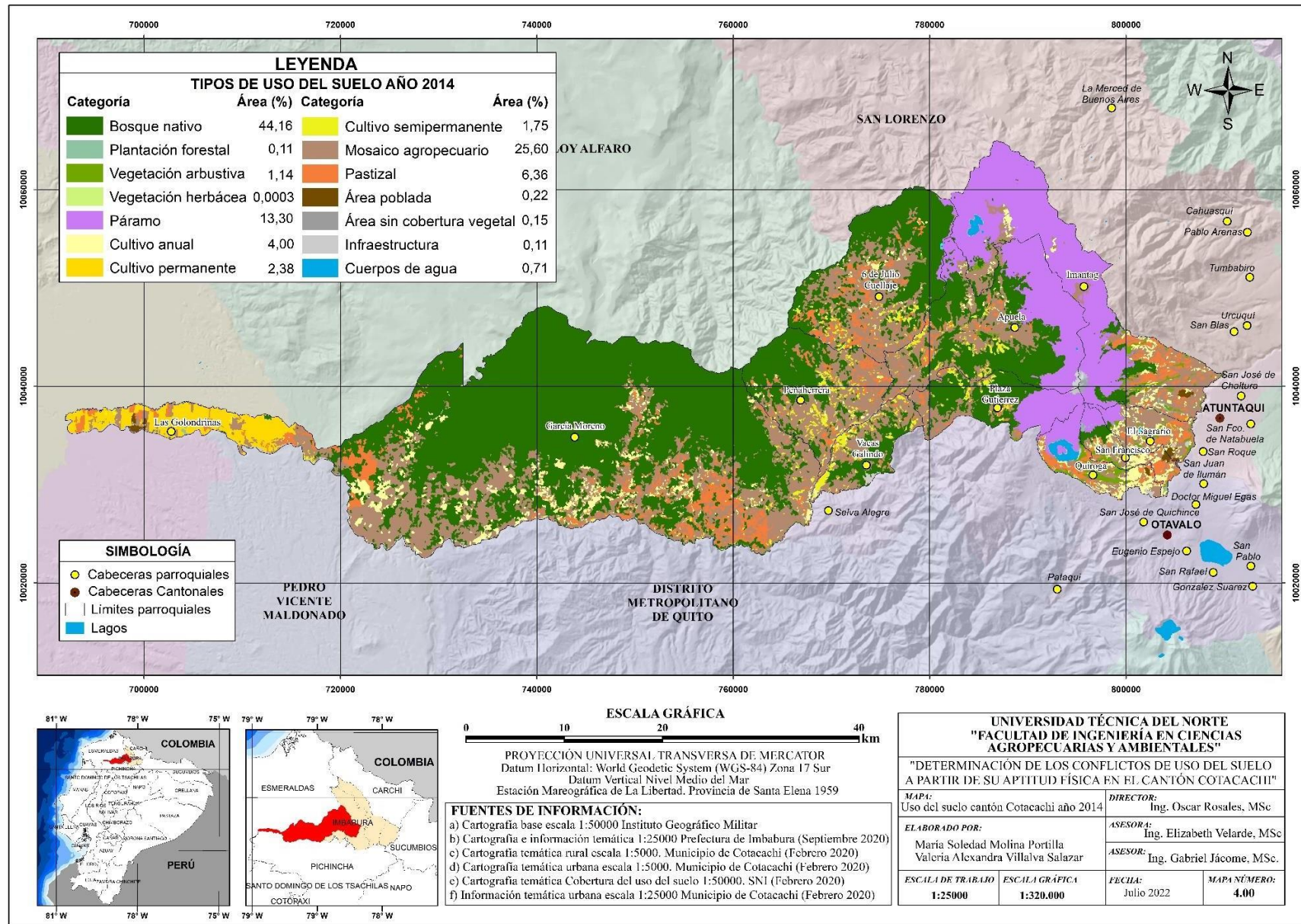
## Anexo 2. Cartografía

### Anexo 2.1. Mapa de uso del suelo 1990



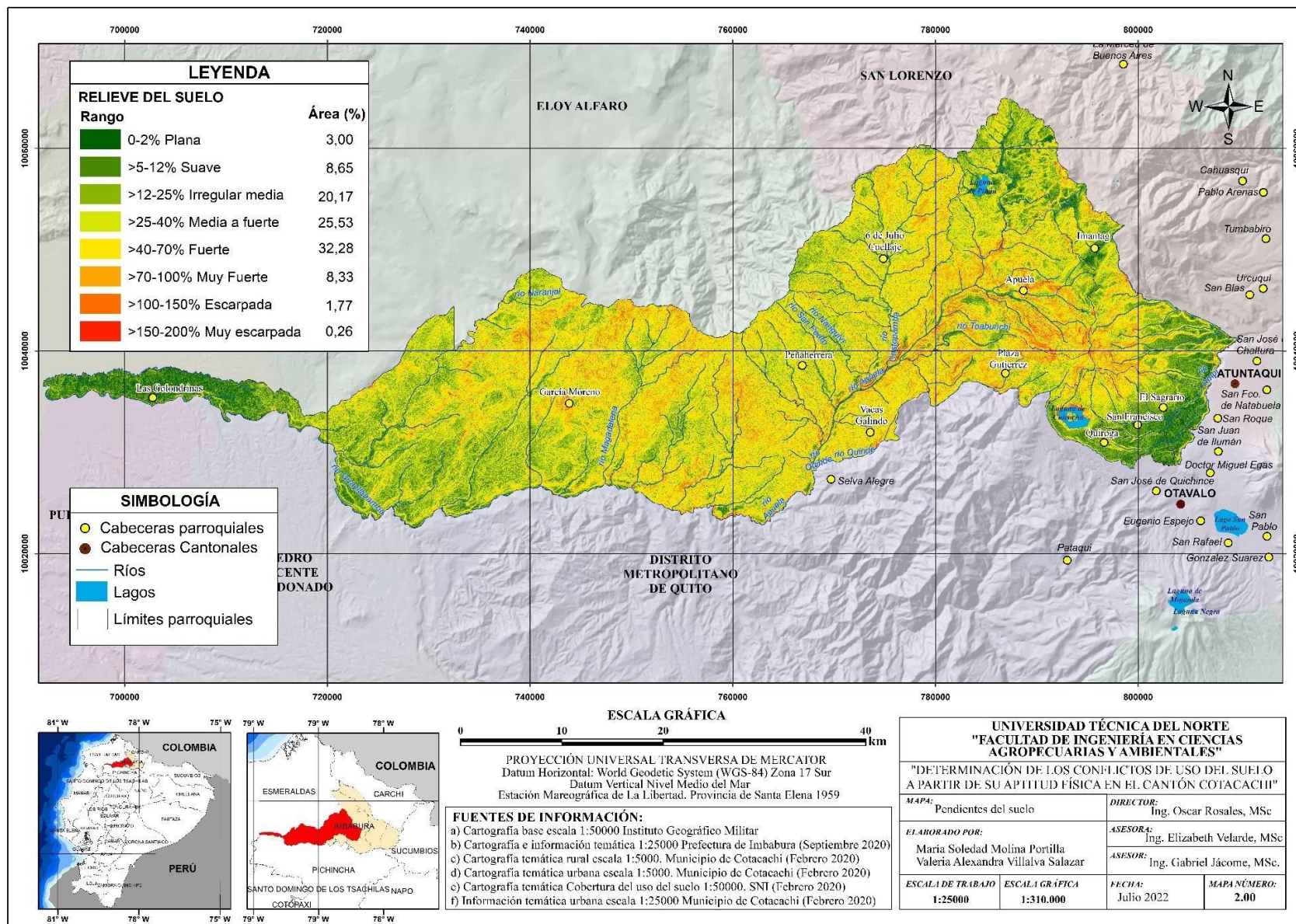


## Anexo 2.2. Mapa de uso del suelo 2014



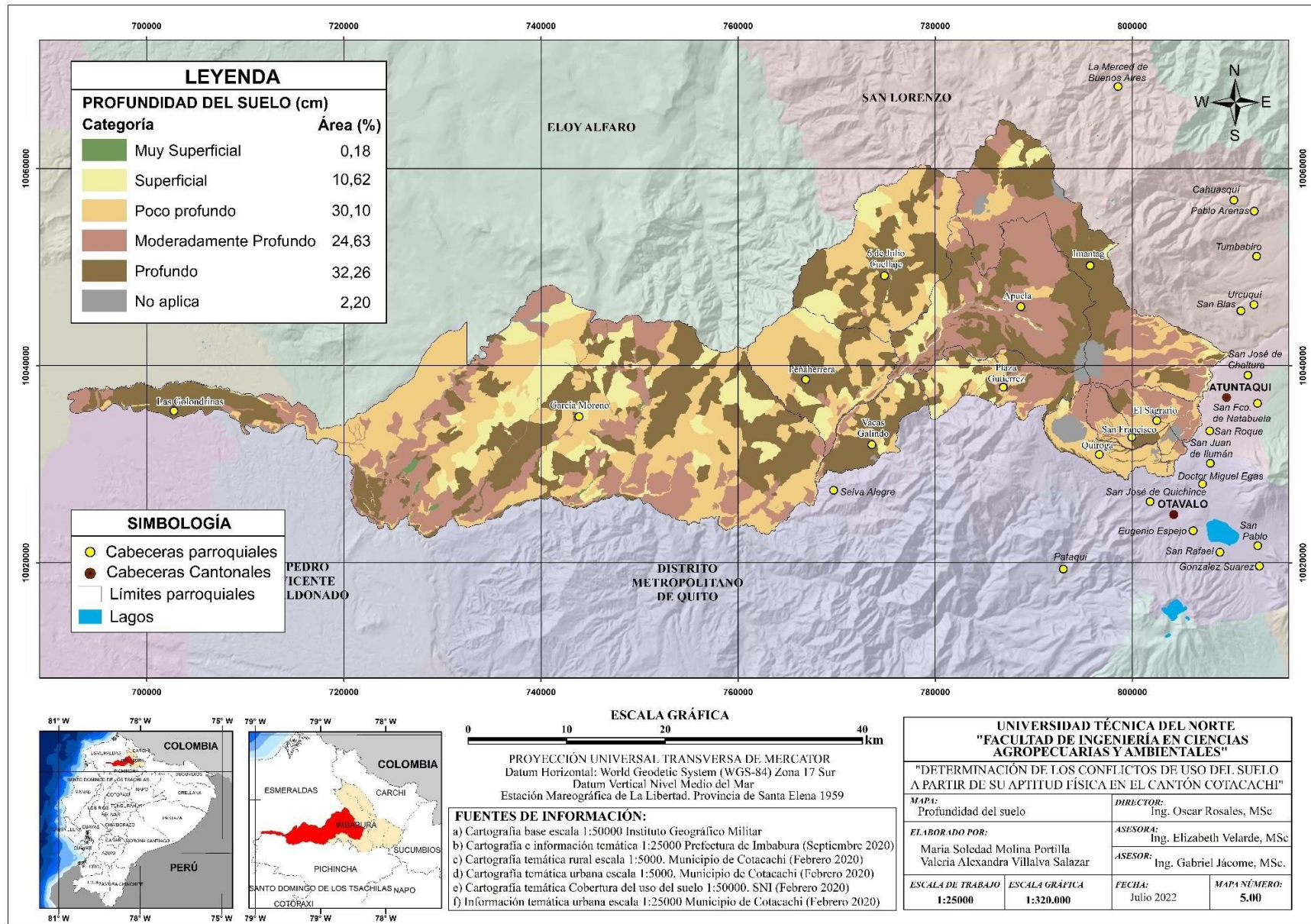


