



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

CARRERA DE INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO Y PROYECCIÓN
FUTURA PARA EL CANTÓN IBARRA**

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

AUTORAS:

Chano Quilca Nancy Viviana

Martínez Erazo Jessica Paola

DIRECTOR:

Ing. Oscar Armando Rosales Enríquez, MSc.

Ibarra – Ecuador

Julio, 2023



CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 27 de julio del 2023.

Para los fines consiguientes, CERTIFICAMOS que las señoritas CHANO QUILCA NANCY VIVIANA Y MARTÍNEZ ERAZO JESSICA PAOLA autoras del trabajo de titulación: "ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO Y PROYECCION FUTURA PARA EL CANTON IBARRA", estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** entregan el documento en digital.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

Msc. Oscar Rosales
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

Msc. Gabriel Jácome
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Msc. Tania Oña
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 27 de julio del 2023.

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: "ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO Y PROYECCION FUTURA PARA EL CANTON IBARRA", de autoría de las señoritas Chano Quilca Nancy Viviana y Martínez Erazo Jessica Paola estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que el/la autor/a o autores ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

Msc. Oscar Rosales
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

Msc. Gabriel Jácome
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Msc. Tania Oña
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003649280		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Martínez Erazo Jessica Paola		
DIRECCIÓN:	Ibarra- Calle Chorlaví y Av. Fray Vacas Galindo		
EMAIL:	jpmartineze@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0980039921

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003646708		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chano Quilca Nancy Viviana		
DIRECCIÓN:	Av. Galo Plaza Lasso – La Esperanza		
EMAIL:	nvchanoq@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0968940099

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO Y PROYECCION FUTURA PARA EL CANTON IBARRA"
AUTOR (ES):	Chano Quilca Nancy Viviana y Martínez Erazo Jessica Paola
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	26 de junio del 2023
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Recursos Naturales Renovables
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Oscar Rosales, Msc.

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 27 días del mes de julio del 2023

AUTORAS:


.....
Martínez Erazo Jessica Paola
C.I. 1003649280


.....
Chano Quilca Nancy Viviana
C.I. 1003646708

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero y profundo agradecimiento a todas aquellas personas que nos brindaron su apoyo incondicional para culminar con inmensa alegría y éxito esta noble profesión.

Queremos agradecer al ser supremo Dios, por permitirnos cumplir con un objetivo más y por habernos dado el valor de nunca rendirnos.

A nuestros padres por todo el apoyo brindado, por no escatimar ningún esfuerzo para ayudarnos a lograr todos nuestros sueños y metas que a lo largo de nuestra vida no hemos planteado.

A la Universidad Técnica del Norte por habernos formado como personas y profesionales, por enseñarnos que todo sacrificio tiene su recompensa.

A nuestros profesores que con su paciencia y entusiasmo me formaron para un campo laboral muy competitivo.

Un agradecimiento especial a nuestro director de Tesis Ing. Oscar Rosales, quien nos dio la confianza para poder desarrollar el trabajo de investigación. Agradezco su don de persona y su apoyo a pesar de las adversidades. A mis asesores de tesis Ing. Tania Oña, e Ing. Gabriel Jácome, quienes nos infundieron su conocimiento para finalizar este documento de manera exitosa.

¡Dios les pague! Viviana y Jessica

DEDICATORIA

Este logro académico se lo dedico en primer lugar a Dios que me ayudado con mi fuerza y mi carácter para no decaer y seguir adelante, A mi papá José Luis y mi madre María Beatriz quienes me han dado las herramientas para salir adelante, quienes me han educado con valores y se merecen todos mis logros. A mis hermanas Erika y Camila quienes han sido mis compañeras de vida y a quienes les debo mucho por su apoyo; mi sobrina Alice Jezabeth por ser la alegría de mi hogar y quien me da fuerzas para continuar cosechando éxitos.

Finalmente, a mis docentes que nos han enseñado con paciencia y a mis amigos quienes han estado firmes apoyándome siempre

Nancy Viviana

DEDICATORIA

El esfuerzo de este trabajo le dedico principalmente a Dios el motor de mi vida.

A mi madre, que me ha enseñado a ser la persona que soy, los principios, valores, perseverancia, y empeño que me ha inculcado. Por estar siempre conmigo, Todo esto con una enorme dosis de amor y sin pedir nada a cambio.

Mi hijo Sebastián, dedicarle este trabajo ya que ha sido mi inspiración para cada día ser una mejor persona y profesional, sin duda lo mejor que me ha pasado.

A mis amigas Estefanía y Jessica que siempre estuvieron conmigo en este largo camino y estar en las dificultades sin perder la paciencia y sin duda a mi compañera Viví que solo las dos sabemos el esfuerzo que hicimos para poder culminar de la mejor manera nuestro proyecto gracias por su apoyo.

Jessica Paola

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Revisión de antecedentes o estado del arte	1
1.2 Problema de investigación y justificación.....	3
1.3 Preguntas directrices de la investigación	5
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Marco teórico referencial	6
2.1.1 Cambio de cobertura vegetal y uso de suelo.....	6
2.1.2 Teledetección y sistemas de información geográfica en el cambio de uso de suelo	9
2.1.3 Matriz de contingencia e índice kappa.....	10
2.1.4 Tasa de variación de la cobertura y uso de suelo	12
2.1.5 Cadenas de markov	13
2.1.6 Conflictos de uso de suelo.....	14
2.2 Marco Legal	15
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador	15

2.2.2 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)	16
2.2.4 Código Orgánico del Ambiente (COA)	17
2.2.5 Plan de Desarrollo y del Ordenamiento Territorial	18
2.2.6 Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (LOOTUGS)	19
2.2.7 Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)	19
CAPÍTULO III	21
METODOLOGÍA	21
3.1 Descripción del área de estudio.....	21
Figura 1. Localización del cantón Ibarra, Imbabura, Ecuador	22
3.2 Métodos.....	23
3.2.1 Cambio de uso de suelo histórico en el cantón Ibarra y las parroquias urbanas	23
3.2.2 Proyección futura del cambio de uso del suelo.....	26
3.2.3 Análisis de conflictos de uso de suelo en el cantón Ibarra.....	29
3.3 Materiales y equipos	30
CAPÍTULO IV	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1 Cambio de uso de suelo histórico en el cantón Ibarra y las parroquias urbanas	31
4.2 Proyección del uso de suelo para el año 2030 en el cantón Ibarra y sus parroquias urbanas	43
4.3 Conflictos por uso de suelo en el cantón Ibarra	50
CAPÍTULO V.....	60

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
5.1 Conclusiones	60
5.2 Recomendaciones.....	61
Referencias.....	62
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Categoría de concordancias de validación para el coeficiente</i>	10
Tabla 2. <i>Parroquias del cantón Ibarra</i>	21
Tabla 3. <i>Categorías de cobertura y uso de suelo</i>	25
Tabla 4. <i>Características de los rasters usados en Idrisi TERRSET</i>	26
Tabla 5. <i>Transiciones del sub-modelo Disturbios</i>	28
Tabla 6. <i>Análisis del test de Cramer´s V</i>	29
Tabla 7. <i>Categorías que determinan los conflictos de uso de suelo</i>	29
Tabla 8. <i>Materiales, equipos y software</i>	30
Tabla 9. <i>Tipos de cobertura vegetal en 1993, 2002 y 2018 en las parroquias urbanas del cantón Ibarra.</i>	33
Tabla 10. <i>Matriz de transición de coberturas vegetales entre los años 1993 y 2018.</i>	35
Tabla 11. <i>Cambio de uso de suelo neto absoluto, años 1993 – 2018.</i>	36
Tabla 12. <i>Tipos de cobertura vegetal en 1993, 2002 y 2018 en la parroquia Ibarra.</i>	39
Tabla 13. <i>Matriz de transición de coberturas vegetales entre los años 1993 y 2018</i>	40
Tabla 14. <i>Tipos de cobertura vegetal en 1993, 2002 y 2018 en las parroquias de Caranqui, San Francisco, Alpachaca, Priorato y El Sagrario.</i>	41
Tabla 15. <i>Variación de cobertura vegetal para el año 2030 en el cantón Ibarra</i>	44
Tabla 16. <i>Superficie de la cobertura vegetal en las parroquias urbanas del cantón Ibarra, año 2030</i>	46
Tabla 17. <i>Variación de coberturas vegetales por parroquias urbanas del cantón Ibarra, año 2030</i>	47
Tabla 18. <i>Categorías de conflictos por uso de suelo en el cantón Ibarra, año 2018</i>	51

Tabla 19. Población por parroquias del cantón Ibarra para el año 2020.....	54
Tabla 20. Categorías de conflictos por uso de suelo en el cantón Ibarra, año 2030	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del cantón Ibarra, Imbabura, Ecuador.....	22
Figura 2. Variables dinámicas: a) Distancia Euclidiana (Zona Urbana); b) Distancia Euclidiana (Vías); c) Distancia Euclidiana (SNAP); Variables estáticas: d) Modelo de elevación; e) Pendientes.	27
Figura 3. Variación temporal y espacial de los tipos de cobertura vegetal en el cantón Ibarra para los años: 1993, 2002, y 2018.....	32
Figura 4. Variación temporal y espacial de los tipos de cobertura vegetal en la parroquia Ibarra del cantón Ibarra para los años: 1993, 2002, y 2018.....	37
Figura 5. Proyección de la cobertura vegetal del cantón Ibarra para el año 2030	45
Figura 6. Cobertura vegetal de las parroquias urbanas del cantón Ibarra, año 2030	48
Figura 7. Zonificación de los conflictos por uso de suelo en el cantón Ibarra, año 2018.....	52
Figura 8. Tendencia del crecimiento poblacional del cantón Ibarra 2010 – 2040	55
Figura 9. Zonificación de los conflictos por uso de suelo en el cantón Ibarra, año 2030.....	56

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO Y PROYECCIÓN
FUTURA PARA EL CANTÓN IBARRA

Chano Quilca Nancy Viviana

Martínez Erazo Jessica Paola

RESUMEN

En los últimos años, se ha observado que el cambio de uso de suelo tiene un papel fundamental en los cambios globales, generando alteraciones en los procesos y ciclos naturales. Por lo tanto, este tema adquiere una gran importancia, ya que es a través de estos cambios que se establece la relación entre los seres humanos y su entorno natural. El presente estudio tuvo como objetivo analizar el cambio histórico del uso de suelo en el cantón Ibarra, mediante el uso de imágenes satelitales Landsat y ortofotos de los años 1993, 2002 y 2018 identificando las diferentes categorías de cobertura vegetal, además se realizó una proyección para el año 2030 para la identificación de los conflictos de uso de suelo. Los resultados evidenciaron que, durante el periodo de estudio, existió un cambio significativo, donde las coberturas de bosque, páramo y vegetación arbustiva disminuyeron a diferencia del incremento en las zonas de cultivos y de área urbana. El análisis del uso potencial y cobertura del suelo evidenció que los conflictos de uso durante el año 2018 y 2030 corresponden a las categorías de suelos bien utilizados, lo que representa una disminución en la proyección a futuro de 54 674.70 ha a 41 264.50 ha, al igual que los suelos con sub – uso donde la superficie pasó de 15 137.40 ha a 5 603.33 ha, mientras que los suelos categorizados como sobre – utilizados incrementaron la superficie de 31 975.18 a 54 089.30 ha. Con los datos obtenidos se ha llegado a la conclusión de que las variaciones en la superficie de las diferentes categorías se generan como consecuencia del desarrollo de las actividades antrópicas, principalmente aquellas relacionadas con la expansión e intensificación de la zona urbana, agrícola y ganadera.

Palabras clave: cambio de uso de suelo, dinámica, imágenes satelitales, proyección, ortofotos.

ABSTRACT

In recent years, it has been observed that land use change plays a fundamental role in global changes, causing alterations in natural processes and cycles. Therefore, this topic acquires great importance, as it is through these changes that the relationship between human beings and their natural environment is established. The objective of this study was to analyze the historical change in land use in the Ibarra canton, using Landsat satellite images and orthophotos from the years 1993, 2002 and 2018, identifying the different categories of vegetation cover, in addition a projection was made to the year 2030 for the identification of land use conflicts. The results showed that, during the study period, there was a significant change, where the coverage of forest, paramo and shrubby vegetation decreased, unlike the increase in crop areas and urban areas. The analysis of the potential use and land cover showed that the conflicts of use during the year 2018 and 2030 correspond to the categories of well-used soils, which represents a decrease in the future projection of 54,674.70 ha to 41,264.50 ha, at the same as the soils with sub - use where the surface went from 15,137.40 ha to 5,603.33 ha, while the soils categorized as over - used increased the surface from 31,975.18 to 54,089.30 ha. With the data obtained, it has been concluded that the variations in the surface of the different categories are generated because of the development of anthropic activities, mainly those related to the expansion and intensification of the urban, agricultural and livestock areas.

Keywords: land use change, dynamics, satellite images, projection, orthophotos.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Revisión de antecedentes o estado del arte

En la actualidad, se ha reconocido que el cambio de uso de suelo se ha convertido en el factor clave que contribuye a cambios globales, alterando procesos y ciclos naturales. Por lo tanto, este tema es de gran relevancia, debido a que a través de estos cambios que se establece la relación entre los seres humanos y su entorno natural (Lambin et al., 2003). Estos cambios tienen múltiples impactos tanto a nivel socioeconómico como ambiental, y afectan aspectos como la sustentabilidad, la seguridad alimentaria, la biodiversidad y la vulnerabilidad de los ecosistemas y las personas, lo que implica cambios significativos. El cambio de uso de suelo implica el reemplazo total de la cobertura original (como la deforestación) o la alteración del manejo de la tierra, como la expansión de la agricultura, lo que resulta en modificaciones en la estructura y composición de los ecosistemas (Mesías, 2017).

Los diferentes modos en los que se utiliza un terreno y su cubierta vegetal son conocidos como usos del suelo (Semarnat, 2015). Desde una perspectiva geográfica, los tipos de usos del suelo y su grado de explotación tienen un impacto en la variedad de paisajes y, cuando se modifican, provocan cambios en los usos del suelo. Estos cambios son objeto de investigación ambiental debido a las implicaciones que tienen en la pérdida de hábitats, la biodiversidad, los bienes y servicios ambientales, y la capacidad productiva de los ecosistemas (Uribe, 2015).

En los últimos años, ha habido un reconocimiento por parte de los países sobre la importancia de llevar a cabo investigaciones acerca de la dinámica de uso del suelo. Estos estudios son fundamentales para analizar, comprender y tomar decisiones en la formulación de políticas de planificación. Su objetivo es entender cómo los seres humanos gestionan y aprovechan la naturaleza en áreas específicas (Flores et al., 2005). Específicamente, el cambio de uso de suelo hacia zonas urbanas plantea problemas para la población. Este fenómeno conlleva una mayor demanda de agua, contaminación ambiental, congestión vehicular, alteraciones en

la temperatura, crecimiento demográfico, conflictos sociales y competencia por el uso de la tierra (Pineda, 2011).

En años recientes, los cambios en el uso del suelo y la vegetación han sido objeto de estudio en América Latina. En Chile, se han detectado desplazamientos de la frontera agrícola debido al uso urbano y se han observado impactos en los bosques debido a la expansión de áreas agrícolas (Aguayo et al. 2009). En México, Priego et al. (2004) registraron un aumento en la superficie de asentamientos humanos, cultivos y pastizales modificados, mientras que las selvas, la vegetación hidrófila, los pastizales naturales, los matorrales y los bosques disminuyeron. Además, Castelán et al. (2007) reportaron una reducción en la masa forestal en la cuenca del río San Marcos, Puebla, y en el Estado de México se documentaron pérdidas en la superficie forestal de coníferas latifoliadas y bosques mixtos durante el período 1993-2002, aunque en algunos casos se ha observado una recuperación. En el municipio de Texcoco, se ha observado un crecimiento significativo del uso urbano sobre la superficie agrícola (Palma et al., 1999).

En Ecuador, los principales componentes que afectan la biodiversidad y funcionamiento de los ecosistemas son las actividades humanas llevadas a cabo en la superficie terrestre, el uso inadecuado de los bosques nativos existentes y la migración de comunidades rurales que ocasiona un aumento en la población de las ciudades. A esto se suma la falta de dirección y políticas que promuevan el desarrollo sostenible y un ordenamiento territorial adecuado (Peralvo y Cuesta, 2014).

Es ampliamente reconocido que la notable diversidad y endemismo de las plantas en Ecuador se deben a la presencia de la cordillera de los Andes. Se estima que aproximadamente el 50% de las especies existentes en el país no se localizan en ningún otro lugar del mundo (Mitterneter et al., 1999). La cordillera de los Andes alberga diversos tipos de ecosistemas, incluyendo los bosques montanos, que poseen la mayor diversidad de especies vegetales en Ecuador, representando el 64% de la flora del país (Jorgensen y León-Yáñez, 1999). Sin embargo, en los últimos años, estos bosques han experimentado una disminución en su extensión debido a acciones humanas como el CUS, que ha llevado el reemplazo de bosques nativos

por sembradíos de especies arbóreas exóticas. Como resultado, éste callejón interandino ha quedado prácticamente desprovisto de bosques naturales (CESA, 1992).

En Imbaura, el cantón Ibarra, es reconocido por albergar una amplia diversidad de especies vegetales de gran importancia para Ecuador. Ubicado en las zonas bajas de la cadena montañosa y formando parte del noroeste del país, este territorio se considera como un ecosistema afectado (Mesías, 2017). En esta región, la expansión de actividades humanas ha tenido impactos negativos en el suelo.

Adicionalmente, es importante destacar los ecosistemas altoandinos en el cantón, ya que forma parte del callejón interandino. Estos ecosistemas son altamente susceptibles a alteraciones en estructura y composición del paisaje, producido por la creciente fragmentación asociada a la conversión de ecosistemas. Los remanentes pequeños de páramos se encuentran expuestos al avance de la frontera agrícola, lo cual puede provocar cambios en las condiciones biofísicas del terreno y generar impactos socioambientales en diferentes niveles (Tovar et al., 2014).

1.2 Problema de investigación y justificación

El suelo, presente de forma continua en el paisaje, desempeña un papel crucial en los ecosistemas y agroecosistemas. Aunque no es uniforme, muestra una amplia variación en el entorno. Su importancia radica en su capacidad para proporcionar funciones vitales y servicios esenciales que sustentan actividades sociales, económicas y la vida humana (Oldeman, 2008). Por lo tanto, resulta fundamental examinar los efectos del cambio en el uso del suelo en diversos ecosistemas (Rodríguez-Echeverry y Leyton, 2021). Mediante el análisis de los resultados obtenidos, podremos comprender cómo se ven afectados y cuál es la condición de los patrones espaciales de los ecosistemas.

En la mayoría de los casos, el uso del suelo implica cambios significativos en los paisajes, los ecosistemas y el medio ambiente. El rápido crecimiento de las áreas urbanas y su infraestructura conlleva a la utilización de suelo, a menudo a

expensas de tierras agrícolas productivas (Paris et al., 2020). Asimismo, el paisaje rural está experimentando transformaciones debido a la intensificación de la agricultura, el abandono de tierras y la explotación forestal. En el cantón de Ibarra, se pueden encontrar diversos tipos de uso del suelo, los cuales están estrechamente relacionados con las características propias del suelo. Estos incluyen bosques, áreas erosionadas, cultivos de pasto, matorrales, páramos, zonas urbanas, entre otros (PDOT, 2015).

En la mayoría de las situaciones, la utilización del suelo conlleva cambios significativos en los paisajes, los ecosistemas y el entorno ambiental. El rápido crecimiento de las áreas urbanas y su infraestructura implica la ocupación del suelo, a menudo a expensas de tierras agrícolas productivas (Paris et al., 2020). Del mismo modo, el paisaje rural está experimentando transformaciones debido a la intensificación de la agricultura, el abandono de tierras y la explotación forestal. En el cantón de Ibarra, se encuentran diversos tipos de uso del suelo, los cuales se relacionan estrechamente con las características propias del suelo. Estos abarcan desde bosques y áreas erosionadas hasta cultivos de pasto, matorrales, páramos y zonas urbanas, entre otros (PDOT, 2015).

El objetivo de esta investigación es analizar el cambio de uso del suelo en el cantón Ibarra, utilizando mapas temáticos de diferentes años como referencia. Este análisis proporcionará una base para identificar las tendencias de los procesos de degradación y pérdida de biodiversidad en el cantón, con el propósito de contribuir con estrategias de recuperación y conservación del ecosistema. Para el desarrollo de estas estrategias, es crucial enfocarse en el sector agrícola y ganadero, ya que se consideran agentes externos que modifican el uso del suelo, especialmente en los páramos andinos, además de controlar la expansión de las zonas urbanas.

Es importante resaltar que esta investigación está alineada con los objetivos establecidos en el Plan Nacional Creando Oportunidades 2021-2025, específicamente con el eje de transición ecológica definido en el Objetivo 11. Dicho objetivo tiene como propósito conservar, restaurar, proteger y utilizar de manera sostenible los recursos naturales. En el marco de este objetivo, el Estado asume la responsabilidad de gestionar los recursos naturales de forma responsable en

beneficio de la sociedad. Se promueve la protección y conservación de los entornos naturales y su biodiversidad, así como el fortalecimiento de la capacidad de recuperación y restauración de los recursos naturales. Además, se busca reducir los impactos de la deforestación y la degradación de los ecosistemas naturales a través de un uso y aprovechamiento sostenible del patrimonio natural (SENPLADES, 2021).

1.3 Preguntas directrices de la investigación

- ¿Cuáles son los cambios que se han producido en el uso del suelo en el cantón Ibarra?
- ¿Cuál es el cambio futuro de uso de suelo del cantón y las parroquias urbanas?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Determinar el uso de suelo futuro del cantón Ibarra mediante un análisis del cambio de cobertura vegetal histórico por categorías.

1.4.2 Objetivos específicos

- Establecer el cambio de uso de suelo histórico en el cantón Ibarra y las parroquias urbanas.
- Proyectar el uso de suelo futuro del cantón Ibarra y sus parroquias urbanas a diferente escala cartográfica.
- Determinar los conflictos de uso de suelo en el cantón Ibarra.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Marco teórico referencial

2.1.1 *Cambio de cobertura vegetal y uso de suelo*

Las investigaciones que analizan la transformación del uso del suelo y la vegetación son fundamentales para entender las tendencias de los procesos que llevan a la deforestación y degradación de los bosques, así como la erosión del suelo y la desertificación, que resultan en la pérdida de biodiversidad (Lambin et al., 2001). En este sentido, los cambios en la cobertura vegetal de un área se consideran una de las principales causas del deterioro medioambiental (Nájera et al., 2010). Es claro que las actividades humanas en las últimas décadas han sido el punto de origen de las modificaciones en los ecosistemas terrestres (Vargas et al., 2016).

A nivel mundial, se estima que entre el 30% y el 50% de los bosques han sido transformados debido a los procesos de cambio en la cobertura vegetal y el uso del suelo. Los bosques, que ocupan alrededor de 900 millones de hectáreas de la superficie terrestre, se encuentran afectados por estos cambios (Pongratz et al., 2008). Sin embargo, la deforestación, principalmente impulsada por la expansión agrícola, ha llevado a la pérdida de vastas áreas de cobertura forestal (Strassburg et al., 2017). América Latina, en particular, cuenta con el mayor porcentaje de cobertura forestal en comparación con otros continentes (58.1%), pero también ha experimentado modificaciones significativas en sus extensiones originales, con altas tasas de deforestación del 2.5% (Wright, 2005).

Se llevó a cabo un estudio en el cantón Cuenca, Ecuador, que se enfocó en examinar la perspectiva del uso del suelo y la cobertura vegetal en el proceso de ordenamiento territorial. Durante este estudio, se analizó la evolución del cantón, los cambios en el uso del suelo entre los años 1991 y 2001, y también se evaluó la proyección de cambios hasta el año 2030. Los resultados mostraron cambios significativos en todo el territorio del cantón, especialmente asociados con la

construcción de una red vial sin una planificación adecuada. Durante el período de 1991 a 2001, se observó una pérdida de 49 066.3 hectáreas de cobertura natural, como páramos, vegetación leñosa y herbácea. Además, la categoría de pastos y cultivos experimentó un aumento de 70 639 hectáreas en el mismo período.

2.1.1.1 Deforestación

En los últimos tiempos, se ha observado una creciente inquietud a nivel mundial acerca de la degradación de los ecosistemas, ya que desempeñan un papel crucial en el equilibrio ecológico y poseen una diversidad de funciones, pero también enfrentan amenazas constantes. Estas amenazas tienen un impacto directo en las emisiones de carbono, principalmente debido a la deforestación y la degradación de los bosques (Houghton, 2012). Es relevante señalar que las tasas de deforestación pueden variar según los diferentes análisis y fuentes de datos utilizados para estimarlas.

En América Latina, se ha observado que las características geográficas, los factores socioeconómicos y los parámetros biofísicos desempeñan un papel importante en los cambios en el uso del suelo (Wassenaar et al., 2007). En consecuencia, en los últimos años se han realizado diversos estudios sobre la deforestación, principalmente a niveles regionales, estatales, de cuenca o microcuenca (Armenteras et al., 2013). Estas investigaciones se enfocan en comprender y analizar los patrones y las causas de la deforestación en estas áreas específicas.

Se han identificado otros factores adicionales que influyen en los cambios de uso del suelo, aunque se consideran de menor proporción e impacto. Estos incluyen la accesibilidad, la demanda de mercados nacionales e internacionales, y el crecimiento de la densidad poblacional. En la actualidad, se considera que las tierras bajas son las áreas con mayor actividad de deforestación (Armenteras et al., 2011). En América Latina, los estudios existentes sobre el tema presentan diversos enfoques para reportar la deforestación, tales como la deforestación total, la tasa anual, la tasa total, la pérdida en hectáreas, entre otros. Esta diversidad dificulta la

comparación directa de las dinámicas de pérdida de bosque y complica el análisis de estas tendencias.

2.1.1.2 Fragmentación

La fragmentación se refiere a un cambio en la estructura y configuración de los hábitats en un paisaje, que transforma un hábitat continuo y dominante en una serie de fragmentos más pequeños distribuidos en una nueva matriz de hábitat, que es mayoritaria y de diferente calidad al hábitat original (Lindenmayer y Fischer, 2006). Este proceso puede ser resultado de factores naturales, como la respuesta de las especies a gradientes ambientales o a perturbaciones y sucesión ecológica, lo cual da lugar a mosaicos de hábitats con comunidades ecológicas distintas (García, 2011).

La fragmentación del paisaje se origina por tres procesos que afectan su estructura: 1) la progresiva pérdida de superficie del hábitat original; 2) la creciente subdivisión del hábitat remanente; y 3) el aumento de la relación entre perímetro y superficie de dicho hábitat. Estos procesos suelen tener lugar de manera simultánea y están interconectados, especialmente cuando la fragmentación no es aleatoria, como ocurre frecuentemente debido a la degradación causada por actividades humanas (Lindenmayer y Fisher, 2006).

La fragmentación está influenciada por el nivel biológico considerado, abarcando desde los genotipos de una especie hasta las comunidades ecológicas, pasando por los individuos dentro de una población (Lindenmayer y Fisher, 2006). Por lo tanto, resulta necesario buscar factores contingentes relacionados con los diferentes niveles de la jerarquía biológica, con el fin de explicar las aparentes inconsistencias en cuanto a la importancia de los efectos observados entre dichos niveles (Young y Clarke, 2000).

2.1.1.3 Degradación

La degradación ambiental hace referencia al deterioro del estado del ambiente, que se manifiesta en la disminución de recursos naturales como el aire, el agua, el suelo y la vegetación, provocando la destrucción de ecosistemas y la

extinción de la vida silvestre (Semarnat, 2015). Estos procesos pueden originarse por causas naturales o ser consecuencia de actividades humanas (Amestoy, 2001).

En la actualidad, las organizaciones internacionales reconocen que la degradación ambiental representa una de las principales amenazas para el planeta y pone en peligro la supervivencia de numerosas especies, incluyendo la especie humana (Semarnat, 2015). Esta preocupante tendencia hacia el deterioro ambiental subraya la importancia de contar con un monitoreo de los recursos naturales para identificar las áreas que presentan condiciones críticas de degradación. El monitoreo y análisis geoespacial de las condiciones de degradación ambiental son considerados como la mejor opción para comprender estas tendencias en términos de tiempo y espacio (Pérez-Vega et al., 2020).

La degradación ambiental está íntimamente vinculada a las transformaciones en el uso y cobertura del suelo, las cuales se originan por actividades humanas y procesos naturales, y que obstaculizan la utilización adecuada y el manejo sostenible de los recursos naturales (Pérez-Vega et al., 2020). La agricultura y la ganadería son identificadas como las principales actividades humanas que modifican las cubiertas naturales del suelo (Coomes et al., 2008).

El enfoque geoespacial en tiempo y espacio para abordar y analizar la degradación ambiental ocasionada por los cambios en el uso del suelo posibilita una comprensión completa del problema, lo que, a su vez, facilita la formulación de estrategias más efectivas para mitigar esta preocupante cuestión medioambiental.

2.1.2 Teledetección y sistemas de información geográfica en el cambio de uso de suelo

Para realizar investigaciones sobre los cambios en las coberturas terrestres y los usos del suelo, es esencial establecer una delimitación geográfica y definir una dimensión temporal como punto de partida. Además, se requiere el uso y manipulación de diversos recursos cartográficos, en particular, mapas de uso del suelo y vegetación. Estos mapas son de vital importancia para que los expertos en el campo y las autoridades responsables del uso y manejo de los recursos naturales

puedan establecer políticas enfocadas en su aprovechamiento y conservación de manera efectiva (Millington y Alexander, 2000).

La combinación de técnicas de Teledetección y SIG, demostraron ser un instrumento altamente efectivo para el análisis espacial en los campos de la Geografía y la Cartografía. Estas técnicas permiten obtener información detallada sobre la pérdida de cobertura vegetal y los CUS a lo largo de un periodo, brindando una visión más completa de la situación. Al integrar factores físicos, naturales y humanos, se logra obtener una aproximación integral de la realidad existente (Pineda et al., 2011).

Las incorporaciones de los SIG son indispensables en las investigaciones sobre territorio y paisaje, convirtiéndose en una herramienta fundamental y excepcional (Fuenzalida y Cobs, 2013). Estas herramientas, simples, pero altamente efectivas, permiten realizar análisis y cuantificaciones de las coberturas y CUS, y también identificar áreas potencialmente recuperables para preservar la biodiversidad paisajística, biológica y cultural. La combinación de los SIG con la Ecología del Paisaje (Varga y Vila, 2006) proporciona un enfoque completo en estos estudios.

En este contexto, Cabanillas (2022) destaca la importancia de la percepción remota en el monitoreo de procesos de deforestación y CUS de la subcuenca hidrográfica "Río Pericos" Sinaloa. Por su parte, Laurente (2011) utilizó imágenes Landsat 5-TM y SIG para analizar la deforestación en la microcuenca del río Supte en Tingo María, Perú, entre las décadas de 1990 y 2005. Los resultados revelaron una alta tasa de deforestación en los bosques y una extensa degradación del suelo. Estos ejemplos ilustran cómo la combinación de la percepción remota y los SIG ha sido clave para comprender y monitorear los cambios en diferentes áreas geográficas.

2.1.3 Matriz de contingencia e índice kappa

La evaluación de la precisión en la clasificación de imágenes satelitales se realiza mediante el uso de la matriz de confusión normalizada, también conocida

como matriz de contingencia, y el coeficiente Kappa (Lizzi et al., 2007). Este proceso implica analizar el grado de concordancia entre las clases asignadas por el clasificador y sus ubicaciones correctas, utilizando datos de referencia obtenidos a través de observaciones de campo, registros estadísticos, interpretación de fotografías aéreas y otras fuentes similares. Además, se lleva a cabo una categorización de los píxeles para las clases de interés realizada por el clasificador.

Para mejorar la precisión de la clasificación, se emplea el coeficiente Kappa propuesto por Cohen (Li et al., 2009). Este coeficiente se utiliza para medir la concordancia entre dos metodologías empleadas para determinar la similitud de dos clasificaciones de imágenes. Su valor oscila entre 0 y 1 y se divide en seis clases. Cuanto más cercano esté el valor a 1, mayor será la concordancia entre los dos métodos (Tabla 1). Así, en función del valor obtenido, se puede aceptar o rechazar la clasificación que se está evaluando (Cerdeja y Villarroel, 2008).

Tabla 1. Categoría de concordancias de validación para el coeficiente Kappa

Rango	Concordancia
0	Nula
- 0.02	Leve
0.21 – 0.40	Aceptable
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Considerable
0.81 – 1.00	Casi perfecta

Fuente: (Cerdeja y Villarroel, 2008)

En la actualidad, diversas investigaciones manejan el coeficiente Kappa como una medida de referencia para validar la cartografía de áreas con diferentes tipos de cobertura. Nolasco et al. (2015), en su estudio realizaron la clasificación del uso del suelo agrícola en seis categorías utilizando imágenes Landsat en la región de Córdoba, Argentina. Mediante esta metodología los resultados obtenidos de la clasificación supervisada mostraron altos valores de validación en el coeficiente Kappa, que oscilaron entre 0.7 y 0.99 para las diferentes imágenes clasificadas.

En un estudio llevado a cabo por Molano et al. (2022), se emplearon diversas imágenes satelitales, incluyendo Landsat-4 (1987), Landsat-5 (1991, 1997, 2009),

Landsat-7 (2000, 2003), Landsat-8 (2014, 2016, 2017), y Sentinel-2 (2019, 2021), para realizar una clasificación del uso del suelo en los Andes Colombianos en cuatro categorías: área glaciaria, suelo-roca, vegetación y agua. Los resultados de dicho estudio revelaron valores del coeficiente Kappa superiores a 0.76, lo que indica un alto nivel de concordancia entre la clasificación y las categorías reales del uso del suelo.

Los resultados muestran similitud a los obtenidos en el estudio de Johann et al. (2012), sobre la clasificación del uso del suelo en Paraná, mediante la utilización de imágenes multitemporales del satélite MODIS. En este caso, los autores lograron obtener valores de Kappa entre 0.86 y 0.90 al clasificar dos tipos de cultivos

2.1.4 Tasa de variación de la cobertura y uso de suelo

La tasa de variación es una medida que permite cuantificar la magnitud y la velocidad con la que ocurre un proceso, siendo fundamental para comprender la dinámica y la magnitud del cambio CUS, así como sus implicaciones que estos cambios conllevan. Para calcular esta tasa, se emplea una fórmula matemática que proporciona el porcentaje de cambio en la superficie de cobertura vegetal y uso del suelo (FAO, 1996).

Un ejemplo de estudio realizado por Peralta et al. (2015) en el municipio de Riberalta (Bolivia) durante el período 1986-2011, empleó técnicas de percepción remota y Sistemas de Información Geográfica para analizar las tasas de cambio en las coberturas de suelo y la deforestación. Los resultados obtenidos revelaron una tasa de cambio del -0.22% en la categoría de bosque entre 1986 y 2000, y del -0.74% entre 2000 y 2011.

Otro estudio realizado por Camacho et al. (2015) analizó los cambios en la cobertura y uso del suelo en la Porción Surponiente de México en el período 1989-2009. Utilizando imágenes de satélite, se generaron mapas temáticos de uso del suelo y vegetación, y a partir de la superposición de estos mapas se elaboró una matriz de cambios. Los resultados mostraron una tasa de cambio del -0.75% y 0.91% en la categoría agropecuario.