### Anexo 2.3. Mapa de pendientes del cantón Cotacachi

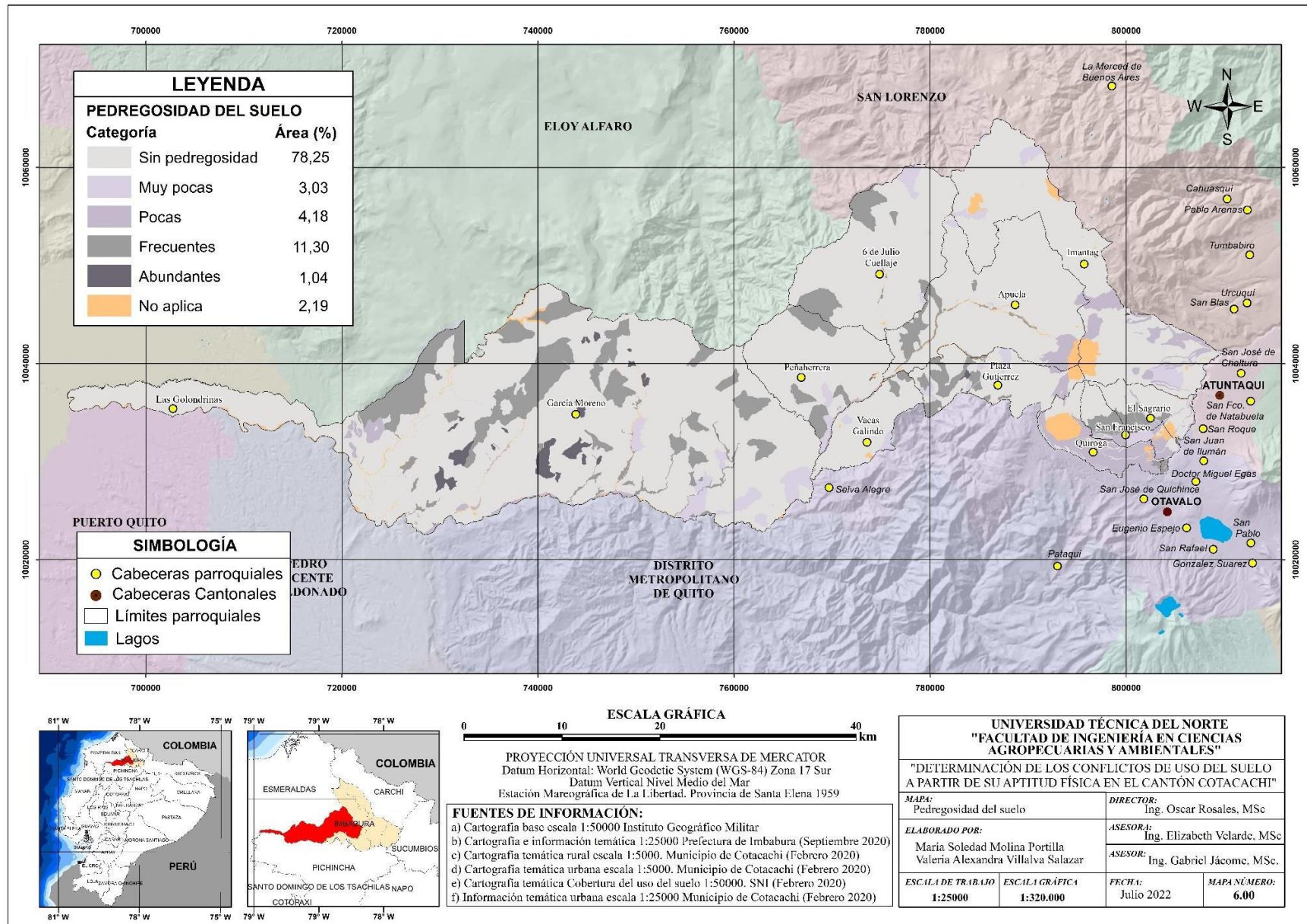




## Anexo 2.4. Mapa de profundidad del suelo

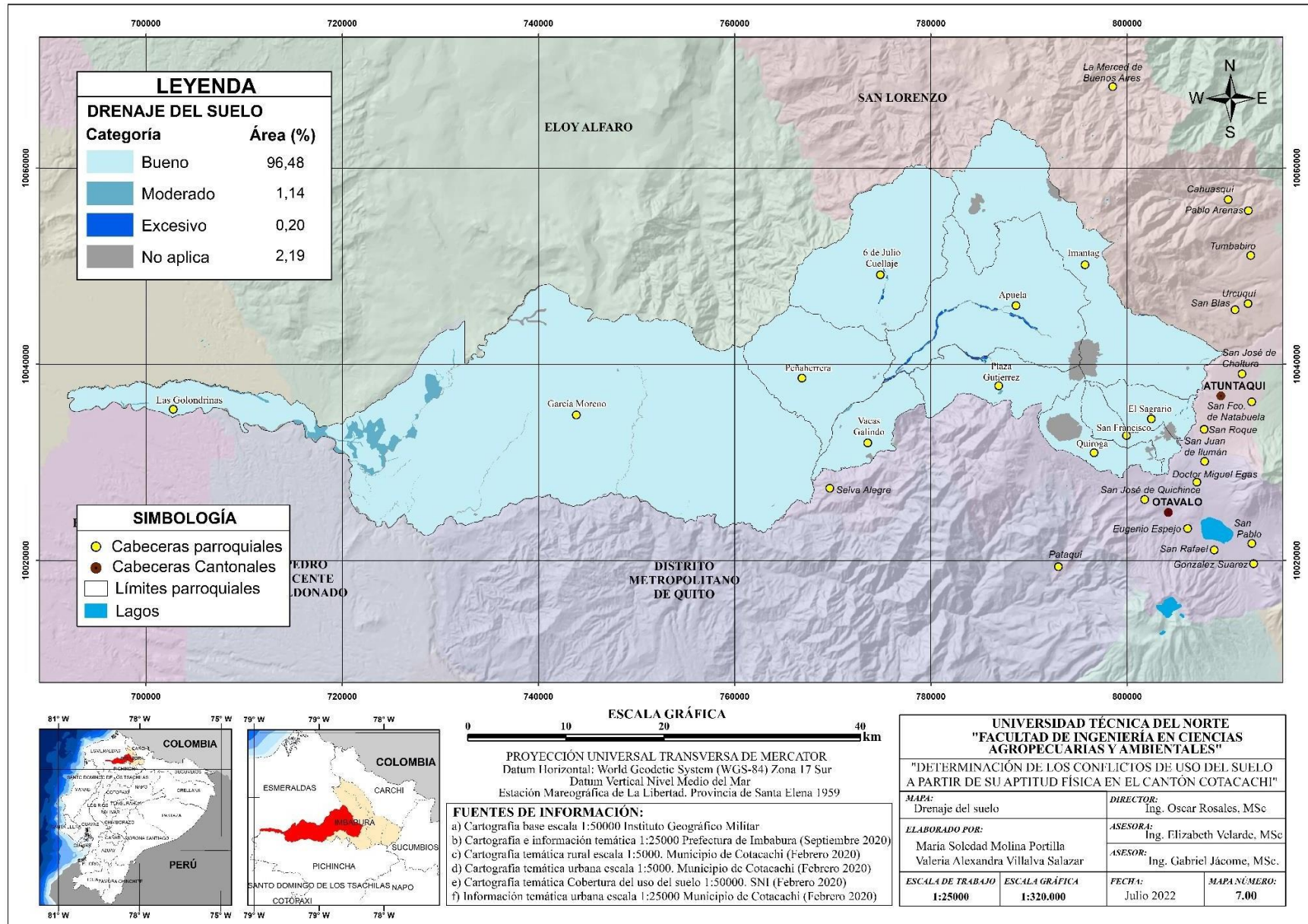


## Anexo 2.5. Mapa de pedregosidad del suelo



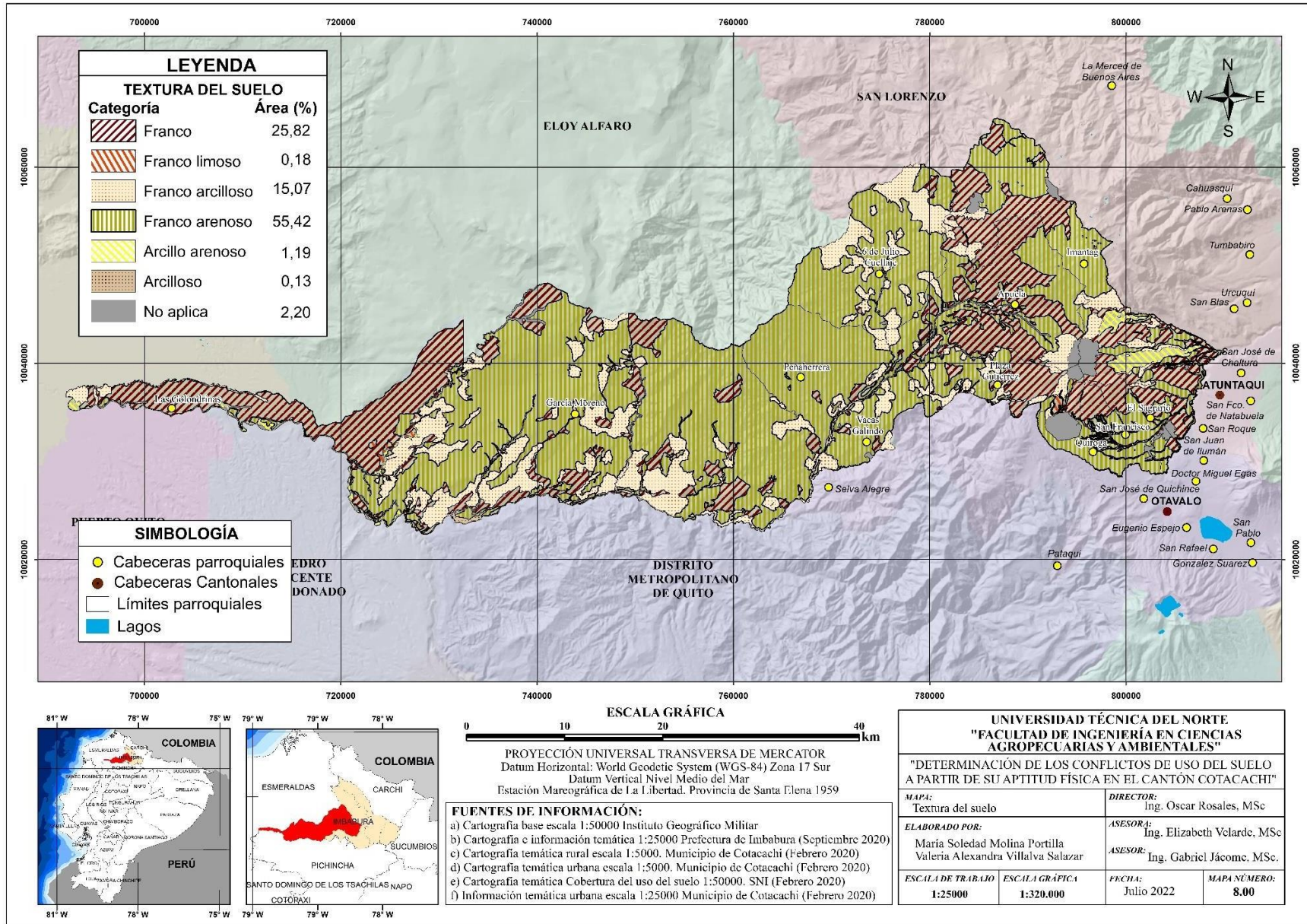


## Anexo 2.6. Mapa de drenaje del suelo



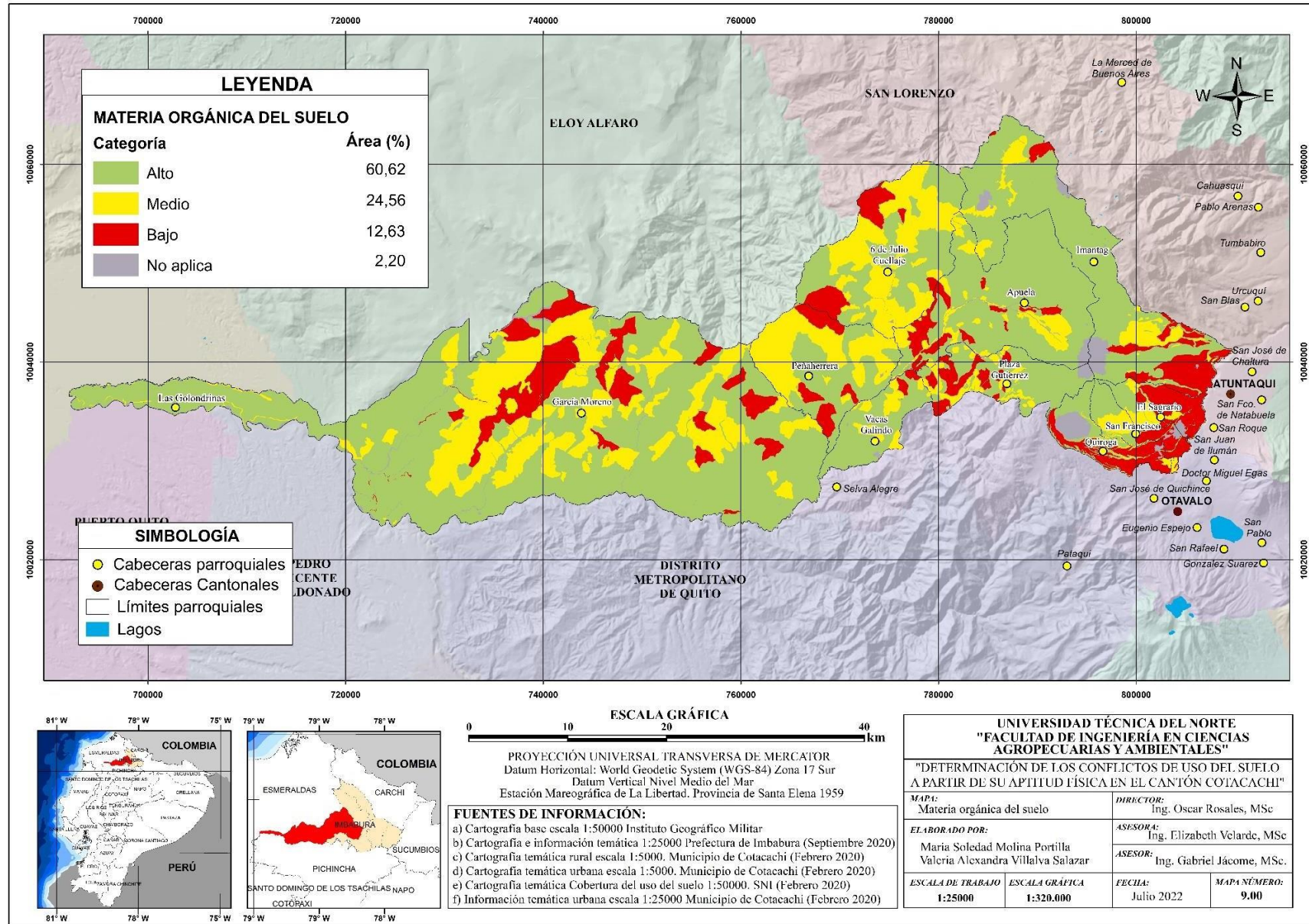


## Anexo 2.7. Mapa de textura del suelo



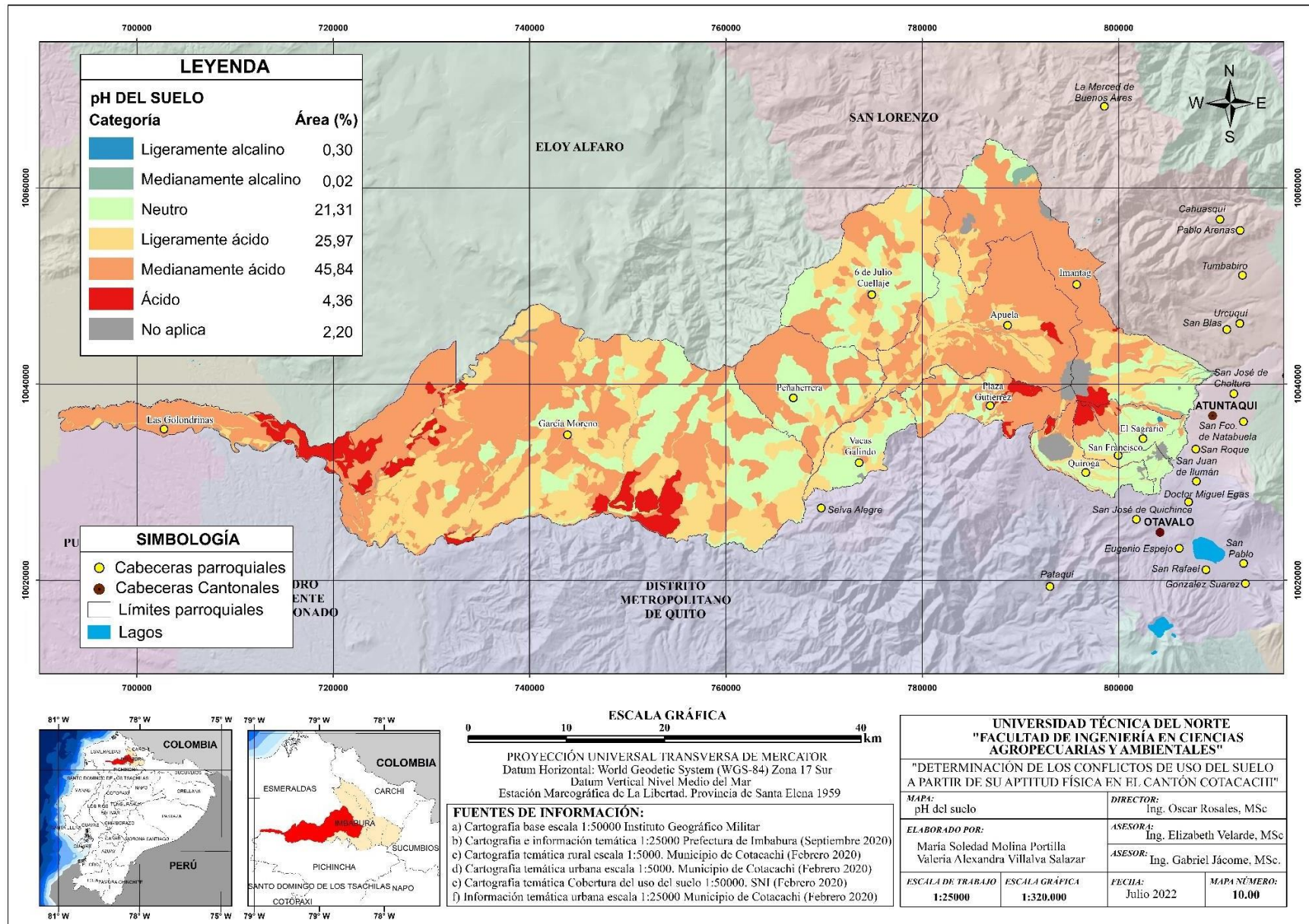


## Anexo 2.8. Mapa de materia orgánica del suelo



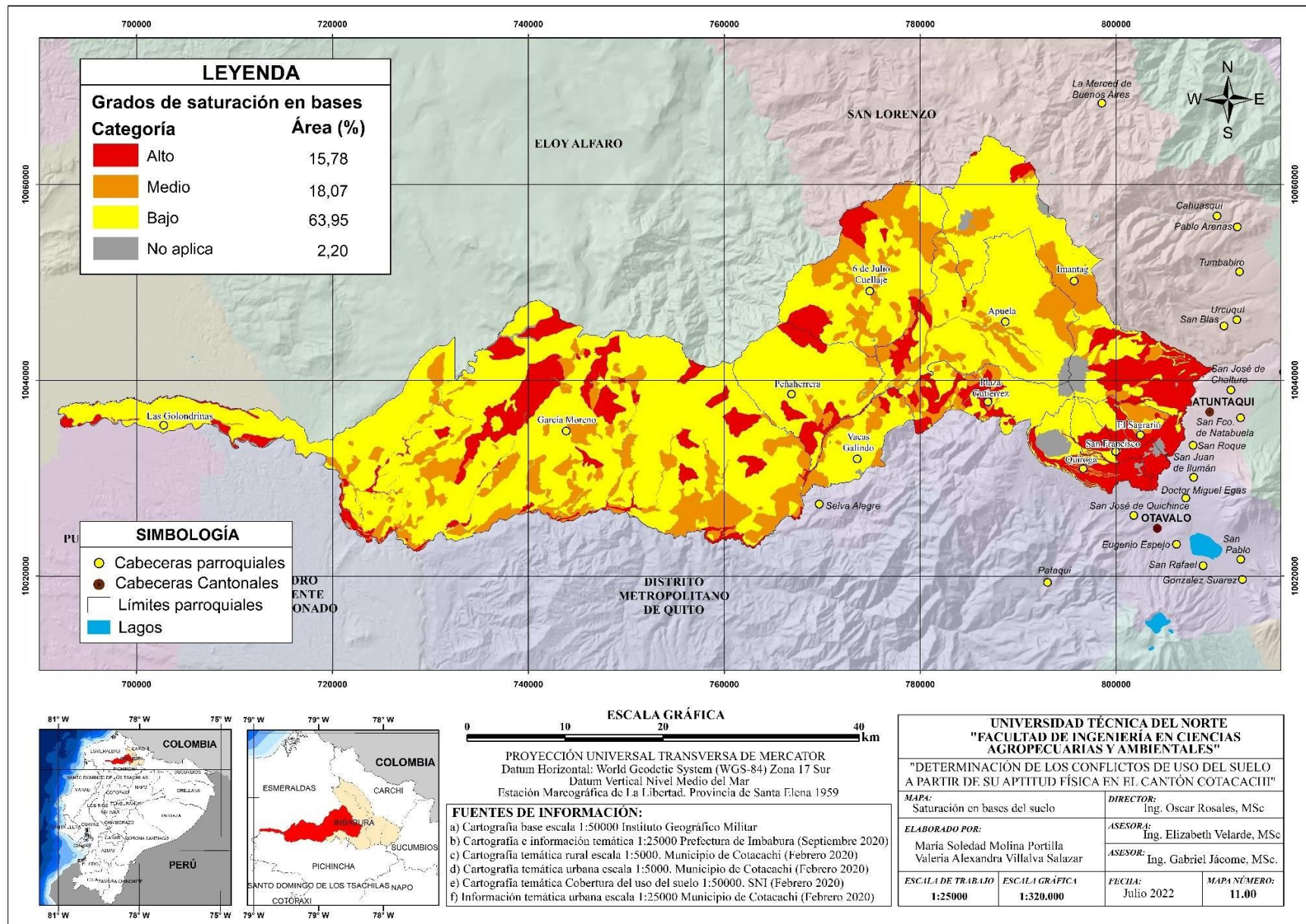