2.1.5 Cadenas de markov

Las cadenas de Markov son una herramienta grandemente utilizada en la investigación del cambio del uso del suelo a diversas escalas. Este modelo se centra en analizar las probabilidades de transición entre diferentes estados, lo que permite estudiar las tendencias de desarrollo y realizar predicciones sobre los estados futuros del uso del suelo. Donde, el monitoreo y análisis de CUS resultan indispensables para proveer información acerca de los patrones y las transformaciones del uso del suelo. Estos datos son fundamentales para respaldar la toma de decisiones orientadas hacia un desarrollo sostenible, siendo crucial contar con la participación de los responsables en dichas decisiones (Cueva, 2021).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en los últimos años, incluyen diversas funciones de análisis, como CA_MARKOV, la cual forma parte del software IDRISI, y que contribuye al módulo *Land Change Modeler* (LCM) (Eastman, 2012). Esta función permite integrar la modelización temporal, basada en una serie cronológica del uso del suelo, con la lógica de evaluación multicriterio y multiobjetivo. De esta manera, se complementa el análisis multitemporal y multivariable, lo que permite obtener una modelización más precisa de la dinámica real de los paisajes (Paegelow et al., 2003).

Land Change Modeler (LCM) es una extensión de software para ArcGIS conocida como *Land Planning*. Su principal función es facilitar un estudio rápido del cambio de cobertura del suelo, permitiendo simular futuros cambios en diferentes escenarios y modelar posibles impactos sobre la biodiversidad. Esta herramienta resulta especialmente útil para priorizar la conservación (Rosero, 2018).

El módulo *Land Change Modeler* se distingue por su flujo de trabajo automatizado y fácil de usar, lo que simplifica la complejidad de los análisis y los cambios asociados a recursos naturales, asentamientos del terreno y otros aspectos relevantes (Eastman, 2012). Esta extensión está disponible en el software IDRISI Selva y *Image Processing* y se puede utilizar como una extensión compatible con

Esri ArcGIS Product, siendo compatible con ArcGIS 10.2 SP2 o versiones posteriores.

En este contexto, se han realizado diversas investigaciones sobre la modelación del CUS. Santos et al. (2016), en su investigación se enfocaron en proyectar un escenario de uso de suelo para el año 2025 en la cuenca del río Metztlán. Para esto, utilizaron cadenas de Markov-autómatas celulares y se basaron en mapas generados para los años 2007 y 2013. Los resultados obtenidos revelaron que la superficie destinada a la agricultura temporal, la agricultura de riego y el bosque experimentarán una reducción, mientras que los usos de suelo urbano, matorral y matorral erosionado incrementarán su extensión. Además, al analizar las probabilidades de permanencia, se encontró que el uso urbano no representa una amenaza significativa para el bosque, registrando solo un 1.7% de afectación.

Pérez et al. (2011) llevaron a cabo una investigación donde buscaron predecir los cambios espaciales en el uso de suelo en Texcoco, México. Para esto, utilizaron fotografías aéreas e imágenes satelitales correspondientes a los años 1993 y 2004. A través de la aplicación de evaluación multicriterio espacial, lógica difusa, autómatas celulares y cadenas de Markov, modelaron el escenario del cambio de uso para el año 2014. Los resultados de la proyección indicaron incrementos en la superficie urbana, la actividad minera y el pastizal natural, mientras que se observó una disminución en las áreas agrícolas, el pastizal inducido, el bosque y las áreas de reforestación.

2.1.6 Conflictos de uso de suelo

Estos conflictos son áreas de inconsistencia con sus ocupaciones naturales, en estas áreas existe una discrepancia entre el uso del medio natural por parte del ser humano y aquel que debería tener (Molina y Rivas, 2007). Se considera uso potencial a la capacidad o uso del suelo de acuerdo a sus propiedades, indicando que el suelo está totalmente aprovechado, situación definida como equilibrada, es decir que los usos existentes del suelo proveen las mismas demandas al medio ambiente (López, 2010).

En este contexto, es importante destacar las diferencias entre el uso actual y el potencial del suelo, lo que resulta en dos situaciones distintas: la subutilización del suelo, cuando las demandas actuales de uso exceden la capacidad productiva del suelo debido a sus características específicas; y el sobreuso del suelo, cuando las exigencias del uso actual o la cobertura vegetal superan la capacidad productiva del suelo. Estas disparidades en el uso del suelo contribuyen a los conflictos relacionados con la creciente presión ejercida por la actividad humana sobre el medio ambiente (Uyan, 2013).

Categorías para conflictos de uso de suelo

Es esencial identificar las categorías que son determinantes en los conflictos relacionados con el uso del suelo. Para lograrlo, es importante analizar las áreas afectadas por la subutilización y sobreutilización del suelo. Estas áreas se desarrollan mediante el análisis de variables físicas como el clima, el suelo y la geomorfología, que se consideran como bases para generar una matriz bidimensional. Dicha matriz se compone de la aptitud agrológica y el uso actual del suelo, y permite identificar los diferentes conflictos de uso, los cuales varían según la magnitud de la agresión (Andrade y Dután, 2012).

2.2 Marco Legal

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

Según lo establecido en la Constitución de la República del Ecuador (2008), el interés público y la prioridad nacional radican en la conservación del suelo, como se menciona en el artículo 409, inciso 1. Además, el artículo 410 enfatiza la responsabilidad del Estado de brindar apoyo a los agricultores y comunidades rurales en la conservación y restauración de los suelos, así como en el fomento de prácticas agrícolas que protejan los suelos y promuevan la soberanía alimentaria.

Según el Artículo 3, el Estado tiene la responsabilidad principal de planificar el avance del país, erradicar la pobreza, promover un desarrollo sostenible y garantizar una distribución equitativa de los recursos y la riqueza, con el objetivo de alcanzar una buena calidad de vida. En concordancia con el Artículo 276 de la

misma ley, se asegura que, dentro del marco del desarrollo, se lleve a cabo el concepto de Buen Vivir o Sumak Kawsay, el cual busca la recuperación y preservación de la naturaleza, así como el mantenimiento de un entorno saludable y sostenible que garantice a las personas y comunidades un acceso justo, constante y de alta calidad al agua, aire, suelo y otros beneficios derivados de los recursos y el patrimonio natural.

El logro del Buen Vivir implica responsabilidades y obligaciones tanto para el Estado como para las personas y colectividades, incluyendo sus diversas formas organizativas. A todos ellos se les otorga el deber de participar en todas las etapas y ámbitos de la gestión pública y la planificación del desarrollo a nivel nacional y local, así como en la implementación y supervisión del cumplimiento de los planes de desarrollo. Es fundamental que en todo momento se garantice el cuidado de la naturaleza como sujeto de derecho. En este contexto, el Artículo 321 de la Constitución de la República del Ecuador garantiza y reconoce el derecho a la propiedad en todas sus formas, siempre y cuando estén respaldadas por la ley. Además, se establece que la propiedad debe cumplir funciones sociales y ambientales, asegurando así su contribución al bienestar colectivo y la preservación del entorno natural.

2.2.2 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)

Según lo establecido en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (2010), el Artículo 31, inciso g), se hace referencia a las políticas que tienen como objetivo garantizar el derecho regional al hábitat y a la vivienda, así como asegurar la soberanía alimentaria en la respectiva circunscripción territorial. Estas responsabilidades recaen en los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales. Asimismo, el Artículo 134 menciona el fomento de la seguridad alimentaria, el cual es responsabilidad de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) regionales. Estos GAD deben gestionar las disposiciones constitucionales y legales para garantizar la soberanía alimentaria en sus respectivas jurisdicciones.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) parroquiales rurales tienen la responsabilidad de fomentar y promover actividades dirigidas a la preservación de la biodiversidad y la protección del medio ambiente. Para ello, deben impulsar programas y proyectos que promuevan el manejo sustentable de los recursos naturales, la recuperación de ecosistemas frágiles y la prevención y restauración de suelos degradados debido a la contaminación, desertificación y erosión.

Además, se les encomienda llevar a cabo acciones de forestación y reforestación, promover la educación ambiental, organizar y vigilar el cumplimiento de los derechos ambientales y los derechos de la naturaleza a través de la participación ciudadana y la vigilancia ciudadana. 2.2.3 Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPFP).

El Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (2010) establece en los Artículos 42 y 43 los requisitos esenciales que deben estar presentes en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), el cual es la herramienta principal de planificación del desarrollo y ordenamiento territorial en los niveles descentralizados. En el Capítulo III, Sección II, se detallan los lineamientos y políticas del sistema del Plan Nacional de Desarrollo y la estrategia territorial nacional. Estas disposiciones establecen las directrices y orientaciones para el desarrollo y ordenamiento del territorio a nivel nacional.

2.2.4 Código Orgánico del Ambiente (COA)

El Código Orgánico del Ambiente (COA) (2017) reconoce al suelo como un recurso ambiental y lo califica como un bien ambiental en su Artículo 5, inciso 5, que se refiere a la conservación y uso sostenible del suelo. Además, los Artículos 94 y 99 del COA establecen disposiciones para la conservación de la cobertura vegetal, protegiendo los patrimonios forestales nacionales, páramos y ecosistemas de manglar, y prohíben su transformación en suelos agropecuarios. El Artículo 118 del COA hace hincapié en la prioridad de restaurar los suelos degradados a través de la restauración ecológica, siendo responsabilidad de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD). Asimismo, el Artículo 197 del COA regula las

actividades que pueden afectar la calidad del suelo, estableciendo la necesidad de regular y, si es necesario, restringir dichas actividades.

2.2.5 Plan de Desarrollo y del Ordenamiento Territorial

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2015) establece en su Artículo 295 la responsabilidad de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) de planificar estratégicamente su desarrollo a largo plazo, considerando las características específicas de su jurisdicción y organizando la ubicación de las acciones públicas en función de las cualidades territoriales, en consulta con la ciudadanía.

Asimismo, el Artículo 297 del plan se refiere al ordenamiento del territorio, que tiene como objetivo complementar la planificación económica, social y ambiental con una perspectiva territorial, racionalizando las intervenciones en el territorio y orientando su desarrollo y uso sostenible.

En el ámbito del control y uso del suelo, los GAD metropolitanos y municipales cumplen un rol importante de acuerdo con el Artículo 466, ya que tienen la responsabilidad de regular el uso y ocupación del suelo en sus respectivas jurisdicciones. Los planes y políticas de ordenamiento territorial a nivel municipal y metropolitano son clave para racionalizar las intervenciones en el territorio de todos los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

El Plan de Ordenamiento Territorial tiene como objetivo guiar el desarrollo urbano y territorial del cantón de manera armoniosa, sustentable y sostenible. Su enfoque se centra en la optimización de los recursos naturales, la organización del espacio, la infraestructura y las actividades, considerando su impacto físico, ambiental y social. Todo esto se realiza con el propósito de mejorar la calidad de vida de los habitantes y alcanzar el concepto del Buen Vivir.

Dentro del Plan de Ordenamiento Territorial se deben incluir estudios parciales que aborden la conservación y ordenamiento de zonas con valor artístico e histórico, protección del paisaje urbano, preservación ambiental y agrícola, aspectos económicos, ejes viales y evaluación de riesgos de desastres. Con el

objetivo de garantizar la soberanía alimentaria, se prohíbe la urbanización de suelos con una clara vocación agropecuaria, a menos que se cuente con una autorización expresa del organismo nacional de tierras. Es importante destacar que el ordenamiento del uso de suelo y construcciones no implica derechos de indemnización, excepto en los casos previstos por la Ley.

2.2.6 Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (LOOTUGS)

La Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (LOOTUGS), publicada en el Registro Oficial No. 790, establece diversas disposiciones relacionadas con el ordenamiento territorial. En el Artículo 9 se define el concepto de ordenamiento territorial como una responsabilidad compartida por todos los niveles de gobierno. Según el Artículo 27, los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) y los GAD metropolitanos deben elaborar un Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS). Además, el Artículo 41 regula los polígonos de intervención territorial, los cuales son áreas urbanas o rurales delimitadas por los PUGS. Estos polígonos se definen en base a características ambientales, paisajísticas y urbanísticas, así como a la capacidad de carga del territorio. También se incluyen aquellas áreas que serán afectadas por grandes obras de infraestructura con un alto impacto. Para aprovechar de manera sustentable y sostenible el potencial de estos polígonos, se deben aplicar los tratamientos correspondientes.

2.2.7 Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)

El Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, publicado en el Registro Oficial Edición Oficial Nro. 2 de 31 de marzo de 2003 y reformado mediante Decreto Ejecutivo 3516 de 12 de abril de 2019, contiene disposiciones relacionadas con los bosques y vegetación protectores. Según el Artículo 16 de esta legislación, se define a los bosques y vegetación protectores como formaciones vegetales que pueden ser naturales o cultivadas, compuestas por árboles, arbustos o hierbas, y que se encuentran en áreas de topografía accidentada, cabeceras de cuencas hidrográficas o zonas no aptas para la agricultura o ganadería

debido a sus condiciones climáticas, del suelo y del agua. Estos bosques y vegetación protectores tienen como funciones principales la conservación del agua, el suelo y la flora y fauna silvestre.

La autorización de la declaratoria de bosques y vegetación protectores corresponde al Ministerio del Ambiente, el cual emitirá un Acuerdo después de recibir un informe previo. Además, la declaración será registrada en el Sistema Nacional de Bosques y Vegetación Protectora. Según el Artículo 20, se establecen las actividades permitidas dentro de estas áreas. Además, el Artículo 23 establece que la declaratoria de bosques y vegetación protectora puede ser realizada de oficio o a petición de parte, y establece los requisitos para la declaración. Estos requisitos incluyen datos generales del área a ser declarada, características ambientales, aspectos físicos, uso del suelo, tipo de cobertura, documentos que demuestren la tenencia del área y un plan de manejo integral que cumpla con las normas vigentes.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1. Ubicación

El estudio actual se llevó a cabo en el cantón Ibarra, situado en la provincia de Imbabura, al norte del Ecuador. Este cantón tiene una superficie total de 110 565 ha. Se encuentra constituido por cinco parroquias urbanas: San Francisco, el Sagrario, Caranqui, Alpachaca y Priorato; y siete parroquias rurales: San Antonio, La Esperanza, Angochagua, Ambuquí, Salinas, La Carolina y Lita (Figura 1) (Tabla 2).

Tabla 2. Parroquias del cantón Ibarra

Parroquias	Superficie (km²)
Ibarra	242.09
La Esperanza	34.77
Lita	238.86
Salinas	77.94
San Antonio	29.17
Total	622.83

Fuente: (INEC, 2010)

El área de estudio se identifica por poseer un rango altitudinal de 650 a 4 400 m.s.n.m. y una temperatura anual promedio entre 4 y 20°C. Además, la precipitación anual registra un rango de 380 – 3 500 mm, es importante mencionar que cada parroquia tiene sus particularidades debido a la presencia de la cordillera de los Andes (INAMHI, 2018).

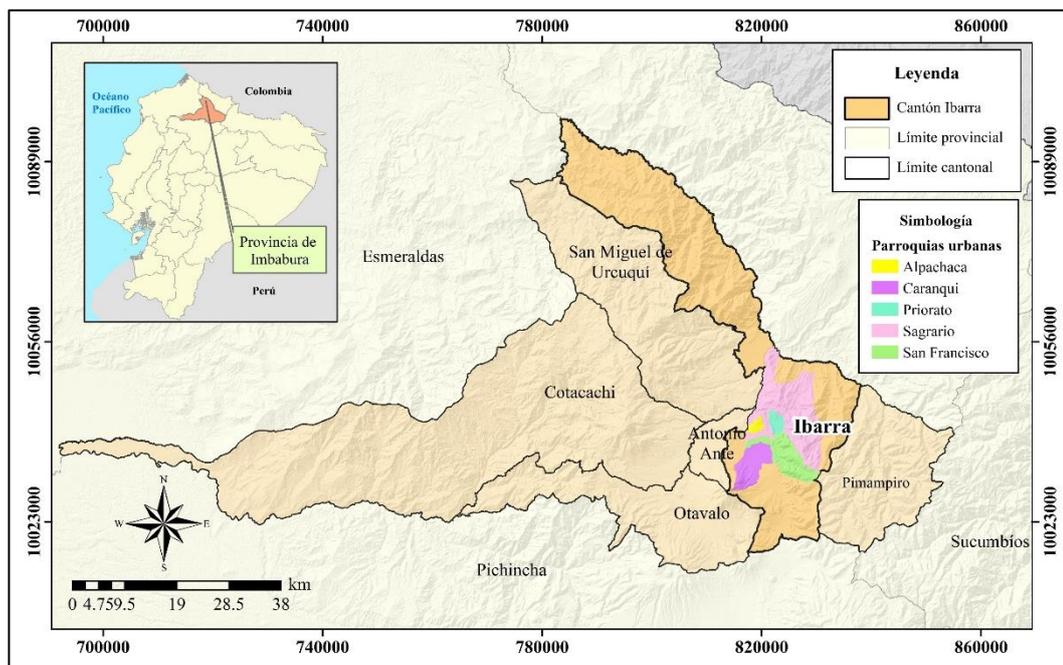


Figura 1. Localización del cantón Ibarra, Imbabura, Ecuador

De acuerdo con el PDOT (2015), El cantón Ibarra presenta siete tipos de climas diferentes. Estos incluyen el clima húmedo sin déficit de agua, que es megatérmico o cálido; el clima subhúmedo con moderado déficit de agua en época seca, también megatérmico o cálido; el clima superhúmedo sin déficit de agua, que es mesotérmico semicálido; el clima seco sin exceso de agua, mesotérmico templado cálido; el clima seco sin exceso de agua, mesotérmico templado cálido; el clima árido sin exceso de agua, mesotérmico templado cálido; y el clima subhúmedo con pequeño déficit de agua, mesotérmico templado frío.

El tipo de suelo pertenece a los órdenes: Molisol presente en 47 396 ha en las parroquias de La Carolina, Ibarra, Angochagua y La Esperanza, Entisol ocupando 20 299 ha principalmente en La Carolina, e Inseptisol con 46 082 ha en las parroquias La Carolina y Lita (PDOT, 2015). Además, en la zona está presente el complejo volcánico Imbabura-Cubilche, en donde el Imbabura considerado potencialmente activo cubre una extensión aproximada de 16 km, de Norte a Sur y de 14 km, de Oeste a Este, con una altitud máxima es de 4620 msnm, con una pendiente promedio de 33° (Jácome et al., 2020).