## Anexo 2.9. Mapa de pH del suelo

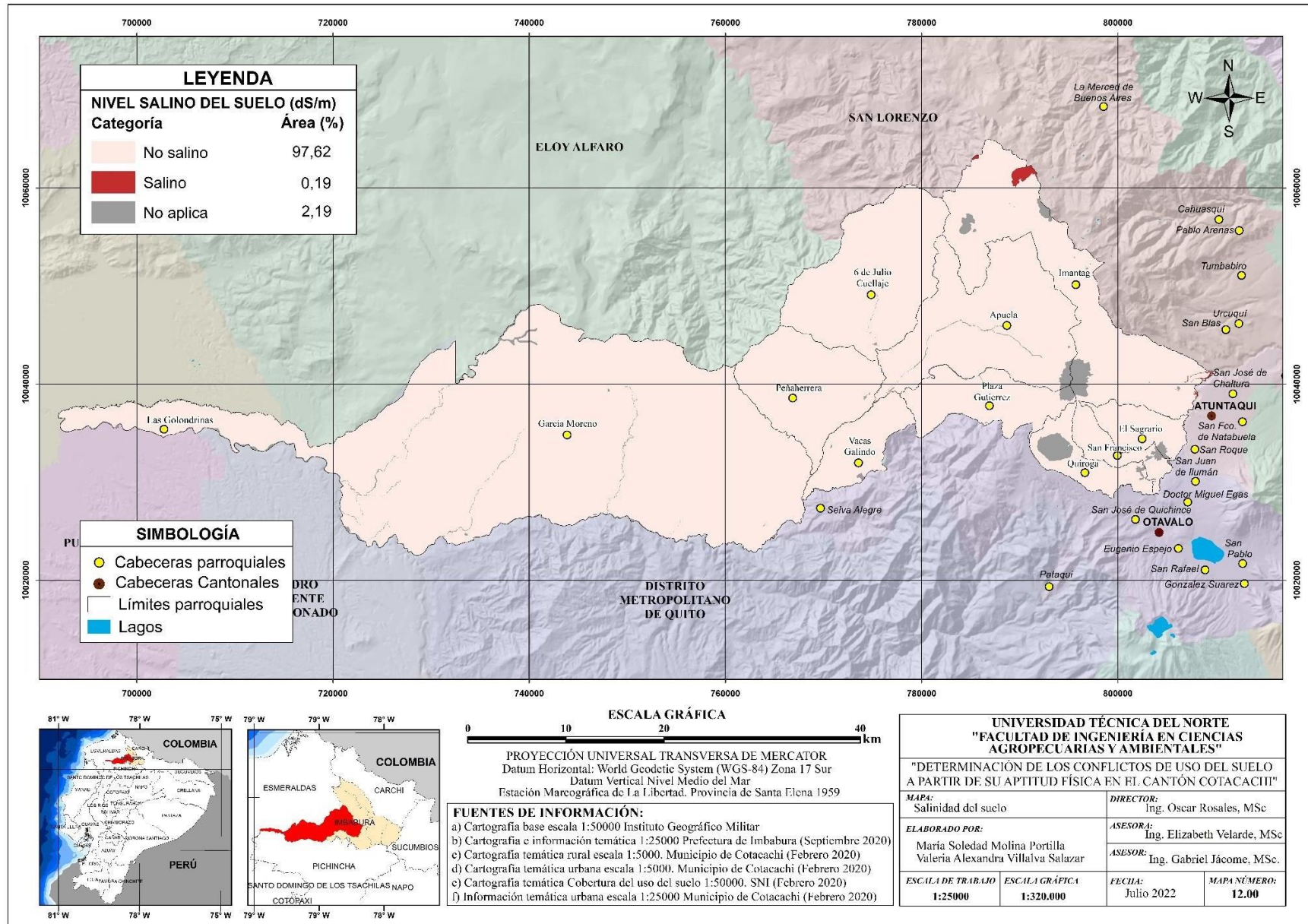




Anexo 2.10. Mapa de saturación en bases del suelo

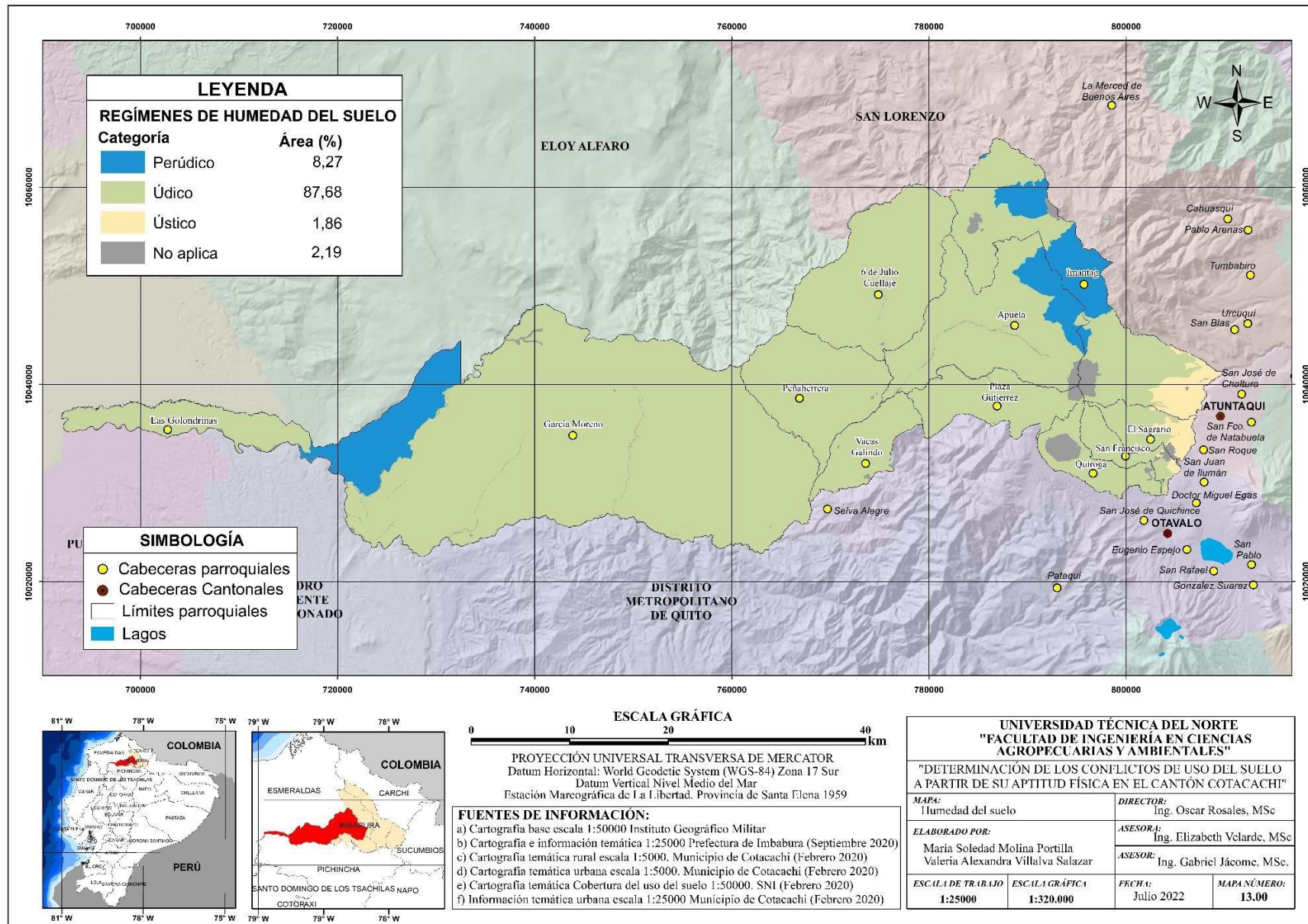


## Anexo 2.11. Mapa de salinidad del suelo



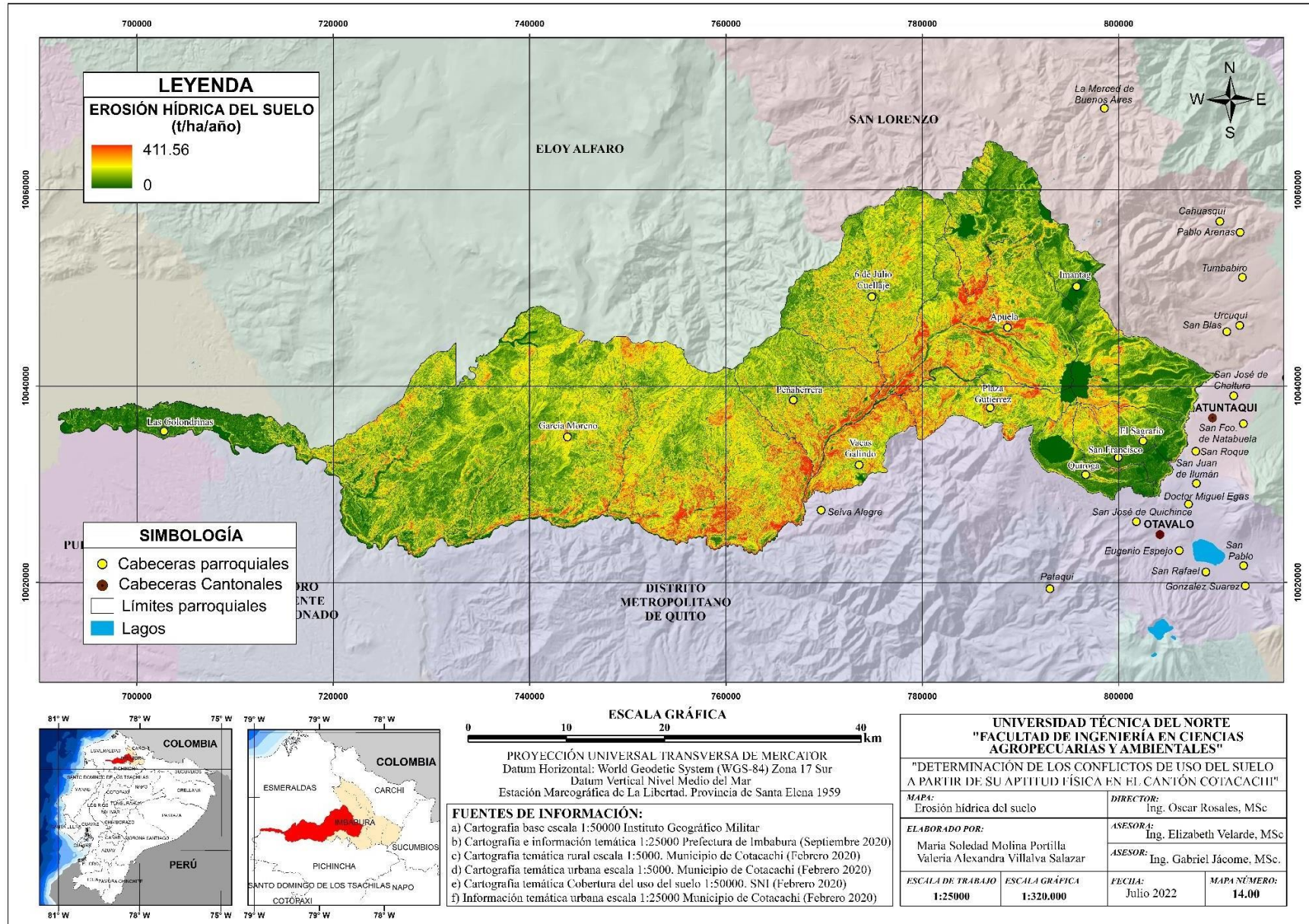


## Anexo 2.12. Mapa de humedad del suelo



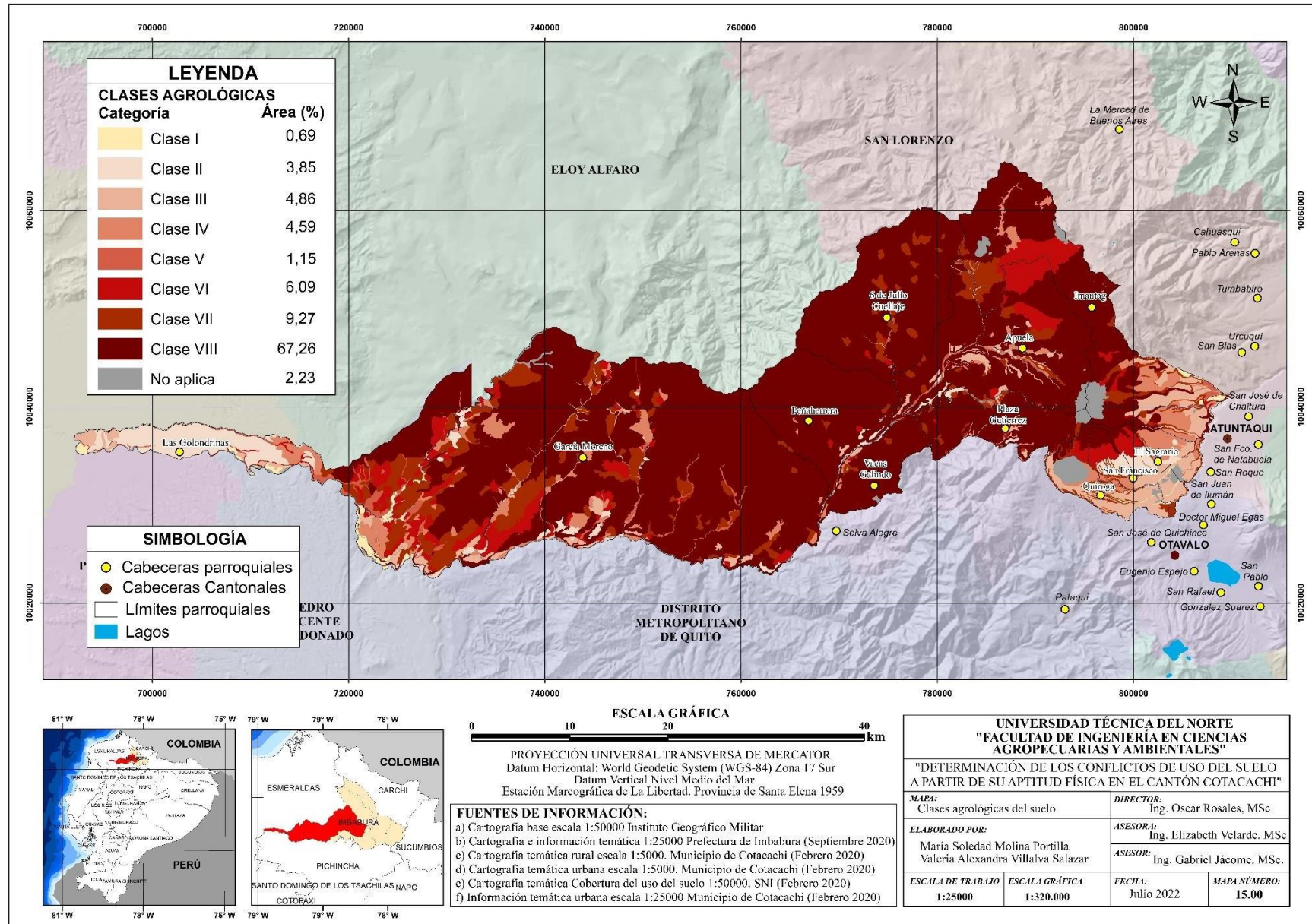


## Anexo 2.13. Mapa de erosión del suelo



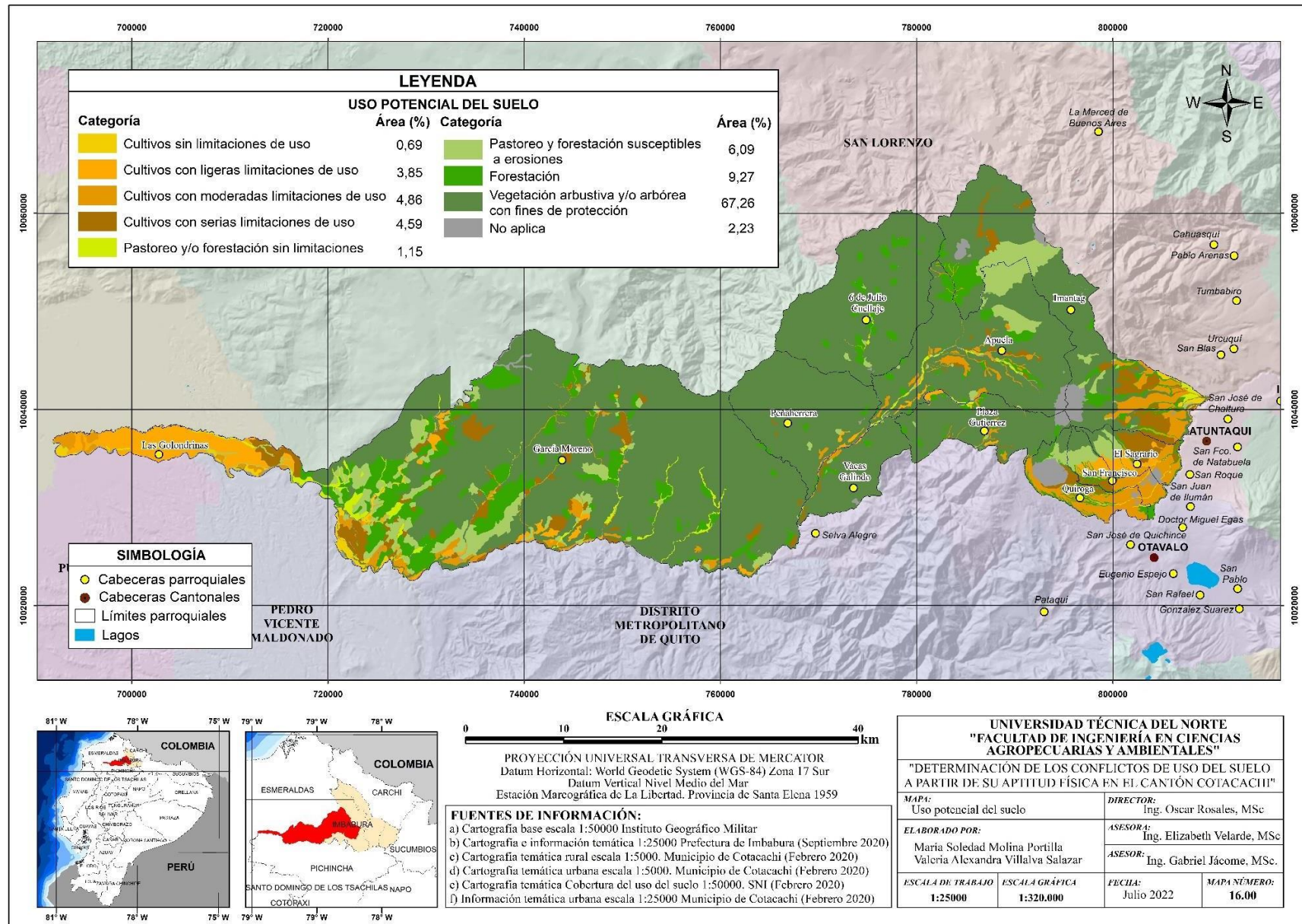


## Anexo 2.14. Mapa de clases agrológicas del suelo



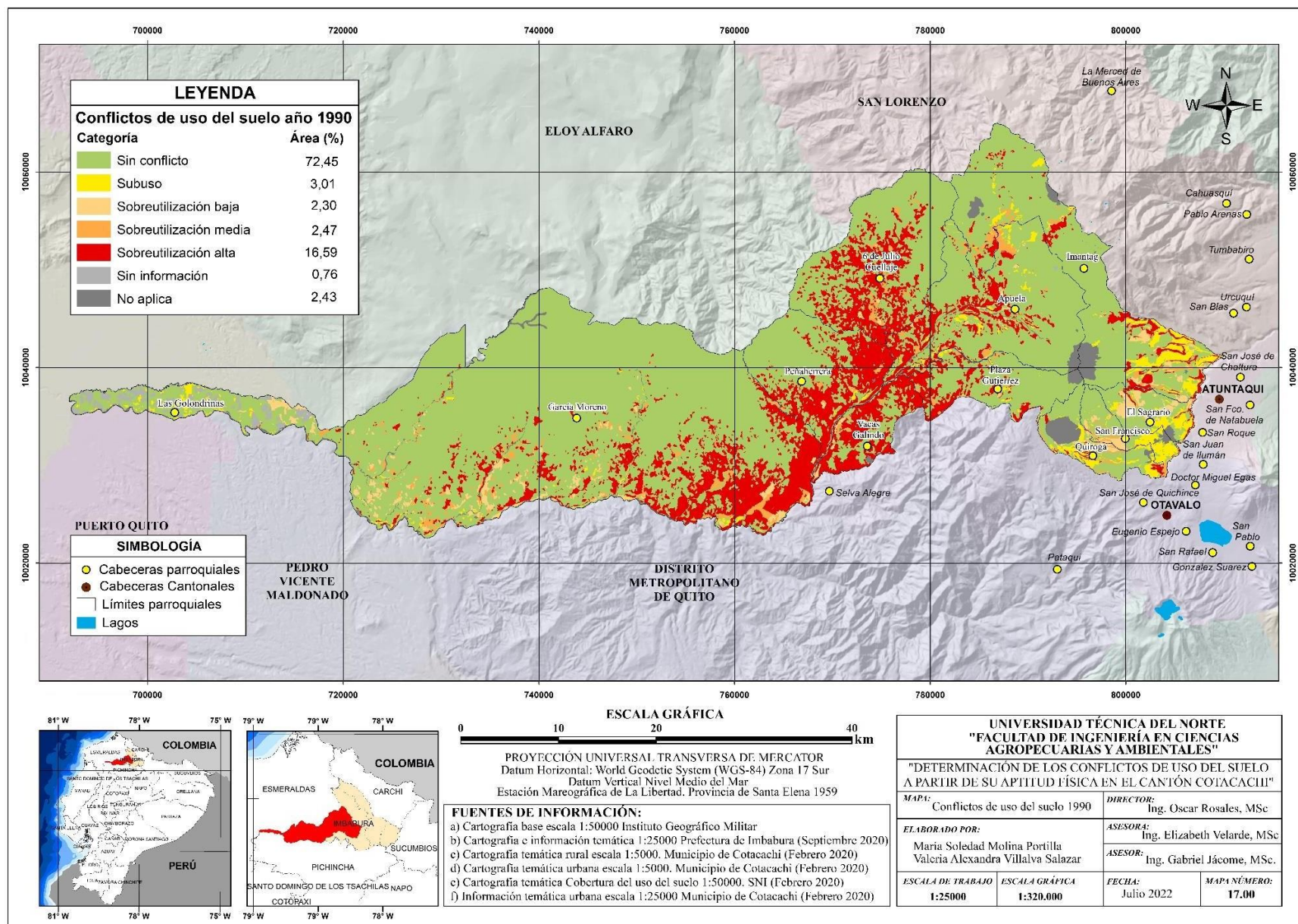