El uso actual del suelo del cantón Ibarra está definido por nueve clases: 1) áreas de cultivo, 2) áreas erosionadas, 3) arboricultura, 4) bosque, 5) cuerpos de agua, 6) pastos, 7) área urbanizada, 8) vegetación arbustiva y 9) páramo. Las áreas de cultivo ocupan el mayor porcentaje de superficie del cantón con 28 707 ha distribuidas en las parroquias de Angochagua, La Esperanza, San Antonio y Salinas. Mientras que los bosques registran una superficie de 26 900 ha localizados principalmente en las parroquias La Carolina y Lita, los cuales en su mayoría se consideran como secundarios o han sido intervenidos para su aprovechamiento. Además, los pastizales ocupan una importante extensión en el cantón con 25 987 ha y se ubican en mayor parte en Lita, La Carolina, y partes altas de Ambuquí. (PDOT 2015).

3.2 Métodos

En este apartado se detallan los métodos y procedimientos realizados para alcanzar cada objetivo planteado en la investigación.

3.2.1 Cambio de uso de suelo histórico en el cantón Ibarra y las parroquias urbanas

Para establecer los cambios de cobertura vegetal y uso de suelo del cantón Ibarra y sus parroquias urbanas analizando su magnitud y efectos se ejecutaron las siguientes actividades:

3.2.1.1 Recopilación de información

La elaboración de la cartografía de uso de suelo de los años 1993 y 2018 se realizó una indagación y descarga de imágenes Landsat EROS (<https://ers.cr.usgs.gov/login>), y ortofotos proporcionadas por el proyecto SIGTIERRAS. Se consideró únicamente las imágenes que aportaron la mejor calidad, es decir, imágenes con el menor porcentaje de nubes y cirrus en formato Geotiff (Camacho et al., 2010). Además, se utilizó la información de parroquias urbanas obtenidas del geoportal del municipio de Ibarra correspondiente a la división territorial del cantón (<https://www.ibarra.gob.ec/site/geoportal/division-territorial/>).

3.2.1.2 Tratamiento digital de imágenes

Las imágenes satelitales elegidas para la investigación se trataron con procesos de corrección mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) (IGAC, 2013). El tratamiento radicó en: realce radiométrico, realce multiespectral y corrección atmosférica. A través de estos procesos se mejoró las imágenes y se corrigió el efecto del relieve, con la finalidad de facilitar la interpretación de la cobertura vegetal.

Después de la descarga de las imágenes, se llevó a cabo la corrección geométrica mediante la proyección al sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM), DATUM WGS84 17 Sur, con el fin de eliminar cualquier distorsión geométrica. Esto se hizo para integrarlas en un entorno SIG y luego se recortaron utilizando el límite del cantón Ibarra utilizando el software ArcMap 10.8 (Pinos, 2016).

3.2.1.3 Identificación y clasificación de coberturas de suelo

Se emplearon las imágenes satelitales seleccionadas y corregidas anteriormente aplicando la metodología de clasificación supervisada, bajo el criterio de clasificación de máxima verosimilitud que consiste en la clasificación de firmas superpuestas asignando píxeles a la clase de mayor probabilidad (Chuvieco, 2002).

Utilizando el software ArcGIS v10.8, se procedió a la clasificación de las imágenes satelitales previamente procesadas para generar polígonos de entrenamiento que representan de manera distintiva y representativa las clases deseadas. Posteriormente, se creó un archivo de firmas utilizando la herramienta "Create Signatures". Seguidamente, se aplicó la herramienta "Maximum Likelihood Classification" para llevar a cabo la clasificación de las imágenes. Para asegurar la limpieza de la imagen y eliminar celdas clasificadas incorrectamente (ruido aleatorio) y áreas mínimas no válidas, se utilizó la herramienta "Eliminate". Las categorías principales de cobertura y uso del suelo identificadas se encuentran detalladas en la Tabla 3.

Tabla 3. Categorías de cobertura y uso de suelo

Nro.	Descripción
1	Área sin vegetación
2	Bosques
3	Cuerpos de agua
4	Cultivos
5	Páramo
6	Pastos
7	Vegetación arbustiva
8	Zona urbana

3.2.1.4 Validación de la clasificación

La determinación de la validez de la clasificación de cobertura y uso de suelo se realizó a través de la Matriz de Contingencia y el Índice de Kappa. Cerda y Villarroel (2008), mencionan que este índice muestra el grado de la concordancia entre: la predicción del software y el usuario.

3.2.1.5 Análisis del cambio en la cobertura y uso del suelo

A continuación, se estableció el cambio de cobertura y uso de suelo para un período de 25 años (1993 – 2018), analizando el cambio de las unidades de cobertura presentes mediante los incrementos, disminuciones y estabildades de las diferentes coberturas y la comparación de éstas en los distintos periodos de tiempo del estudio.

En esta etapa, se llevó a cabo un análisis de cambio de cobertura y uso del suelo mediante el uso del software Idrisi TERRSET. Para ello, se exportaron las capas vectoriales de cobertura vegetal y uso del suelo en formato Tiff para los años estudiados. Mediante la superposición de estas capas, se generaron tanto el mapa de cambios como la matriz de transición que muestra los cambios detectados durante el período de 1993 a 2018. A partir de estos datos, se obtuvo una matriz de probabilidad de transición que indica, de manera relativa, la probabilidad de que una categoría de uso del suelo y vegetación mantenga su condición actual o cambie

a otra categoría. Para calcular esta probabilidad, se comparó la superficie original en la primera fecha con la obtenida en la nueva fecha, teniendo en cuenta las respectivas transiciones (Bocco et al., 2001).

A continuación, para investigar el cambio de uso de suelo histórico de las parroquias urbanas se emplearon mapas de cobertura y uso de suelo del cantón Ibarra y se recortaron con el límite de cada una de las parroquias urbanas para su posterior análisis mediante una matriz de cambio de cobertura y uso de suelo para el área total que ocupan las parroquias urbanas, determinando así los cambios detectados en el período 1993-2018.

3.2.2 Proyección futura del cambio de uso del suelo

Para la proyección del escenario futuro del cambio de cobertura y uso del suelo al año 2030, se estandarizó las características de los rasters de categorías de coberturas y usos del suelo (Tabla 4) y se definieron variables (estáticas y dinámicas) y criterios que contribuyeron para la modelación (Figura 3).

Tabla 4. Características de los rasters usados en Idrisi TERRSET

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

El modelo de simulación fue realizado mediante la clasificación los ráster en variables dinámicas (distancia euclidiana a zona urbana, vías y SNAP) y variables estáticas (DEM y pendientes) (Figura 2).

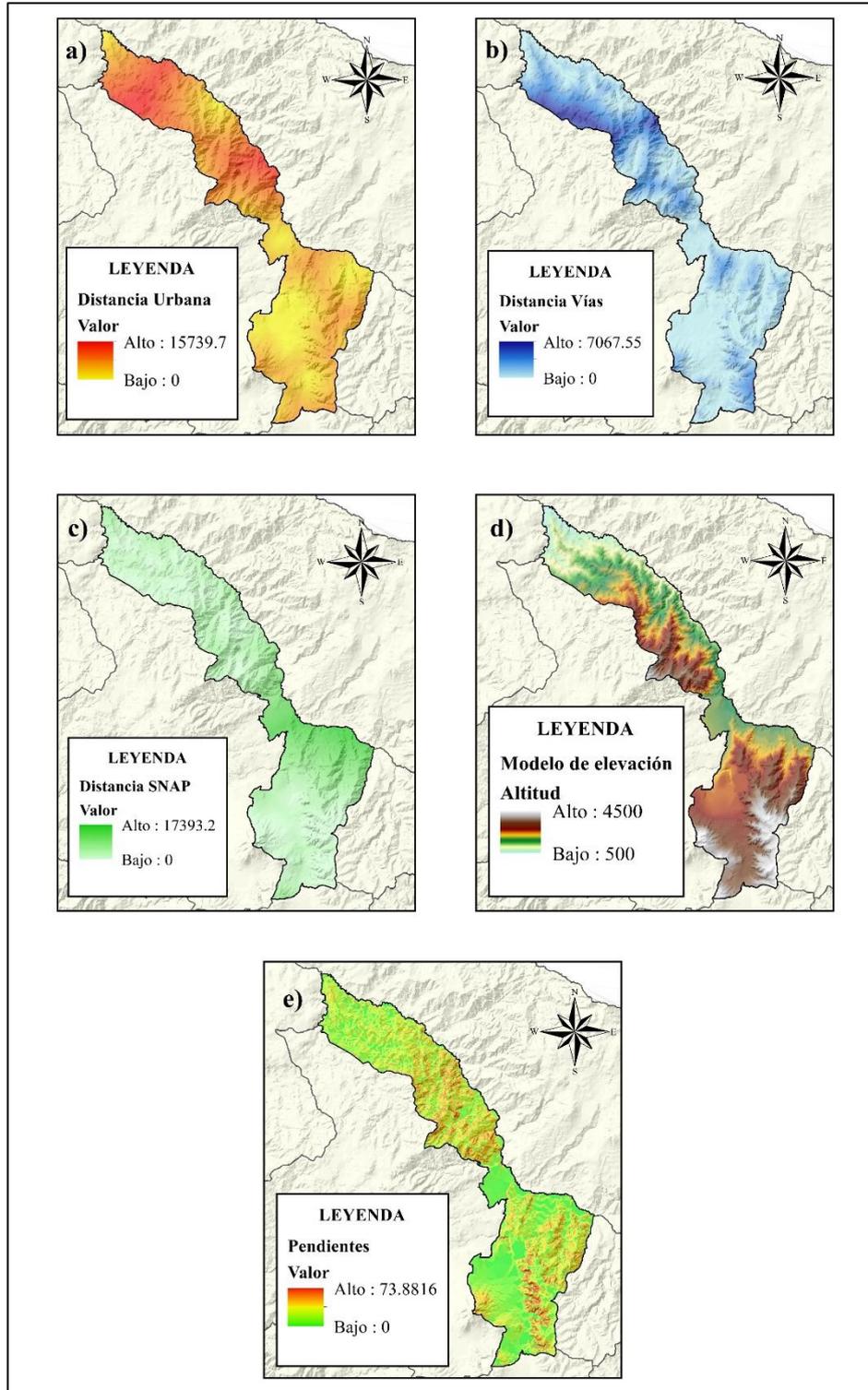


Figura 2. Variables dinámicas: a) Distancia Euclidiana (Zona Urbana); b) Distancia Euclidiana (Vías); c) Distancia Euclidiana (SNAP); Variables estáticas: d) Modelo de elevación; e) Pendientes.

3.2.3.1 Proyección de cambio de cobertura y uso del suelo para el año 2030

La determinación del cambio de cobertura y uso del suelo para el año 2030, se empleó el algoritmo Land Change Model (LCM) mediante el software Idrisi TERRSET. El proceso consistió en el análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo para generar tendencias de cambio entre las categorías identificadas anteriormente. En la tabla 5 se presenta el modelo de transición.

Tabla 5. Transiciones del sub-modelo Disturbios

Transición		Sub – Modelo
De:	A:	
Cultivos	Área sin vegetación	Disturbios
Bosque	Cultivos	
Páramo	Cultivos	
Vegetación arbustiva	Cultivos	
Cultivos	Zona urbana	
Vegetación arbustiva	Zona urbana	

Después de eso, se realizaron selecciones de variables estáticas y dinámicas utilizando la prueba de Cramer's V para medir la fuerza de correlación entre ellas. Estas variables fueron incluidas para mejorar la precisión del modelo (ver Tabla 6). Luego, se utilizó el algoritmo de perceptrón multicapa (MLP) para calcular la transición potencial y se validó el modelo proyectado comparándolo con el modelo clasificado en campo del año 2018. Por último, se llevó a cabo una simulación utilizando los archivos ráster de los años 1993 y 2018 para obtener el escenario futuro para el año 2030 mediante el algoritmo de Markov.

Tabla 6. Análisis de la prueba de Cramer's V

Variables	Test Cramer'Sv
Distancia euclidiana de zonas urbanas	0.2575
Distancia euclidiana de vías	0.1953
Distancia euclidiana de áreas protegidas	0.2512
Pendiente de terreno	0.1451
Cultivos a áreas sin vegetación	0.2153
Bosque a cultivos	0.2835
Páramo a cultivos	0.2929
Vegetación arbustiva a cultivos	0.2196
Cultivos a zona urbana	0.2153
Vegetación arbustiva a zona urbana	0.2471

3.2.3 Análisis de conflictos de uso de suelo en el cantón Ibarra

La delimitación de las categorías de conflictos se llevó a cabo utilizando la información obtenida de la cartografía a escala 1:50 000, la cual incluye datos sobre aptitud agrícola, uso potencial del suelo y cobertura vegetal para los diferentes años 2018 y 2030. Se tuvieron en cuenta las limitaciones climáticas, topográficas y de pendientes, así como la cartografía de cobertura vegetal que proporcionó información sobre la relación entre las actividades humanas y el uso del suelo. Los resultados de esta delimitación se presentan en la Tabla 7, donde se muestran las diferentes categorías de conflictos de uso de suelo (Cruz, 2014).

Tabla 7. Categorías que determinan los conflictos de uso de suelo

	Categoría	Terminología	Descripción
Sin conflicto	Uso adecuado	(UA)	Áreas donde el uso actual se encuentra acorde con la capacidad de uso de suelo.
	Subutilizado	(SU)	El uso actual no corresponde al uso potencial natural del suelo.
Con conflicto	Sobre utilizado	(SO)	Actividades que se desarrollan para explotar el recurso suelo, originado una pérdida lenta de las características del suelo.

Fuente: (Tosi y Joseph, 1991; Antón, 2010; CLIRSEN y MAGAP, 2011)

Uso adecuado (UA). - Esta área se caracteriza por presentar una correspondencia entre el uso actual del suelo y su capacidad de uso, lo que asegura

la sostenibilidad de este recurso. En este lugar, es posible llevar a cabo actividades de uso del suelo que son apropiadas y están en consonancia con la capacidad productiva natural del suelo, según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2002).

Subutilizado (SUB). - Estas áreas se caracterizan por tener un uso actual del suelo que no se ajusta a su potencialidad, ya que las actividades que se llevan a cabo son de menor nivel o calidad en comparación con la capacidad productiva del suelo como recurso. Esto se evalúa teniendo en cuenta las clases agrológicas definidas por CLIRSEN y MAGAP (2011).

Sobre utilizado (SBU). - Se refiere a un área en la cual el uso actual del suelo no está en armonía con su capacidad de uso, lo cual resulta en un impacto negativo en el recurso suelo. Esto puede deberse a diversos factores, como prácticas agropecuarias inadecuadas, la explotación de ecosistemas frágiles y la ausencia de un adecuado ordenamiento territorial. Estas condiciones contribuyen a la degradación del suelo debido a la sobreexplotación (IGAC, 2002).

3.3 Materiales y equipos

A continuación, se detallan los materiales, equipos y softwares que se utilizaron en la investigación (Tabla 8).

Tabla 8. Materiales, equipos y software

Tipo	Descripción
Materiales	Imágenes satelitales Landsat Libreta de campo Flash memory
Equipos	Computador portatil Cámara fotográfica Navegador GPS Impresora Vehículo
Software	ArcMap 10.7 con licencia temporal ENVI 5.1 con licencia temporal Idrisi Terrset con licencia temporal

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Cambio de uso de suelo histórico en el cantón Ibarra y las parroquias urbanas

Mediante la elaboración de la clasificación supervisada para los años 1993, 2002 y 2018 se identificó 8 tipos de cobertura y uso del suelo (Figura 3). De tal manera que, para el año 1993 se evidenció que el bosque fue la cobertura dominante, mientras que para los años 2002 y 2018, se cambió a cultivos y vegetación arbustiva como coberturas predominantes en el área, esto debido a las diferentes actividades antrópicas y productivas propias del sector.

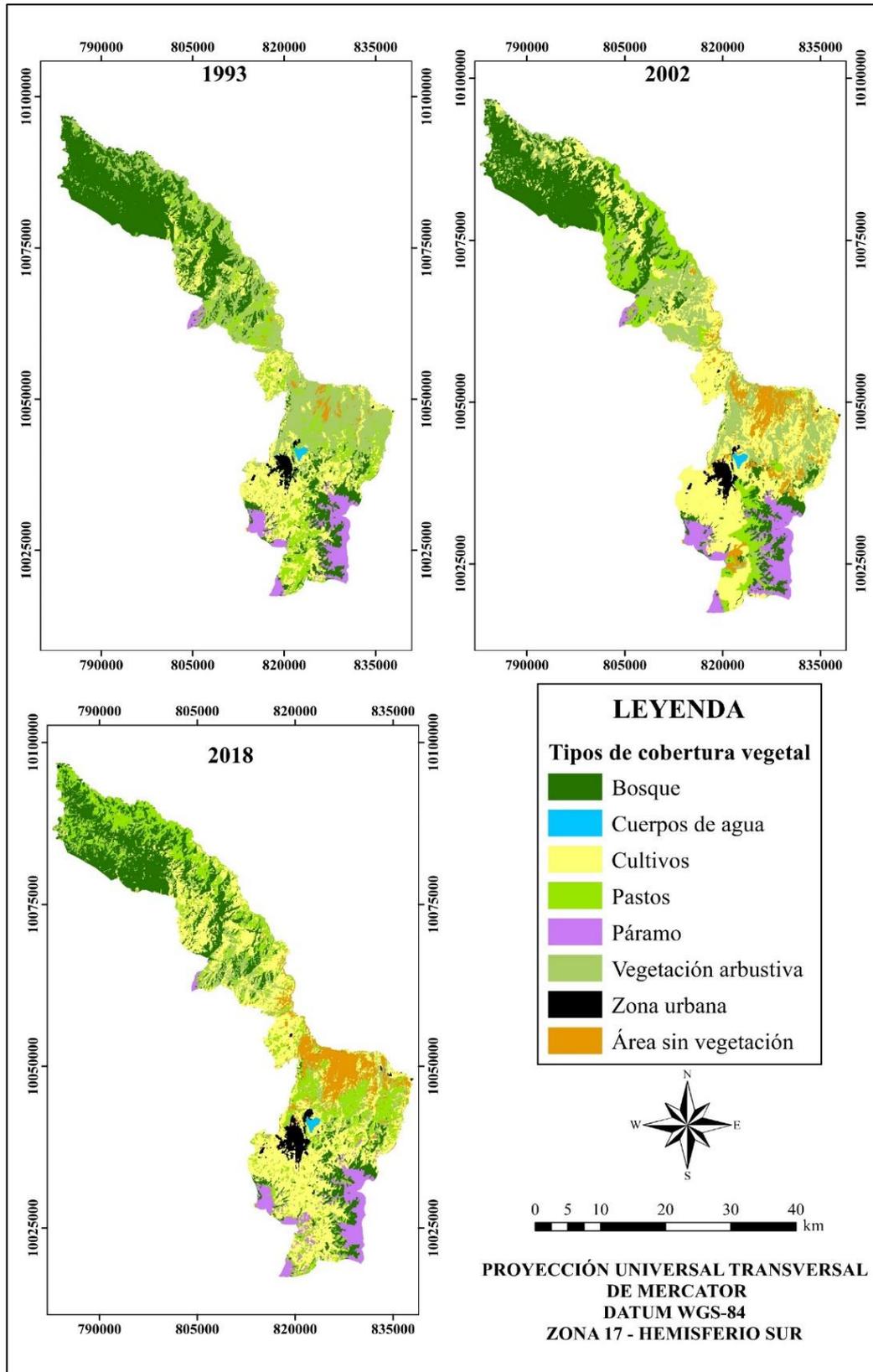


Figura 3. Variación temporal y espacial de los tipos de cobertura vegetal en el cantón Ibarra para los años: 1993, 2002, y 2018

En el lapso de 25 años se registraron diferentes variaciones en cuanto a la superficie de la cobertura vegetal donde la vegetación arbustiva presentó una reducción significativa del 19.46%, y en contraste a esto las coberturas de área sin vegetación, cultivos, pastos y zona urbana presentaron un aumento considerable. Cabe destacar que en el área de estudio a nivel de cantón la vegetación predominante fueron los cultivos (Tabla 9). Siendo la agricultura la principal actividad que más impacto ha generado, ya que los cultivos en esta zona se desarrollan de una forma extensiva por parte de los agricultores que buscan incrementar su capacidad de producción, generando repercusión sobre la cobertura vegetal.