## Anexo 2.15. Mapa del uso potencial del suelo cantón Cotacachi



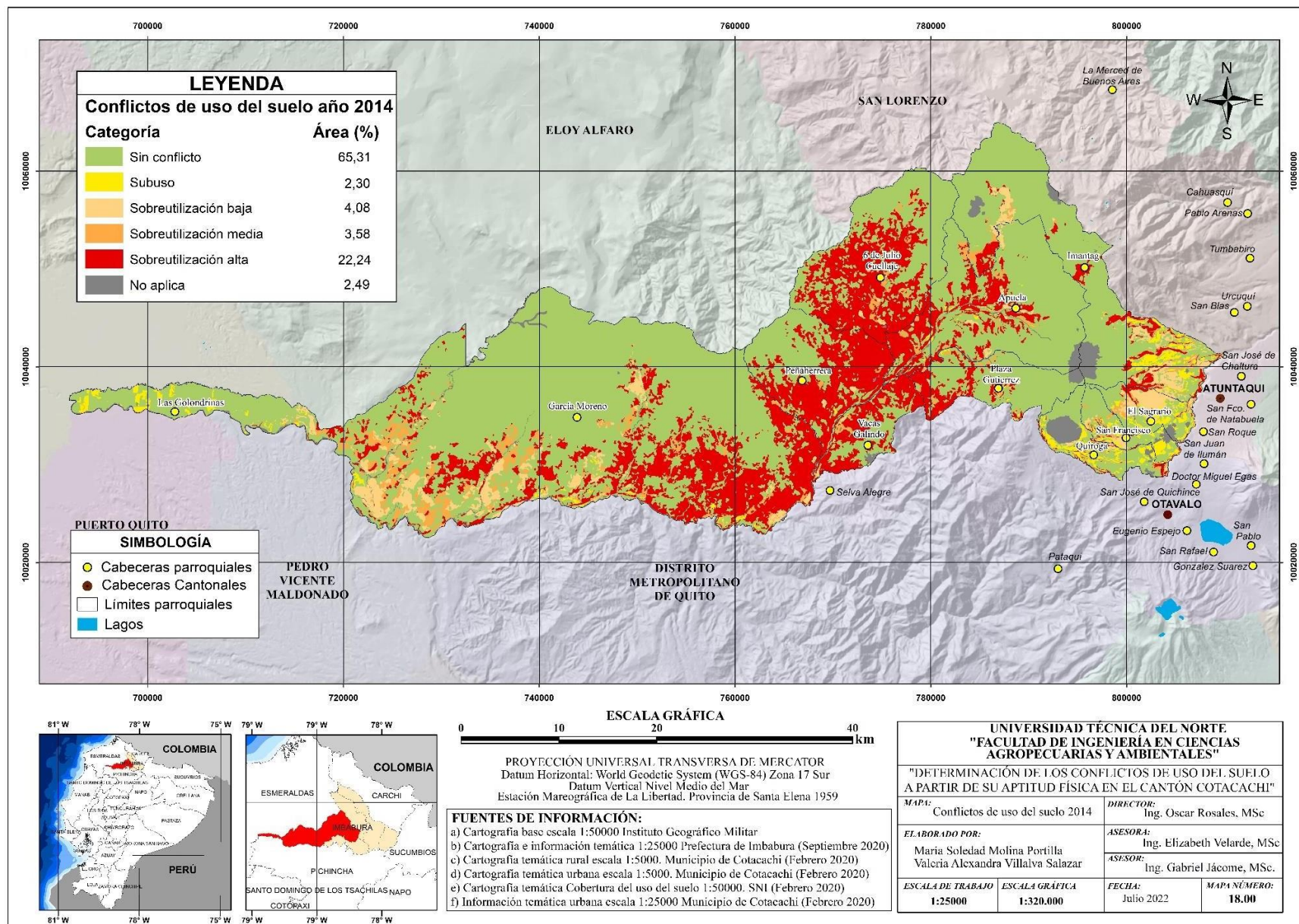


Anexo 2.16. Mapa de conflictos de uso del suelo año 1990



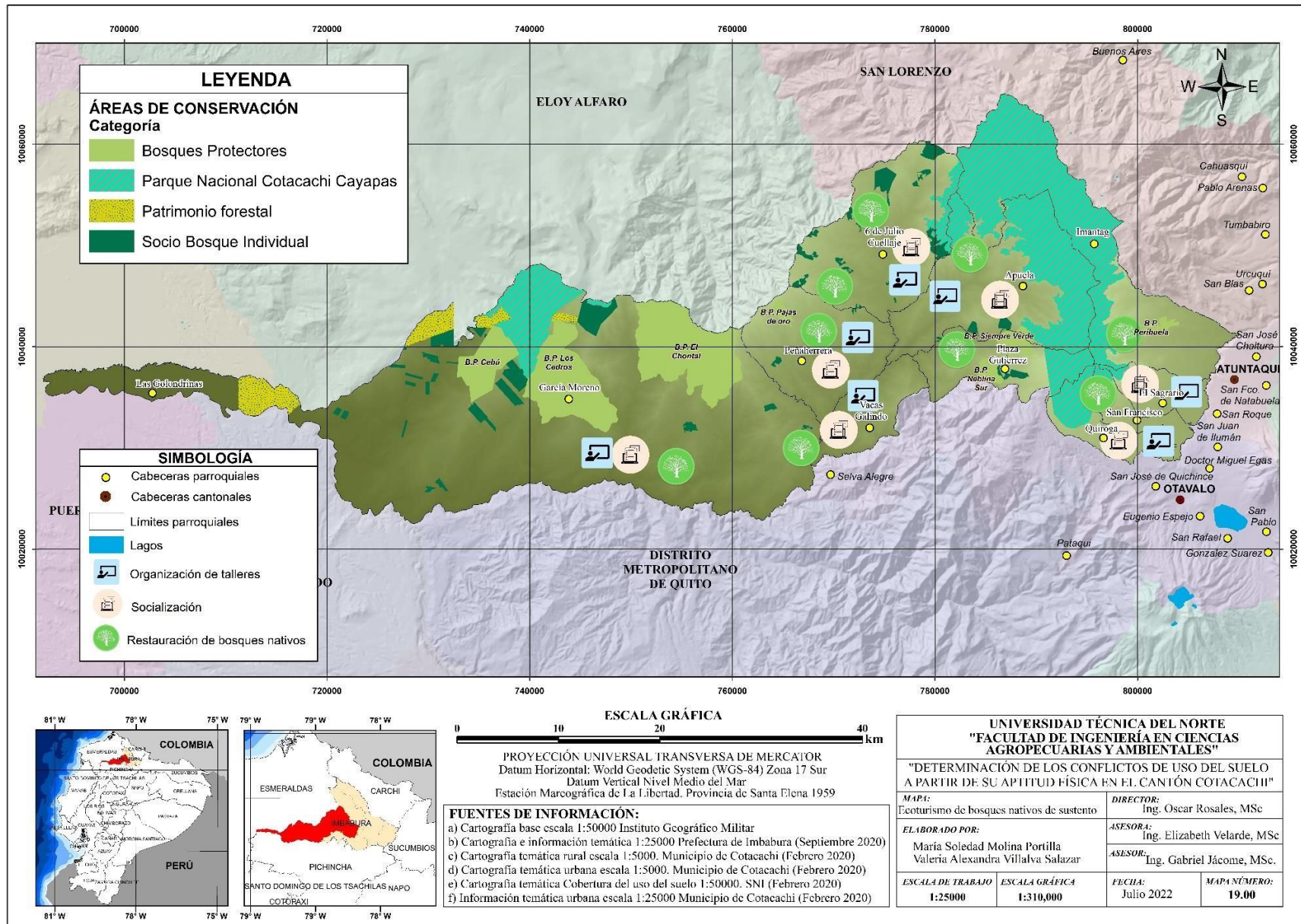


Anexo 2.17. Mapa de conflictos de uso del suelo año 2014



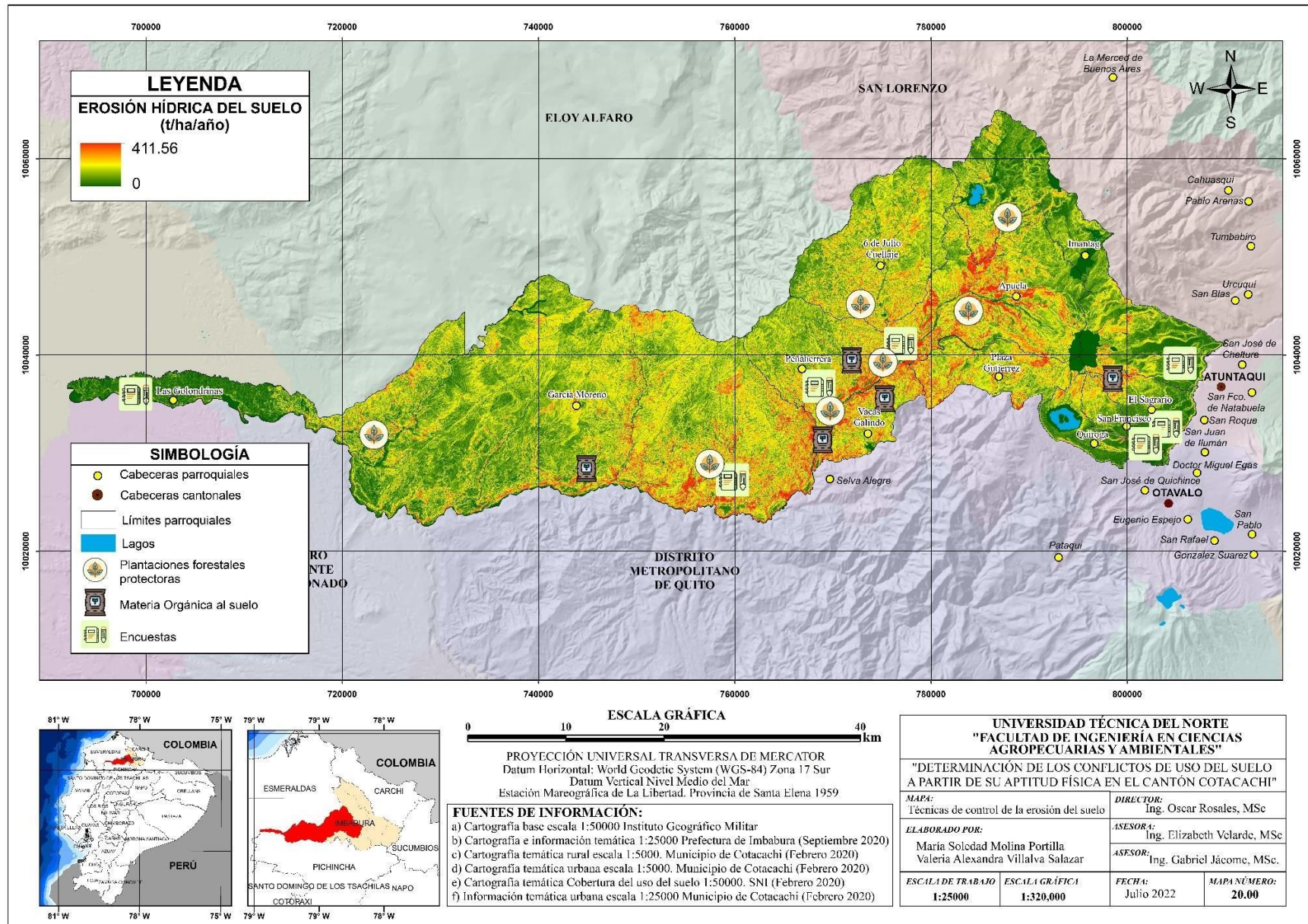


**Anexo 2.18.** Mapa de ubicación de la estrategia 1: Proyecto de implementación de ecoturismo en bosque nativo de sustento



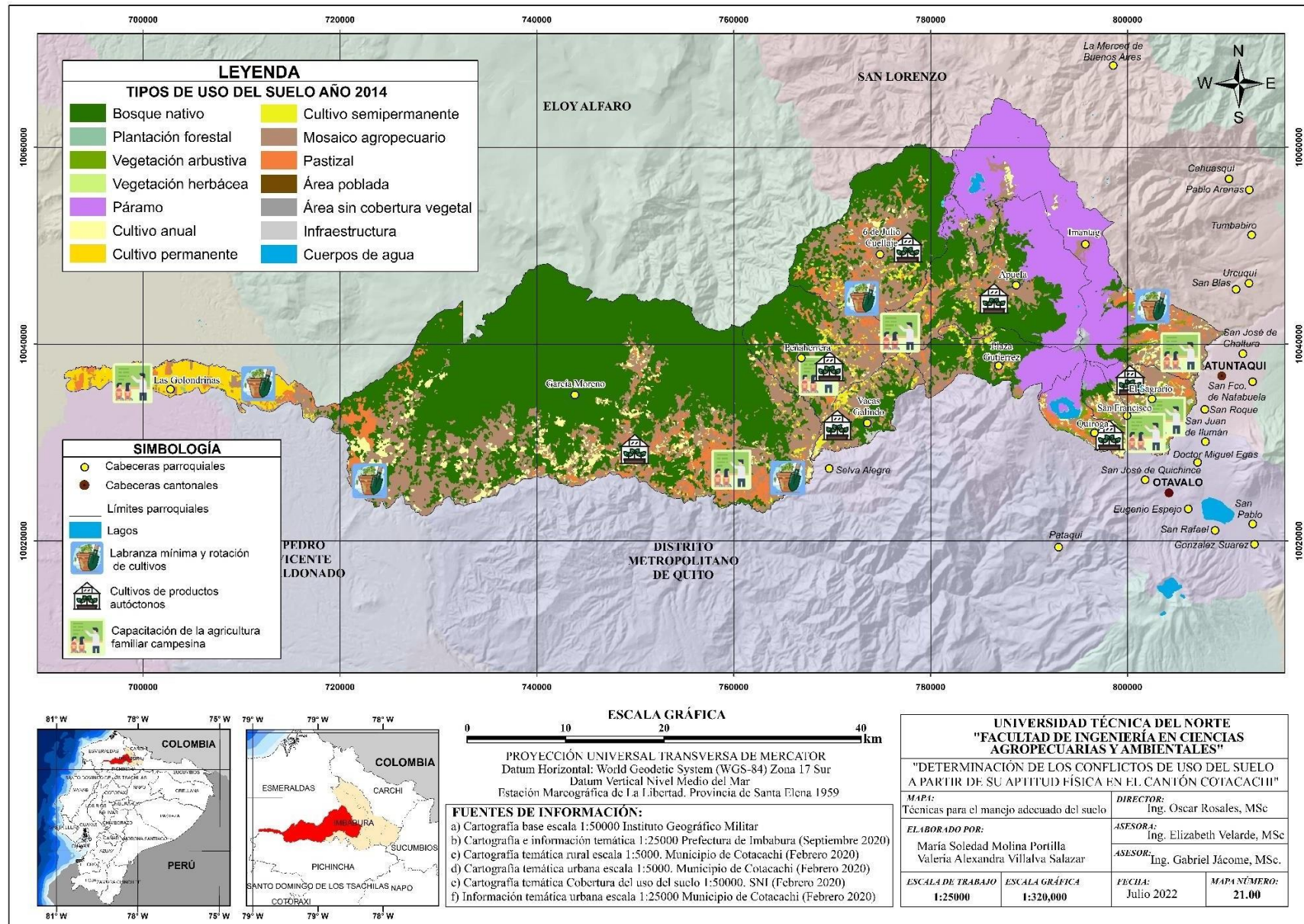


## Anexo 2.19. Mapa de ubicación de la estrategia 1: Proyecto de técnicas de control de la erosión del suelo





## Anexo 2.20. Mapa de ubicación de la estrategia 2: Proyecto de técnicas para el manejo adecuado del suelo





Anexo 2.21. Mapa de ubicación de la estrategia 2: Proyecto de concienciación ambiental a los pobladores del cantón Cotacachi