Tabla 9. Tipos de cobertura vegetal en 1993, 2002 y 2018 en las parroquias urbanas del cantón Ibarra

Tipos de cobertura	Año 1993		Año 2002		Año 2018	
	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Área sin vegetación	1 066.69	0.96	6 516.18	5.89	8 055.85	7.29
Bosque	34 958.30	31.62	27 786.6	25.13	25 911.90	23.44
Cuerpos de agua	286.92	0.26	304.445	0.28	286.38	0.26
Cultivos	21 500.20	19.45	33 739.4	30.52	36 787.00	33.27
Páramo	6 523.59	5.90	7 588.48	6.86	6 302.11	5.70
Pastos	13 871.50	12.55	11 268	10.19	21 608.40	19.54
Vegetación arbustiva	30 934.30	27.98	21 799.4	19.72	9 415.22	8.52
Zona urbana	1 423.41	1.29	1 560.33	1.41	2 198.02	1.99
Total	110 564.91	100	110 564.91	100	110 564.91	100

Los distintos cambios en la cobertura y el uso del suelo en el cantón Ibarra fueron resultado de diversas actividades humanas, como asentamientos humanos, agricultura y ganadería, que han sido las principales causas de la pérdida de vegetación nativa, especialmente de los bosques con una reducción del 8.18%. En otro estudio realizado por Ortiz (2018) en la mancomunidad del Chocó Andino, se demostró que la pérdida de bosque durante el período 1991-2017 fue del 8.6%, lo

que indica una fuerte tendencia a la deforestación debido a actividades productivas locales, como cultivos de ciclo corto y pastoreo.

Los cambios en el uso del suelo han sido identificados como una de las principales razones detrás del deterioro del medio ambiente, es por ello que en este estudio se destaca que en el transcurso del primer periodo los páramos aumentaron de 6 523.59 ha en 1993 a 7 588.48 ha en 2002 y para el año 2018 mostraron una reducción a 6 302.11 ha. Por su parte Arévalo et al. (2023), en la cuenca del río Mira determinaron que en un periodo de 26 años existió un incremento de 888,2 ha y el bosque nativo fue la cobertura que presentó la mayor distribución. Mientras que los estudios realizados en la microcuenca del río Atapo en Chimborazo mostraron los cambios de la cobertura páramo en un área de 4 332,44 ha en el año 2016; 4 025.87 ha en el año 2017; 4 465.74 ha en el año 2018; 3 955.45 ha en el año 2019; y 4176.33 ha en el año 2020 (Siguencia, 2022).

De acuerdo con la matriz de transición que evidencia las persistencias, aumentos y disminuciones por cada clase o tipo de cobertura vegetal, se constató que las coberturas de vegetación arbustiva (7 724.14 ha), cultivos (7 261.43 ha) y bosque (2 778.41 ha) se observó una mayor disminución en la superficie original de las categorías de vegetación arbustiva, cultivos y bosques (año 1993), ya que gran parte de estas áreas han sido reemplazadas o utilizadas para llevar a cabo actividades agrícolas. (Tabla 10).

Tabla 10. Matriz de transición de coberturas vegetales entre los años 1993 y 2018

		Año 2018								
		Área sin vegetación	Bosque	Cuerpos de agua	Cultivos	Páramo	Pastos	Vegetación arbustiva	Zona urbana	Disminuciones (ha)
Año 1993	Área sin vegetación	885.35	0.00	0.00	180.25	0.05	1.10	1.51	0.25	1068.50
	Bosque	13.10	25 722.59	0.00	3016.10	32.00	3919.14	2244.58	7.76	34 955.26
	Cuerpos de agua	0.00	0.00	284.76	0.99	0.00	0.02	1.15	0.27	287.19
	Cultivos	70.79	39.04	0.79	19 603.69	65.27	1354.95	38.03	327.60	21 500.15
	Páramo	0.11	16.79	0.00	115.81	5 363.66	833.87	196.07	0.00	6526.31
	Pastos	973.49	17.55	0.63	7 771.14	704.75	3 636.68	392.13	377.15	13 873.50
	Vegetación arbustiva	6 112.85	118.19	0.34	6 091.65	138.31	11 858.56	6 543.00	68.20	30 931.09
	Zona urbana	0.68	0.00	0.00	3.87	0.00	1.51	0.16	1417.14	1423.35
	Aumentos (ha)	8 056.35	25 914.15	286.52	36783.50	6 304.03	21 605.83	9 416.61	2198.36	

Según Duarte (2006), en la actualidad, los cambios en la cobertura vegetal y el uso del suelo son una de las principales causas que alteran la configuración del paisaje. Estos cambios son evidentes en distintas escalas de estudio, tanto a nivel regional como global, y tienen un impacto directo en la biodiversidad, el ciclo hidrológico y los ciclos de carbono, nitrógeno y clima (Vitousek et al., 2003; Austin et al., 2006).

Durante el periodo de análisis de 25 años, los resultados mostraron que el cambio más significativo fue el aumento en la superficie sin vegetación, con un valor neto de cambio de 2,810.05 hectáreas, en contraste con la reducción de las coberturas de vegetación arbustiva y bosque, que experimentaron cambios netos de -6,172.16 ha y -564.75 ha, respectivamente (Tabla 11). La transformación de los ecosistemas naturales, especialmente áreas boscosas, páramos y vegetación arbustiva, en tierras destinadas a actividades agropecuarias, conlleva la pérdida de biodiversidad, la fragmentación de hábitats, la modificación del paisaje y la

disminución en la capacidad de brindar servicios ecosistémicos (Paruelo et al., 2006; Volante et al., 2012).

Tabla 11. Cambio de uso de suelo neto absoluto, años 1993 – 2018

Tipos de cobertura	Ganancia (ha)	Pérdida (ha)	Cambio Total (ha)	Intercambio (ha)	Cambio neto absoluto (ha)
Área sin vegetación	3 349.44	539.39	3 888.83	1 078.79	2 810.05
Bosque	2 213.66	2 778.41	4 992.08	5 556.83	-564.75
Cuerpos de agua	286.67	286.97	573.64	573.93	-0.29
Cultivos	9 119.12	7 261.43	16 380.54	14 522.85	1 857.69
Páramo	1 574.51	1708.45	3 282.95	3 416.90	-133.94
Pastos	4 081.66	2 530.58	6 612.23	5 061.15	1 551.08
Vegetación arbustiva	1 551.98	7 724.14	9 276.12	15 448.28	-6 172.16
Zona urbana	1 989.34	1 337.02	3 326.36	2 674.04	652.32
Total	24 166.38	24 166.38	48 332.77	48 332.77	0

Mediante la clasificación supervisada de los años 1993, 2002 y 2018 se identificaron 8 tipos de cobertura y uso del suelo en el área correspondiente a las parroquias urbanas del cantón Ibarra (Figura 4). Se evidenció que en el año 1993 la cobertura dominante fue la vegetación arbustiva, mientras que para los años 2002 y 2018 debido al incremento de actividades productivas se registró a los cultivos como cobertura predominante en el área. Valores que se asemejan con los obtenidos por Guamán y Velarde (2022), Quien evaluó el cambio de uso de suelo para la cuenca del río Tahuando donde se evidenció una predominancia en los cultivos, identificando de esta forma para el año 2000 un total de 4802.18 ha (25.61%) de superficie de toda la cuenca alta en el transcurso de 20 años.

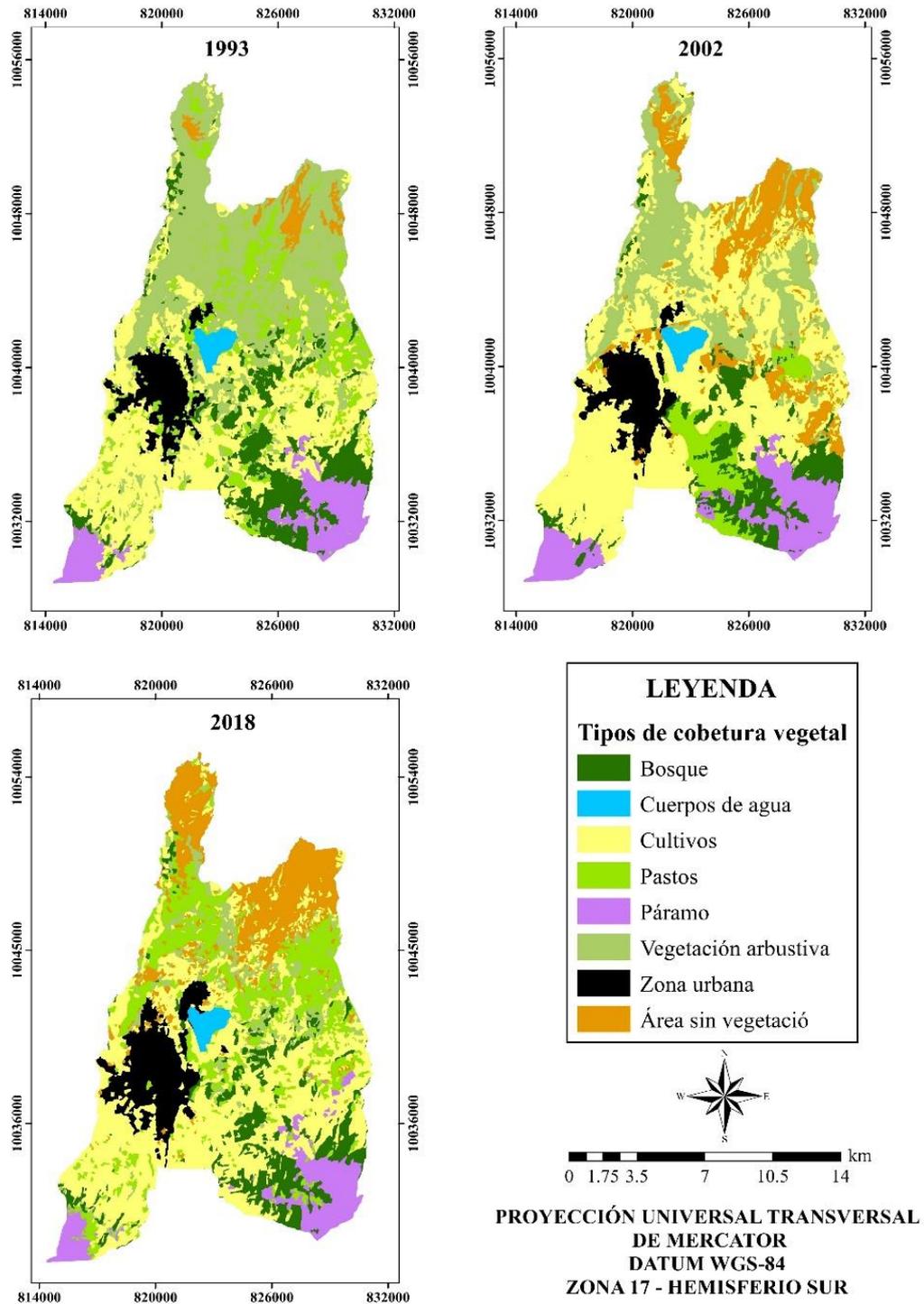


Figura 4. Variación temporal y espacial de los tipos de cobertura vegetal en la parroquia Ibarra del cantón Ibarra para los años: 1993, 2002, y 2018

Se determinó que existió variación en la superficie de las coberturas en el transcurso de los 25 años de estudio, evidenciando que la vegetación arbustiva y el bosque se redujeron en un 25.55% y 2.34% respectivamente. Por otra parte, los cultivos incrementaron del 30.05% de la superficie total en 1993 al 37.73% en el 2018 posicionándose como la cobertura dominante en el área de la parroquia, al mismo tiempo los pastos, la zona urbana y las áreas sin vegetación registraron un incremento (Tabla 12). De igual forma, Zorogastúa et al. (2011) en la región de Piura Perú observaron que un 23% de bosque nativo disminuyó durante los años 1999 y 2001. Camacho et al. (2015) en la Porción Surponiente del Estado de México registraron una disminución considerable de 19 262 ha de bosque durante los años 1989 y 2009, además observaron que fueron ocupadas por las categorías agropecuario, asentamientos humanos y agricultura tecnificada controlada.

Otros estudios como el de Galindo et al. (2005) registraron resultados similares, mediante análisis espacial en el Valle del Cauca, Colombia determinaron que el 80.12% de la cobertura natural original que estaba constituida por bosques y matorrales fue sustituida por áreas de pastos (44.17%), cultivos (4.04%) y pastizales arbustales (20%). En Ecuador en la provincia del Guayas, Andrade (2014), en su investigación evaluó la reducción y pérdida de bosque entre 1985 y 2011 donde evidenció la pérdida del 46% de la cobertura boscosa. Así mismo, en el bosque húmedo y seco tropical de las provincias de Esmeraldas y Manabí se registró la disminución de 9 704 ha de bosque natural desde 2002 hasta 2012, al mismo tiempo que existió un incremento de pasto cultivado producto del aumento de la frontera agrícola (Marcillo et al., 2016).

Tabla 12. Tipos de cobertura vegetal en 1993, 2002 y 2018 en la parroquia Ibarra

Tipos de cobertura	Año 1993		Año 2002		Año 2018	
	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Área sin vegetación	538.59	2.23	2926.97	12.11	3351.09	13.87
Bosque	2777.52	11.49	2192.97	9.07	2212.07	9.15
Cuerpos de agua	286.92	1.19	304.445	1.26	286.38	1.19
Cultivos	7260.97	30.05	9791.89	40.52	9119.03	37.73
Páramo	1707.67	7.07	2129.22	8.81	1575.06	6.52
Pastos	2531.06	10.47	1306.56	5.41	4081.49	16.89
Vegetación arbustiva	7726.92	31.97	4049.31	16.76	1551.90	6.42
Zona urbana	1336.66	5.53	1464.96	6.06	1989.29	8.23
Total	24166.31	100	24166.31	100	24166.31	100

Los cambios detectados en los diferentes tipos de cobertura de la parroquia Ibarra estuvieron relacionados, principalmente, con la disminución y pérdida de los ecosistemas de vegetación arbustiva, bosque y páramo, estas alteraciones podrían atribuirse al cambio del uso de suelo para el establecimiento y la práctica de actividades relacionadas con la agricultura y ganadería, entre estas la producción de monocultivos como papas, maíz, cebada, trigo, mellocos arveja y fréjol que se producen en las áreas rurales de las parroquia, San Francisco y Sagrario (PDOT del Cantón Ibarra, 2021), a esto se le suma la expansión de actividades ganaderas en zonas frágiles, la construcción de nuevas vías, el crecimiento urbano, y el incremento de la desertificación por la erosión, deforestación, cambios climáticos, uso inadecuado del agua entre otros.

La Tabla 13 muestra la matriz de transición y la dinámica de cambios que presentaron las ocho clases de uso del suelo y cobertura vegetal en el periodo 1993-2018. La sumatoria de los valores de persistencia (señalados en la diagonal) establece que un total de 14 239.48 ha mantuvieron su categoría de ocupación lo que representa el 58.92 % del área total de la parroquia. Los resultados de aumento y disminución indican notables variaciones de pérdida de 6 313.73 ha de vegetación arbustiva y un aumento de apenas 141.57 ha; asimismo, la cobertura de bosque tuvo

una disminución de 599.73 ha y un aumento de 34.98 ha, los cultivos disminuyeron 719.01 ha y aumentaron 2 576.70 ha, la disminución de pastos fue de 1 992.65 ha con un aumento de 3 543.73 ha.

Tabla 13. Matriz de transición de coberturas vegetales entre los años 1993 - 2018

		Año 2018									
		Área sin vegetación	Bosque	Cuerpos de agua	Cultivos	Páramo	Pastos	Vegetación arbustiva	Zona urbana	Total 1993	Disminución (ha)
Año 1993	Área sin vegetación	518,36	0	0	20,57	0	0,2	0,25	0,02	539,39	21,03
	Bosque	10,96	217,68	0	471,67	9,54	71,78	34,7	1,1	778,41	599,73
	Cuerpos de agua	0	0	284,56	1,01	0	0	1,1	0,29	286,97	2,41
	Cultivos	18,18	10,08	0,79	6542,42	5,18	400,03	8,3	276,46	7261,43	719,01
	Páramo	0	4,07	0	11,23	1436,06	233,12	23,96	0	1708,45	272,39
	Pastos	512,33	3,42	0,88	1002,56	73,28	537,93	73,13	327,06	2530,58	1992,65
	Vegetación arbustiva	2288,9	17,35	0,45	1066,14	50,45	2837,09	1410,41	53,35	7724,14	6313,73
	Zona urbana	0,72	0,07		3,53	0	1,51	0,14	1331,06	1337,02	5,96
	Total 2018	3349,44	2213,66	286,67	9119,12	1574,51	4081,66	1551,98	1989,34	24166,4	9926,9
	Aumento (ha)	2831,08	34,98	2,11	2576,7	138,45	3543,73	141,57	658,8	9926,9	

Al respecto, Aguayo et al. (2009) en la región centro sur de Chile registraron una reducción de bosque nativo de 184 689 ha que fueron sustituidas por plantaciones forestales, terrenos agrícolas, áreas sin vegetación y áreas urbanas durante los años 1979 y 2000. En Ecuador en la microcuenca del río Jubal de la provincia de Chimborazo entre 1991 y 2011 se evidenció que la cobertura natural constituida por páramo y bosque se transformó en 42.59 ha de pastizales y 29.71 ha de cultivos (Damian et al., 2018). De igual forma, Alvarado (2019) en el estudio multitemporal en la parroquia Tambillo durante 2001 y 2010 observaron que la cobertura de vegetación natural fue modificada a zona urbana con 76.8 ha y a zona agropecuaria con 914.8 ha.

De acuerdo con los resultados de la matriz de transición se menciona que en la parroquia Ibarra, la superficie correspondiente a cultivos y pastos se incrementó a expensas del área que consistía en vegetación arbustiva, bosques y páramo, estas transformaciones del uso de suelo pueden generar degradación de ecosistemas naturales y al ser reemplazados por áreas para la producción agrícolas generaran una presión permanente e intensiva sobre los recursos naturales.

Los resultados de la clasificación supervisada de imágenes satelitales de 1993, 2002 y 2018 en el cantón Ibarra evidenciaron que la superficie de cultivos, pastos y área sin vegetación en cada parroquia urbana incrementaron desde 1993 a 2018, mientras que las áreas de bosque sufrieron una reducción considerable (Tabla 14).

Tabla 14. Tipos de cobertura vegetal en 1993, 2002 y 2018 en las parroquias de Caranqui, San Francisco, Alpachaca, Priorato y El Sagrario

Parroquia "Caranqui"			
Tipo de cobertura vegetal	Superficie año 1993 (ha)	Superficie año 2002 (ha)	Superficie año 2018 (ha)
Área sin vegetación	0.00	16.92	23.93
Bosque	173.43	150.04	152.92
Cuerpos de agua	0.00	0.00	0.00
Cultivos	2 395.76	2 649.67	2 396.07
Páramo	512.43	462.59	358.89
Pastos	188.30	0.00	368.27
Vegetación arbustiva	254.37	0.29	65.57
Zona urbana	268.00	312.77	426.64
Total	3 537.92	3 592.28	3 792.29
Parroquia "San Francisco "			
Tipo de cobertura vegetal	Superficie año 1993 (ha)	Superficie año 2002 (ha)	Superficie año 2018 (ha)
Área sin vegetación	0.00	20.24	11.51
Bosque	1 465.60	1 166.12	1 173.04
Cuerpos de agua	0.00	0.00	0.00
Cultivos	1 386.31	1 129.07	1 951.59
Páramo	744.74	954.89	695.71
Pastos	370.31	1 050.23	290.98
Vegetación arbustiva	381.74	0.00	71.51
Zona urbana	326.55	354.68	480.90
Total	4 674.65	4 675.23	4 675.24
Parroquia "Alpachacha "			

Tipo de cobertura vegetal	Superficie año 1993 (ha)	Superficie año 2002 (ha)	Superficie año 2018 (ha)
Área sin vegetación	0.00	70.33	39.23
Bosque	2.89	0.00	0.00
Cuerpos de agua	0.00	0.00	0.00
Cultivos	201.74	192.86	138.96
Páramo	0.00	0.00	0.00
Pastos	41.97	7.73	46.49
Vegetación arbustiva	115.30	75.68	26.76
Zona urbana	211.45	226.75	321.92
Total	573.35	573.35	573.36
Parroquia "Priorato"			
Tipo de cobertura vegetal	Superficie año 1993 (ha)	Superficie año 2002 (ha)	Superficie año 2018 (ha)
Área sin vegetación	0.42	76.83	12.38
Bosque	14.61	11.76	16.47
Cuerpos de agua	286.92	304.32	286.38
Cultivos	272.37	425.20	371.49
Páramo	0.00	0.00	0.00
Pastos	149.53	1.21	57.60
Vegetación arbustiva	154.23	58.62	21.38
Zona urbana	78.47	78.59	190.86
Total	956.55	956.53	956.56
Parroquia "El Sagrario "			
Tipo de cobertura vegetal	Superficie año 1993 (ha)	Superficie año 2002 (ha)	Superficie año 2018 (ha)
Área sin vegetación	538.17	2738.58	3 264.04
Bosque	1 120.99	864.64	781.06
Cuerpos de agua	0.00	0.00	0.00
Cultivos	2 943.02	5490.79	4 444.94
Páramo	516.07	473.35	405.67
Pastos	1 780.95	247.49	3 318.16
Vegetación arbustiva	6817.49	3913.13	1 366.69
Zona urbana	417.10	440.77	588.32
Total	1 4133.79	1 4168.75	1 4168.88

En el período 1993-2002 se puede observar cómo la zona de cultivos cambió dependiendo de cada parroquia. En el caso de El Sagrario se observó un incremento de 2 547.77 ha, siendo este cambio el más representativo dentro de las parroquias de estudio en relación con cultivos. Caranqui y Priorato por su parte registraron un incremento de 253.91 ha y 152.83 ha respectivamente. Mientras que San Francisco y Alpachaca presentaron una disminución de 257.24 ha y 8.88 ha, en el caso de la última parroquia la pérdida de cobertura continuó hasta 138,96 ha en 2018. Además,

en el período 1993-2018 se observó el incremento de la zona urbana y área sin vegetación en las cinco parroquias de estudio, al mismo tiempo existió la disminución de vegetación arbustiva y bosque, a excepción de Priorato en donde el área de bosque aumentó a 16.46 ha en 2018, esto podría deberse a los programas del gobierno con fines de repoblación forestal ejecutados en el área en los últimos años.

La disminución de la cobertura vegetal nativa se relaciona con la expansión de un área con el objetivo de generar nuevos espacios resultantes del desarrollo demográfico de una población (Mónaco, 2016). Así, por ejemplo, en el nororiente ecuatoriano entre 1990 y 2008 se observó una disminución de bosque de 250 000 ha debido principalmente a la expansión de la frontera agropecuaria y un aumento de las clases de ocupación antrópica como cultivos de ciclo corto, anuales y perennes y pastos plantados de 599 103 ha en 1990 a 913 179 ha en 2008 (*The Nature Conservancy*, 2009). Hurtado (2014), en la provincia de Napo registró una pérdida de bosque del 9.62% entre los años 1990 y 2020, atribuyendo estos cambios de cobertura a la proximidad que tienen con áreas de pastos cultivados y usos silvopastoriles, es decir, forman parte de un proceso de degradación de las coberturas naturales.

4.2 Proyección del uso de suelo para el año 2030 en el cantón Ibarra y sus parroquias urbanas

De acuerdo con el análisis de la cobertura vegetal a través de la proyección futura para el año 2030 y considerando los ocho tipos de coberturas en el cantón Ibarra, se evidenció la predominancia de la superficie de cultivos en una extensión de 52 982.18 ha correspondiente al 47.92% del total del territorio, aumentando un 14.65% respecto a superficie identificada en el año 2018. Además, se observó un aumento en la superficie de las áreas sin cobertura vegetal pasando de 8 055.85 ha (año 2018) a 9 646.04 ha (Tabla 15).

Tabla 15. Variación de cobertura vegetal para el año 2030 en el cantón Ibarra

Tipos de cobertura	Año 2018		Año 2030	
	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Área sin vegetación	8 055.85	7.29	9 646.04	8.72
Bosque	25 911.90	23.44	24 999.1	22.61
Cuerpos de agua	286.38	0.26	284.18	0.26
Cultivos	36 787.00	33.27	52 982.5	47.92
Páramo	6 302.11	5.70	5 600.69	5.07
Pastos	21 608.40	19.54	6 596.92	5.97
Vegetación arbustiva	9 415.22	8.52	7 753.08	7.01
Zona urbana	2 198.02	1.99	2 697.27	2.44
Total	286.38	69.28	286.38	69.28

La tendencia en el aumento de la superficie de cultivos y de las áreas sin vegetación es atribuible a la expansión de las actividades relacionadas con la agricultura y ganadería, en concordancia con lo expuesto en el PDOT del cantón Ibarra (2021), donde se menciona que el cantón presenta asentamientos urbanos, agrícolas y pecuarios, mismos que generan modificación en los ecosistemas naturales, a consecuencia del incremento demográfico, lo que a su vez genera una ampliación del área urbana.

Los cambios generados en la cobertura del cantón con el incremento de las superficies de cultivos, zona urbana y áreas sin vegetación han generado una reducción en la extensión de las coberturas de bosque (912.80 ha), páramo (701.42 ha), pastos (15 011.48 ha) y vegetación arbustiva (1 662.14 ha) en la comparativa de las superficies entre el año 2018 al 2030 (Figura 5).

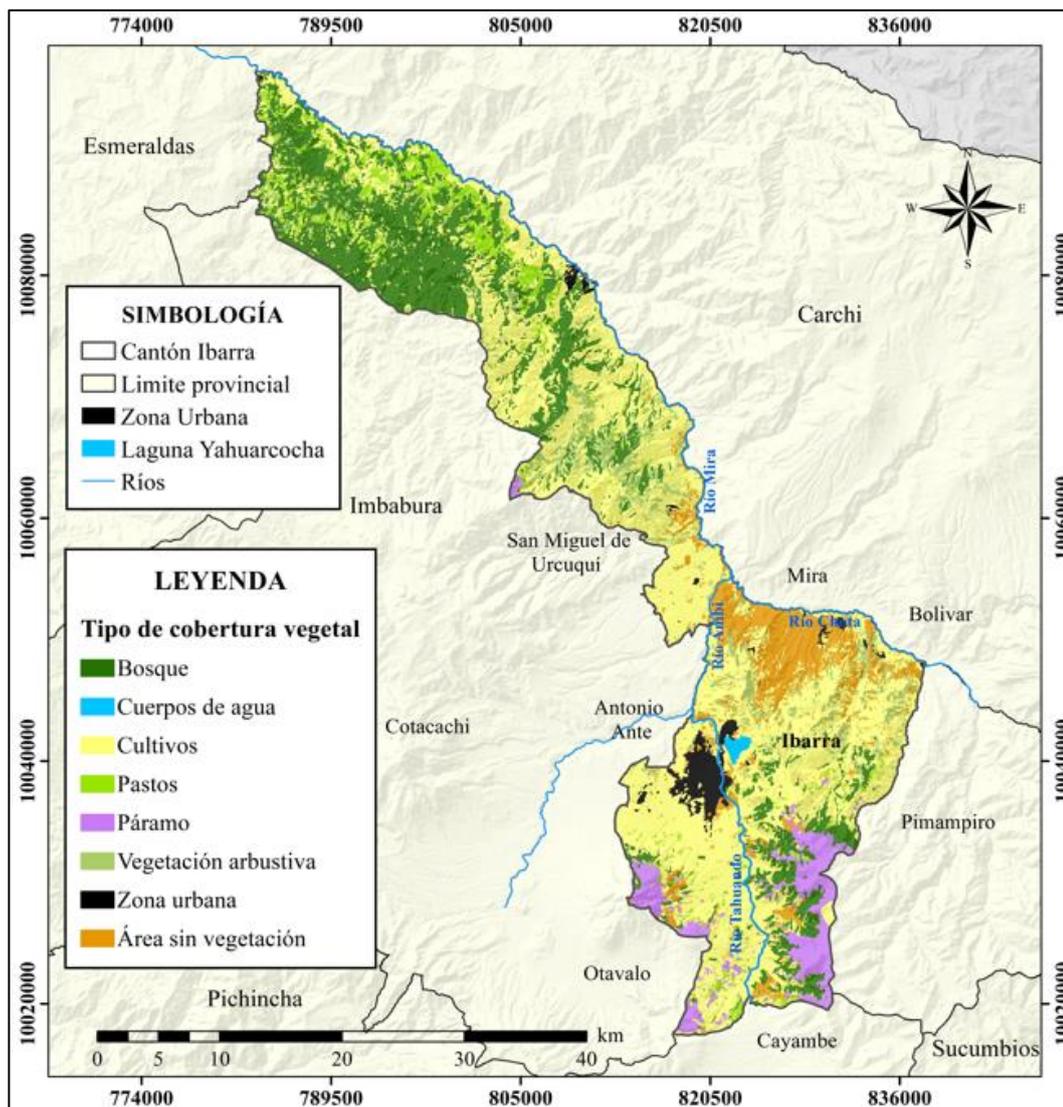


Figura 5. Proyección de la cobertura vegetal del cantón Ibarra para el año 2030

Respecto a los cambios de la cobertura vegetal observados para las parroquias urbanas del cantón Ibarra, se determinó que la cobertura de la zona urbana para el año 2030 es de 2 031.89 ha correspondiente al 8.41%. La cobertura vegetal predominante corresponde a los cultivos con una superficie de 12 463.9 ha equivalente al 51.58%, a su vez las coberturas correspondientes a los ecosistemas naturales como páramo, bosque y vegetación arbustiva tienen una superficie de 1 533.18 ha, 1 998.26 ha y 1 309.6 ha respectivamente. Cabe destacar que en el territorio correspondiente a las parroquias urbanas el 17.17% de este (4 149.24 ha)

conforma áreas sin cobertura vegetal, siendo una de las mayores extensiones después de los cultivos (Tabla 16).

Tabla 16. Superficie de la cobertura vegetal en las parroquias urbanas del cantón Ibarra, año 2030

Tipos de cobertura	Año 2030	
	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Área sin vegetación	4 149.24	17.17
Bosque	1 998.26	8.27
Cuerpos de agua	284.175	1.18
Cultivos	12 463.9	51.58
Páramo	1 533.18	6.35
Pastos	393.28	1.63
Vegetación arbustiva	1 309.6	5.42
Zona urbana	2 031.89	8.41
Total	24 163.525	100

En las cinco parroquias urbanas del cantón Ibarra se evidenció que para el año 2030, las parroquias de San Francisco, Sagrario y Caranqui son aquellas que presentaron un mayor crecimiento urbano con una extensión de 480.71 ha, 605.46 ha y 426.3 ha respectivamente, siendo estas parroquias las que poseen una mayor cantidad de habitantes respecto al resto de sectores del cantón. Además, la parroquia el Sagrario mostró una mayor superficie en la cobertura de bosque con 1 138.67 ha de páramo con 694.93 ha y vegetación arbustiva de 1 217.59 ha, a diferencia de las demás parroquias.

Adicionalmente la parroquia El Sagrario mostró una mayor superficie en la cobertura de cultivos con 7 590.68 ha para el año el año 2030, seguida de Caranqui con 2 441.38 ha y San Francisco con 1 889.36 ha. Así también, la parroquia Priorato es la única que presenta cuerpos de agua, debido a que en su territorio se encuentra ubicada el ecosistema lacustre del Lago Yahuarcocha, presentando una superficie de 284.18 ha (Tabla 17).

Tabla 17. Variación de coberturas vegetales por parroquias urbanas del cantón Ibarra, año 2030

Tipos de cobertura	San Francisco		Sagrario		Priorato		Caranqui		Alpachaca	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Área sin vegetación	357.98	7.66	3394.30	23.96	89.44	9.35	258.11	6.81	49.42	8.62
Bosque	0.00	0.00	0.00	0.00	12.15	1.27	121.10	3.19	0.08	0.01
Cuerpos de agua	0.00	0.00	0.00	0.00	284.18	29.71	0.00	0.00	0.00	0.00
Cultivos	1889.36	40.41	7590.68	53.58	358.83	37.51	2441.38	64.38	183.66	32.04
Páramo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pastos	77.79	1.66	153.11	1.08	0.04	0.00	162.34	4.28	0.00	0.00
Vegetación arbustiva	35.65	0.76	1217.59	8.59	18.27	1.91	23.87	0.63	14.22	2.48
Zona urbana	480.71	10.28	605.46	4.27	193.64	20.24	426.30	11.24	325.80	56.84

Los resultados obtenidos a través de la proyección futura para el año 2030 reflejan la tendencia de cambio que experimenta el cantón, de acuerdo con el PDOT del Cantón Ibarra (2021), respecto con el uso de suelo se encuentra relacionado entre unidades homogéneas de bosque, cultivos, vegetación arbustiva, áreas erosionadas y el sector urbano que se encuentra en constante incremento debido al aumento poblacional. En el plan se establece que el cantón se ocupa mayoritariamente por zonas de cultivos, las cuales se localizan principalmente en la parte rural, existiendo una variedad de cultivos que se producen de acuerdo con las condiciones climáticas de cada zona, a su vez se indica que el cantón presenta bosques de tipo secundario, ubicados en las parroquias de Carolina y Lita, sin embargo debido a las actividades de extracción de madera y expansión de la frontera agrícola para cubrir las necesidades económicas de sus moradores, la superficie de este tipo de cobertura ha disminuido con el tiempo, hecho que se pronosticó en la proyección realizada para el año 2030 en el presente estudio.

En el cantón Ibarra existe mayoritariamente una tendencia en la disminución de la cobertura de bosque, a consecuencia de la expansión de áreas de actividades agropecuarias, sin embargo, el cambio de la cobertura vegetal y/o uso de suelo en

la cabecera cantonal, es tendencial a la transformación a un uso de suelo urbano (Figura 6).

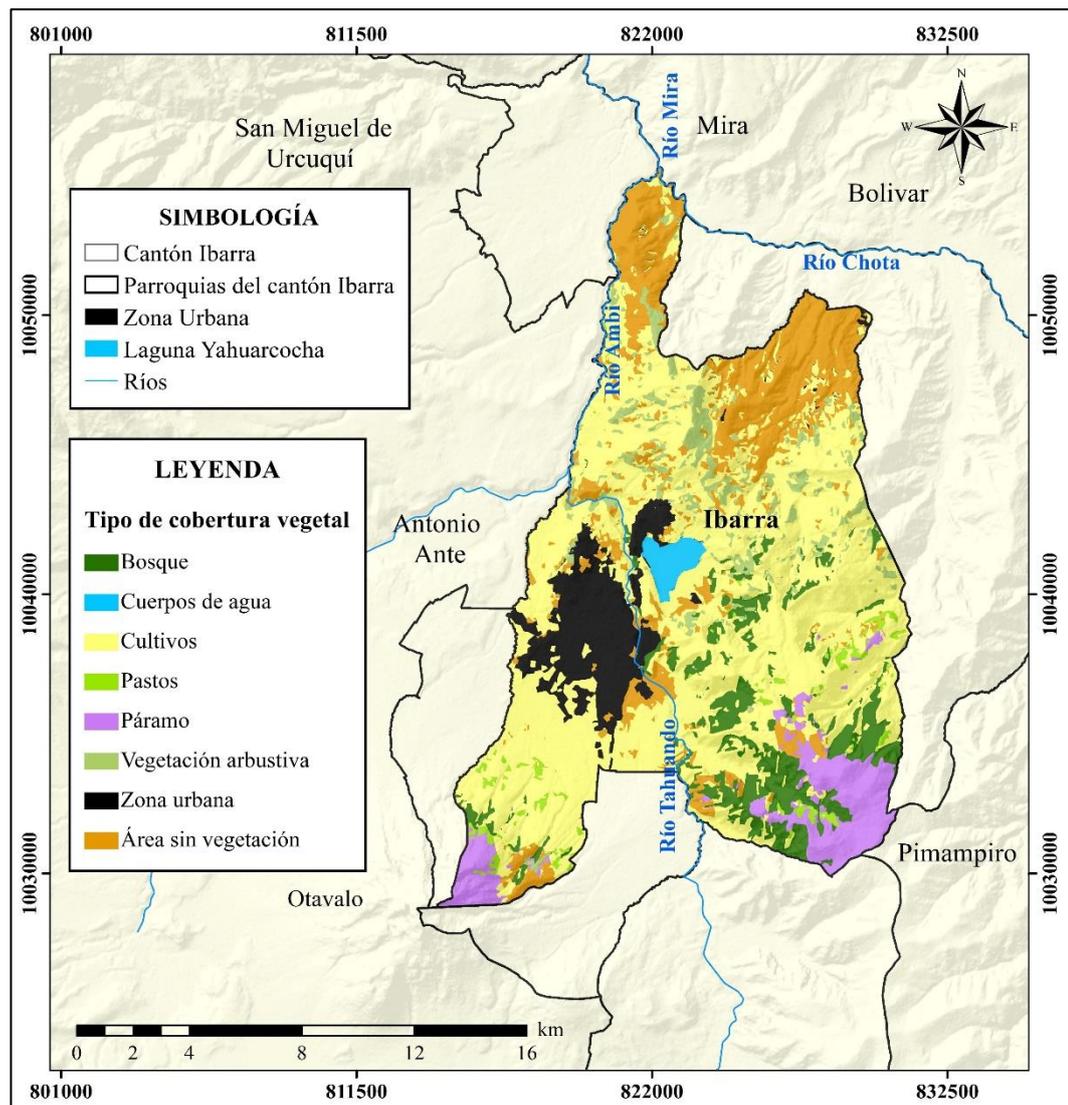


Figura 6. Cobertura vegetal de las parroquias urbanas del cantón Ibarra, año 2030

En el estudio realizado por Rosero (2016) en el Bosque Protector Zuleta, ubicado en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura, se aplicó una proyección para el año 2030 estimando los cambios que pueden ocurrir en este ecosistema debido a la influencia de los factores antropogénicos. Esta proyección futura estimó que alrededor del 18% de la zona de bosque sufrirá un cambio de su cobertura, transformándose en un futuro en zonas ganaderas, además de que se estimó que la

tasa de deforestación anual del bosque protector fue de 0.24%, lo que se traduce en una pérdida de cobertura boscosa de 7.63 ha anuales.

Por su parte, Pinos (2016) analizó en su estudio la variación de la cobertura vegetal y uso de suelo en el cantón Cuenca, evidenciando la disminución en las superficies de cobertura natural tales como páramo, bosque, y vegetación arbustiva, mientras que las categorías de cultivos y pastos han incrementado considerablemente para el periodo de años analizados. Estos resultados se asemejan a los obtenidos en la presente investigación realizado en el cantón Ibarra, donde los ecosistemas naturales han cambiado debido a las actividades de origen antrópico (agricultura, urbanización) ocurridas en el territorio.

La cartografía del cantón Cuenca proyectada para el año 2030, muestra la presión que ejerce el crecimiento de los sectores agro productivo y urbano sobre los ecosistemas naturales, sin considerar las restricciones o aptitudes que presenta el territorio. Por lo tanto, las zonas de cobertura de vegetación arbustiva y matorrales han experimentado mayores cambios a causa del crecimiento urbano, mismo que aumenta en torno a los nuevos ejes viales establecidos en el cantón. El aumento de la superficie de zona urbana genera un impacto directo sobre la biodiversidad del cantón, al ocasionar la fragmentación de hábitats y a su vez el desarrollo de nuevas infraestructuras produce la sobre explotación de los recursos naturales (Pinos, 2016).

A su vez, autores como Arias et al. (2020) evaluaron las zonas susceptibles a la pérdida de cobertura vegetal en la región amazónica, en las provincias de Zamora Chinchipe y Morona Santiago, donde a través de una proyección realizada considerando el periodo 2010 al 2030 se estimó que se disminuirían alrededor de 870 600 ha de cobertura natural correspondiente a bosque nativo, vegetación arbustiva, matorral y herbazales. En el estudio se identificaron que los sectores aledaños a los ríos Curaray, Pastaza y Bobonaza, los cuales conforman una superficie de 22 500 ha, son zonas sensibles a la disminución de su cobertura vegetal natural. Los cambios en esta región se han dado a causa de la deforestación, por tanto, la proyección para el año 2030 muestra que a nivel provincial se

disminuirá el 2% de la cobertura vegetal para Zamora Chinchipe, mientras que para Morona Santiago se disminuirá el 10.24%.

Así mismo, en el estudio realizado en Suba – Bogotá, Colombia por los autores Achicanoy et al. (2018), se modeló la tendencia de los cambios de cobertura por medio del uso de técnicas SIG, teledetección y herramientas de proyección (cadenas de Markov) proyectando un escenario de cambio de cobertura para el año 2020, donde se evidenció el constante crecimiento de las áreas urbanas con un aumento exponencial de más del 100%, mientras que las áreas de cobertura de bosque y vegetación arbustiva disminuyó en un 56%.

Considerando la metodología del estudio mencionado anteriormente se establece que los factores físicos, sociales y económicos influyen en los modelos de proyección futura, sin embargo, en el modelo de proyección de Markov, al ser de tipo lineal no son considerados los efectos de estos factores respecto al cambio del uso del suelo, debido a que se considera únicamente como base el análisis de la dinámica interna del sistema, por tal razón, es importante considerar como factores físicos claves las distancias a caminos y ríos, ya que estos resultan ser importantes dentro del proceso de modelación (Reynoso et al., 2016).

4.3 Conflictos por uso de suelo en el cantón Ibarra

Mediante el análisis del uso potencial y la cobertura vegetal del año 2018 se identificó seis categorías correspondientes a los conflictos por uso de suelo (Figura 8). A partir de la zonificación de los conflictos generador por el cambio de uso de suelo se observó que en el territorio del cantón Ibarra la mayor parte de la superficie corresponde a la categoría de suelo bien utilizado con 54 674.70 ha (49.45%), principalmente por las coberturas o zonas de cultivos, las mismas que se encuentran en un área con uso potencial adecuado y en pendientes menores al 25%, además de que el cantón Ibarra cuenta con coberturas de bosque y páramo en las zonas más altas.

En cuanto a la categoría de suelos sobre-utilizados se obtuvo un área de 31 975.18 ha correspondiente al 28.92% del total de la superficie del cantón, la

identificación de estos conflictos están dados por la presencia de actividades antrópicas en áreas que generan una mayor presión sobre el ecosistema natural, principalmente causado por la actividad agrícola, la misma que se realiza en pendientes mayores al 25%, esto ocasiona el deterioro de la estructura del suelo, sumando a las malas prácticas agrícolas lo convierte susceptible a los procesos de erosión. Mientras que los suelos sub – utilizados ocupan un área de 15 137.40 (13.69%), estos se ubican de forma dispersa en todas las parroquias del cantón (Tabla 18).

Tabla 18. Categorías de conflictos por uso de suelo en el cantón Ibarra, año 2018

Conflictos por uso de suelo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bien Utilizado	54 674.70	49.45
Cuerpo de Agua	287.01	0.26
Erosión	6 545.23	5.92
Sobre – utilizado	31 975.18	28.92
Sub – utilizado	15 137.40	13.69
Zona Urbana	1 945.38	1.76
Total	81 786.90	100

De acuerdo con el PDOT de Ibarra (2021), las categorías por conflictos de uso de suelo correspondientes al uso correcto se encuentran localizadas en las parroquias de Lita, Salinas, San Antonio, Caranqui y La esperanza, mientras que los suelos que presentan un uso inadecuado (sobre uso y subuso), se evidencian en las parroquias de La Carolina, Ambuquí, El Sagrario y Angochagua; además, dentro de la zonificación del plan de ordenamiento se establece la categoría “no aplica”, la cual corresponde a las zonas erosionadas, cuerpos de agua y las áreas urbanizadas, en el presente estudio estas zonas tienen una superficie de 6 545.23 ha, 287.01 ha y 1 945.38 ha respectivamente (Tabla 18).

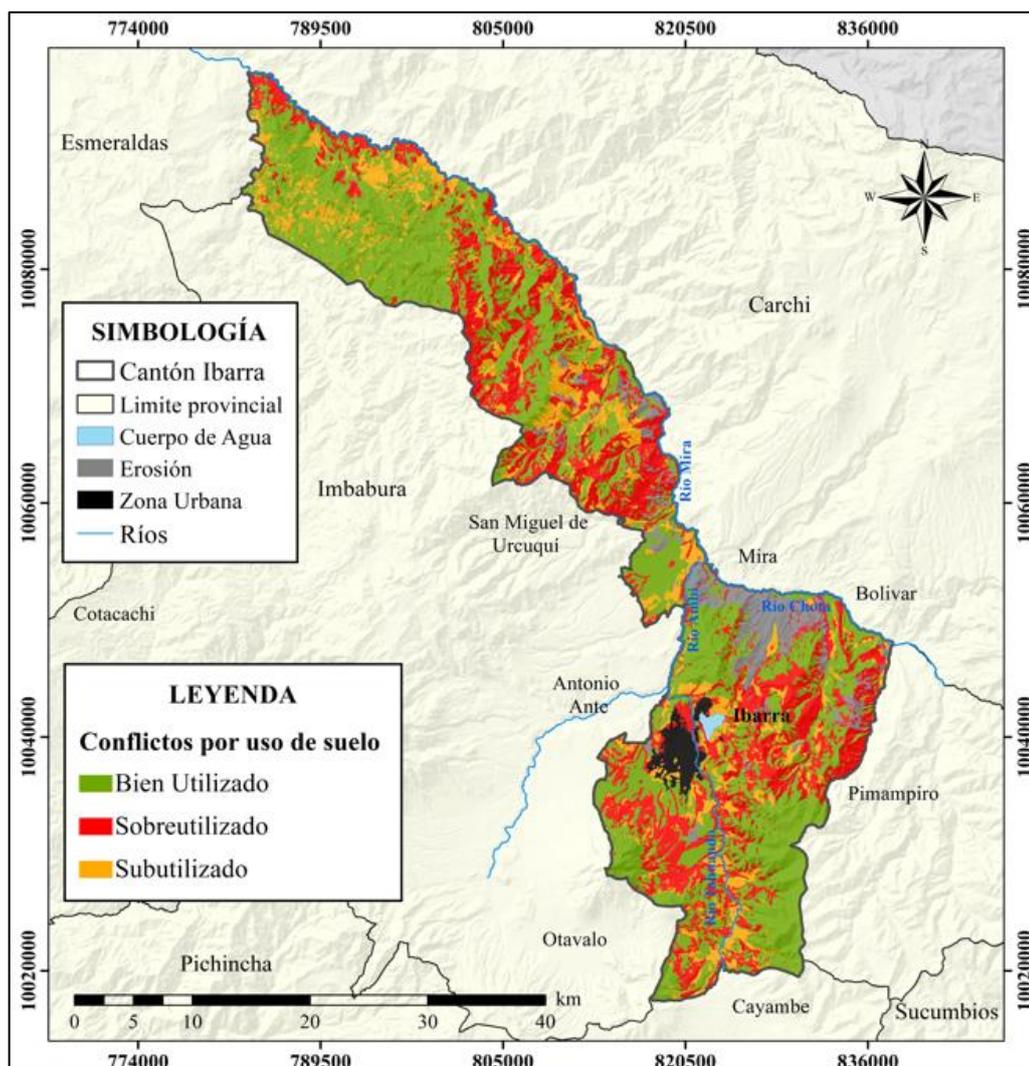


Figura 7. Zonificación de los conflictos por uso de suelo en el cantón Ibarra, año 2018

Mediante diferentes estudios y reportes realizados con base en el cambio de uso de suelo en el territorio ecuatoriano, se ha evidenciado que el manejo agropecuario es la actividad con mayor incidencia en el cambio de las coberturas vegetales durante las últimas tres décadas, de acuerdo con los valores presentados por el INEC (2013, 2021), se constata que la superficie dedicada para las actividades agrícolas durante los años 1954 era de 1.77 millones de ha, en el año 2013 fue de 2.47 millones y para el año 2019 esta cifra se elevó a 5.1 millones de ha. Estos datos evidencian la tendencia que existe en la ampliación de la frontera agrícola en Ecuador, como resultado del deterioro de los suelos y la búsqueda de

nuevas tierras de cultivo donde las zonas de bosques y páramos se encuentran en riesgo de ser intervenidas y alteradas (Jarrín et al., 2017).

De acuerdo a Espinosa et al. (2022), manifiesta que en Ecuador, el total del área intervenida por parte de las actividades antrópicas, principalmente por el ámbito agropecuario, el 24 % de esta área no presenta conflictos de uso de suelo, donde la utilización de la tierra es compatible con las características de aptitud y edafoclimáticas de cada sitio, aproximadamente el 23% de las áreas intervenidas presentan algún grado de sub – utilización, observándose tierras con aptitud agrícola que se encuentran orientadas para las actividades ganaderas, mientras que el 52% presenta conflictos por sobreutilización con un diverso grado de intensidad entre severo y moderado, como consecuencia del uso actual de los recursos, el cual no se adapta a las limitaciones del entorno natural.

En el cantón Ibarra, la información publicada en la actualización del PDOT (2021), establece que las superficies que actualmente se encuentran en conflictos corresponden a 4 6967.34 ha como suelos sobre – utilizados, 18 332.39 ha en sub – uso y 31 265.27 ha, que presentan un uso correcto del suelo. La variación de los valores de las superficies por conflictos de uso de suelo, principalmente la categoría de sobre – uso, respecto a los obtenidos durante el presente estudio donde se analizó el escenario del año 2018, responden a las necesidades y presiones ejercidas sobre la tierra para generar una mayor producción de alimentos tanto para el consumo interno y externo, asociado al crecimiento demográfico, de modo que se produce una expansión significativa tanto de la frontera agrícola como de las zonas urbanas.

Autores como Belduma et al. (2020) y Uribe. (2015), manifiestan que el aumento demográfico es uno de los factores que influye en los cambios de uso de suelo, debido a la mayor necesidad y demanda de alimentos, lo que a su vez lleva a la expansión e intensificación de las zonas de cultivos. Por su parte la FAO (2023), indica que de acuerdo con proyecciones planteadas para el año 2030 se estima que la producción de alimentos deberá aumentar en un 50% lo que exige un mayor requerimiento de energía y agua, esto a su vez aumentará el cambio en la estructura de los paisajes o ecosistemas naturales, principalmente en las áreas de bosque,

donde se prevé que la mayor parte de este incremento suceda en los países en desarrollo.

Tabla 19. Población por parroquias del cantón Ibarra para el año 2020

Parroquias del cantón Ibarra	
Nombre	Habitantes
Ibarra (ciudad cantonal)	170 549
Ambuquí	6 685
Angochagua	3 983
Carolina	3 343
La Esperanza	8 988
Lita	4088
Salinas	2 125
San Antonio	21 388
Total	221 149
Parroquias urbanas del cantón Ibarra	
Nombre	Habitantes
Caranqui	23 867
Alpachaca	18 858
San Francisco	59 993
Priorato	9 643
Sagrario	58 188
Total	170 549

Fuente: (PDOT Ibarra, 2021; Proyecciones INEC 2020)

En el caso de Ibarra, según la información proporcionada por el PDOT de Ibarra (2021) y las proyecciones del INEC 2020, la población del cantón es de 221 149 habitantes, divididos en 107 396 hombres y 113753 mujeres. La mayor población se encuentra ubicada en la ciudad cantonal con un total de 179 549 habitantes, siendo las parroquias urbanas de San Francisco y Sagrario las más habitadas con 59 993 y 58 188 pobladores respectivamente (Tabla 19). Los habitantes del cantón Ibarra representan el 45% del total de la provincia, de los cuales el 73% corresponde a la zona urbana y el 27% restante a la zona rural, adicionalmente la tasa de crecimiento demográfico es de 1.64%, por lo que se

estima que para el año 2030 el número de habitantes sea de 260 215 y para el 2040 de 306 181, aumentando en 18% y 39% respectivamente (Figura 8).

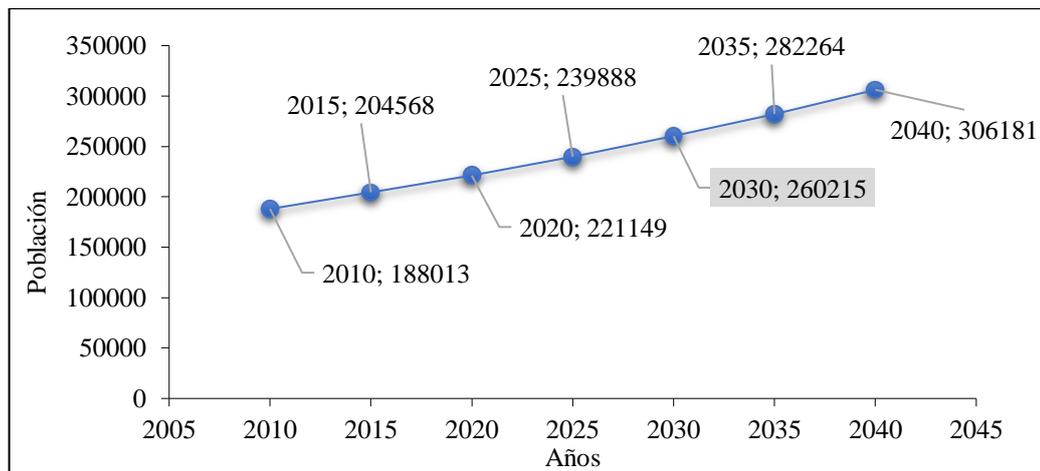


Figura 8. Tendencia del crecimiento poblacional del cantón Ibarra 2010 – 2040

Este aumento en la población del cantón prevé un escenario donde la demanda por alimentos y expansión de las edificaciones urbanas generen cambios en las coberturas vegetales y el uso del suelo, aumentando las áreas con posibles conflictos de uso. En este sentido de acuerdo con el análisis realizado entre el uso potencial del suelo y la cobertura vegetal proyectada para el año 2030, se identificó mediante la zonificación de los conflictos por uso de suelo la predominancia de la categoría de suelos sobre – utilizados, con una extensión de 54 089.30 ha (48.94%) principalmente en las parroquias de La Carolina y Ambuquí y las parroquias urbanas correspondientes al cantón Ibarra (Figura 10).

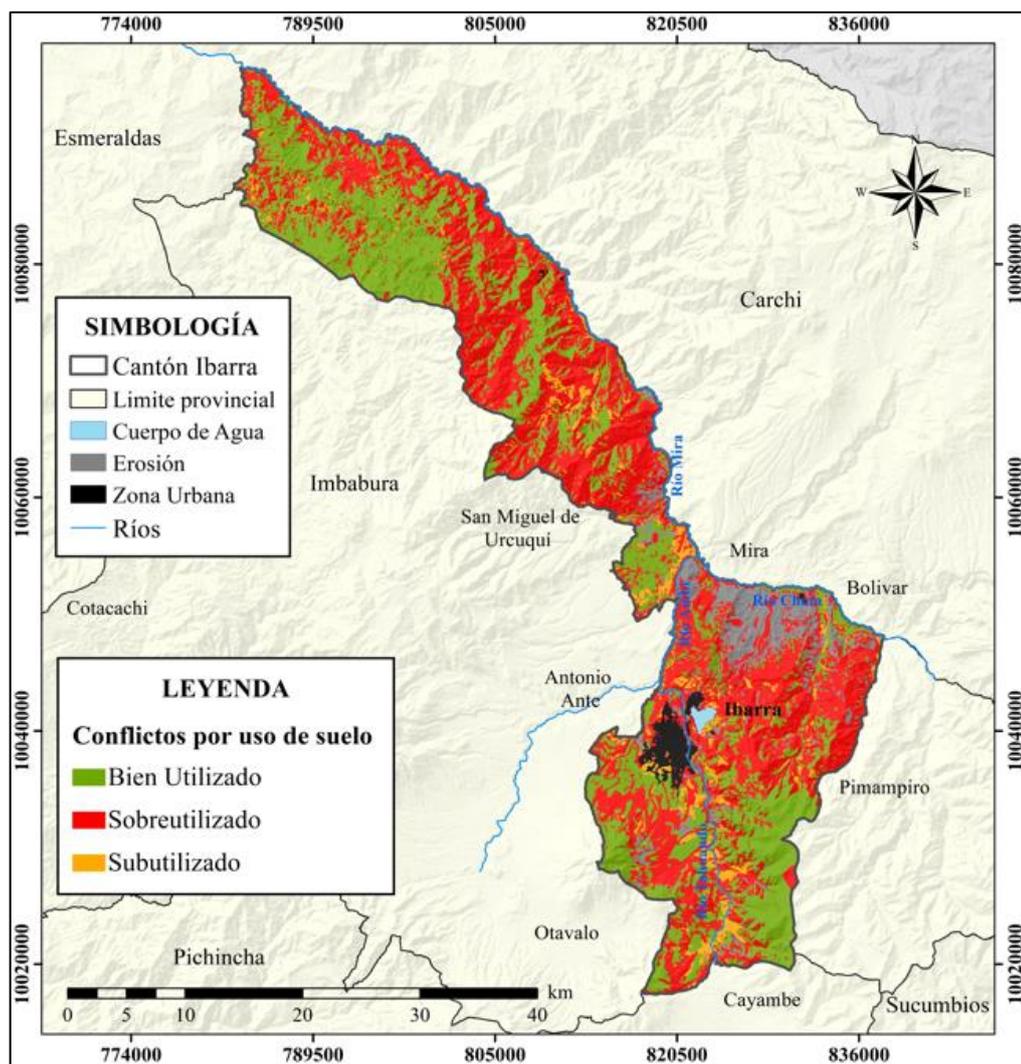


Figura 9. Zonificación de los conflictos por uso de suelo en el cantón Ibarra, año 2030

Con el cambio de las coberturas vegetales como resultado de las actividades antrópicas, para la proyección del año 2030 la superficie de suelos con uso adecuado será de 41 264.50 ha respecto a las 54 674.70 ha identificadas en el año 2018, esto indica una reducción de aproximadamente el 24%, de igual manera se estimó una reducción en la superficie de suelos con categoría de sub – uso pasando de 15 137.40 ha a 5 603.33 ha para el año proyectado, mientras que las áreas erosionadas presentaron un incremento de 6 545.23 ha en el 2018 a 7 309.53 ha para un posible escenario futuro en el 2030 (Tabla 20).

Tabla 20. Categorías de conflictos por uso de suelo en el cantón Ibarra, año 2030

Conflictos por uso de suelo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bien Utilizado	41 264.50	37,,33
Cuerpo de Agua	283.41	0.26
Erosión	7 309.53	6.61
Sobre – utilizado	54 089.30	48.94
Sub – utilizado	5 603.33	5.07
Zona Urbana	1 980.04	1.79
Total	11 0530.11	100

Basándose en la información obtenida, se prevén cambios significativos en la cobertura y uso del suelo en el cantón Ibarra. En el futuro, se espera un aumento en las áreas destinadas a cultivos y zonas urbanas o pobladas, mientras que se prevé una disminución en las áreas de bosque, páramo y vegetación arbustiva. En un contexto similar, Ayala y Herrera (2020) realizaron un estudio en la cuenca del río Mira y proyectaron que, para el año 2043, las coberturas de vegetación nativa tenderán a disminuir, a diferencia del incremento en las áreas urbanas. De manera similar, las estimaciones de la FAO (2023) indican que para el año 2030, las superficies destinadas al cultivo de cereales, hortalizas y leguminosas experimentarán un aumento, especialmente en países en desarrollo como Ecuador.

Autores como Stocking y Murnahan (2013), destacan que la disminución de la cobertura nativa, bosques, vegetación arbustiva, conlleva a un deterioro en los ecosistemas edáficos, esto sumado a la falta de control y un manejo adecuado puede generar procesos de desertificación, por tal razón, la expansión de los centros poblados y de áreas de cultivos se considera como unas de las principales causas de impactos ambientales negativos a futuro. En el caso del cantón Ibarra, la tendencia de cambio indica que sectores como Caranqui, Priorato, Alpachaca y el Sagrario correspondientes a las parroquias urbanas incrementen el área de edificaciones y asentamientos humanos, mientras que en las parroquias como Lita, Salinas, Carolina, Ambuquí y la Esperanza además de aumentar el número de construcciones para viviendas existirá una expansión de la frontera agrícola hacia las zonas de bosque y páramo.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, en el estudio realizado por Muñoz et al. (2009) sobre el efecto de la pérdida de vegetación, se observa que la ausencia de cobertura vegetal en el suelo conlleva una serie de consecuencias negativas para su fertilidad y productividad natural. Cuando la vegetación es reemplazada por cultivos, se altera el equilibrio natural y la superficie queda expuesta a la erosión. En las zonas áridas, el abandono agrícola y las prácticas de manejo inadecuadas resultan en procesos erosivos intensos y una baja fertilidad que se prolonga durante períodos prolongados de cultivo, lo que dificulta o retrasa significativamente la colonización vegetal. Muñoz (2023), destaca que las modificaciones ecosistemas como resultado de la actividad antrópica provoca la aparición de patrones de distribución discontinuos, y consecuentemente genera amenazas hacia diferentes especies animales como a los quirópteros. A su vez Vilela et al. (2019), mencionan en su estudio que la alteración de los ecosistemas afecta directamente a las especies en peligro de extinción, principalmente por los contaminantes que se producen a partir de las actividades humanas, ocasionando la disminución en las tasas de crecimiento de estas especies.

En un estudio acerca del impacto de la pérdida de vegetación realizado por Muñoz et al. (2009), se indica que la pérdida de cobertura vegetal en el suelo desencadena una serie de cambios negativos en la fertilidad y productividad natural. El reemplazo de la vegetación por cultivos perturba el equilibrio natural y expone la superficie del suelo a procesos erosivos. En el caso de las tierras secas, el abandono agrícola y las malas prácticas de manejo ocasionan fuertes procesos de erosión y disminución de la fertilidad a lo largo de periodos prolongados de cultivo, lo que impide la colonización vegetal o ralentiza significativamente su avance. En este sentido, Quiñónez (2022), menciona que los suelos que son empleados para el desarrollo de actividades agrícolas donde no exista una correcta aplicación de prácticas de conservación de suelo, conlleva a una sobre explotación del mismo, así como también la reducción del contenido de materia orgánica y consecuentemente genera la erosión de las áreas intervenidas.

Rico Calvano y Rico Fontalvo (2014) destacan al uso del suelo como una manera estratégica para la producción y el sostenimiento de los sistemas

productivos, mismos que son de importancia para garantizar la estabilidad de las comunidades y ciudades a través de las dinámicas socioeconómicas, sin embargo las tendencias de intensificación y uso excesivo del suelo para actividades agropecuarias genera la expansión de la frontera agrícola hacia tierras frágiles que deben ser destinadas exclusivamente para conservación, por la importancia ecológica, sin embargo, la intervención de estos ecosistemas genera riesgos e impactos tanto ambientales y sociales.

En este sentido, autores como Cartaya et al. (2017), en su estudio sobre la identificación de conflictos por uso del suelo, mencionan que uno de los factores que genera la sobre – utilización se debe por el desplazamiento de las actividades agrícolas hacia zonas de bosque nativo, esta actividad genera la fragmentación de estos ecosistemas y a su vez causa vulnerabilidad en las especies silvestres que se encuentran en estos. Por su parte, Haro (2016) expone que en varios escenarios los suelos que son aptos para cobertura de bosque, vegetación arbustiva y pastos naturales, son destinados para el desarrollo de actividades relacionadas con la ganadería, sin considerar la conservación y protección de los ecosistemas naturales.

Ante esto Villegas (2021) y Aldás (2019), manifiestan que el suelo se ve afectado debido a las diferencias entre el uso actual y el potencial, siendo la principal causa el aumento demográfico, a lo que se suma las actividades antrópicas que alteran, presionan y causan la pérdida de los recursos naturales, siendo importante el diseño y establecimiento de estrategias de conservación. De acuerdo con Buzai (2018), indica que la relación conflictiva entre la expansión de las áreas urbanas y demás actividades humanas respecto a su entorno, es un tema importante que debe ser analizado como prioridad para la gestión presente y futura del uso de suelo por medio de las autoridades o administraciones municipales, tomando en cuenta los aspectos sociales, económicos y ambientales, de tal manera que se constituya el diseño de un modelo integral de ordenamiento territorial y la instrumentación de estrategias de desarrollo sustentable.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Según el análisis multitemporal del cantón Ibarra, la cobertura predominante en el año 2002 fue el bosque, mientras que para los años 2002 y 2018 fue una combinación de cultivos y vegetación arbustiva. Durante los 25 años de análisis, se observó que el cambio más significativo fue el aumento en la superficie sin vegetación, con un valor neto de cambio de 2,810.05 hectáreas.
- Los cambios observados en los diversos tipos de cobertura en la parroquia Ibarra se vinculan principalmente con la reducción y pérdida de ecosistemas de vegetación arbustiva, bosque y páramo. Estas alteraciones parecen ser resultado del cambio en el uso del suelo para actividades agrícolas y ganaderas, con un enfoque en la producción de monocultivos como papas, maíz, cebada, trigo, mellocos, arvejas y fréjoles en las áreas rurales de la parroquia.
- La predicción de la cobertura del cantón para el año 2030 evidenció un cambio significativo en las distintas categorías de cobertura vegetal y uso de suelo del cantón, en donde principalmente las zonas de cultivos aumentaron en un 14.65% respecto al año 2018, registrando un cambio de 36 787 a 52 982.50 ha para el 2030, de igual manera se detectó un incremento en la superficie de las áreas sin cobertura vegetal de 1 590.19 ha, mientras que para las categorías de bosque, páramo, vegetación arbustiva y pastos, se pronosticó una reducción en estas superficies, como consecuencia de la actividad antrópica.
- La proyección cartográfica para el año 2030 del cantón revela la presión generada por el crecimiento de los sectores agro productivo y urbano sobre los ecosistemas naturales, sin tener en cuenta las restricciones o características específicas del territorio. Además, el desarrollo de nuevas

infraestructuras ha llevado a la sobreexplotación de los recursos naturales en la región.

- Mediante la relación del uso potencial y cobertura vegetal, se constató una variación en las superficies de las categorías de conflictos de suelo durante el periodo 2018-2030, en los suelos bien utilizados existió una disminución en la proyección a futuro de 13 410.20 ha, al igual que los suelos con sub – uso de 9 534.07 ha, mientras que los suelos categorizados como sobre – utilizados incrementaron en 22 114.12 ha, estas variaciones se generan como consecuencia del desarrollo de las actividades antrópicas, principalmente aquellas relacionadas con la expansión urbana, expansión e intensificación agrícola y las actividades de ganadería.

5.2 Recomendaciones

- Se sugiere que se continúe y amplíe la investigación actual utilizando herramientas de percepción remota y SIG. En futuros estudios, sería recomendable analizar los aspectos socioeconómicos relacionados con el cambio y uso del suelo del cantón. Además, se deberían establecer zonas de interés para la protección y conservación de ecosistemas naturales, como páramos y bosques, así como investigar la distribución de especies y evaluar el potencial hídrico del cantón.
- Fomentar la colaboración entre instituciones gubernamentales y académicas para desarrollar proyectos y planes de conservación y protección de los recursos naturales del cantón es fundamental. Esto asegurará la sostenibilidad de los entornos naturales en armonía con el desarrollo socioeconómico de la ciudad de Ibarra. Para lograrlo, es esencial establecer políticas públicas y actualizar el plan de ordenamiento territorial, asegurando un enfoque equilibrado y coordinado en la gestión de los recursos naturales y el crecimiento urbano.
- Se recomienda que la municipalidad aumente su supervisión y monitoreo de los cambios en el uso del suelo, especialmente en áreas de protección ecológica, para evitar problemas de contaminación y preservar la calidad de vida de los residentes.

Referencias

- Achicanoy, J., Robles, R., y Gómez, J. (2018). Análisis y proyección de las coberturas vegetales mediante el uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica en la localidad de Suba, Bogotá-Colombia. *Gestión y Ambiente*, 21(1), 41-58. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6687507>
- Aguayo, M., Pauchard, A., Azócar, G., y Parra, O. (2009). Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX: Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista chilena de historia natural*, 82(3), 361-374. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2009000300004>
- Aldás, A. (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. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/16619>
- Alvarado, J. (2019). *Estudio multitemporal de cambio de uso de suelo en la parroquia Tambillo, Cantón Mejía, Pichincha, Ecuador (período 2001-2010)* Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/16182>
- Amestoy, J. (2001). Aspectos de la degradación del medio ambiente: Su influencia en el clima. *Papeles de Geografía*, (34), 17-49. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/47051>
- Arévalo, C., Jácome, G., Ortega, S., Rosales, O., Rodríguez, J. (2023). Evaluación del cambio del paisaje boscoso y su impacto en la distribución de *Dipsas elegans* en el norte de Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, (79), 231-250
- Arias, C., Álvarez, K., Palacios, W., Medina, I. y Pinos, G. (2020). *Estudio Multitemporal de Cobertura Vegetal y Uso del Suelo entre los Años 1990, 2010 y Proyección al 2030 a Escala 1:50.000 para el Centro y Sur Oriente*

de la Amazonía Ecuatoriana y Sistematización de la información sobre los aspectos socioeconómicos y culturales para facilitar la toma de decisiones en proyectos de desarrollo y conservación. GEOPLADES. Quito <https://www.geoplades.com.ec/index.php/experiencia/nacionales-y-regionales/item/63-estudio-multitemporal-de-la-cobertura-vegetal-y-uso-del-suelo-entre-los-anos-1990-2010-y-proyeccion-al-2030-a-una-escala-1-50-000-para-el-centro-y-sur-oriente-de-la-amazonia-ecuatoriana-y-sistematizacion-de-informacion-sobre-aspectos-socio-economico>

Armenteras, D., Rodríguez, N., Retana, J. y Morales, M. (2011). Comprender la deforestación en los bosques montanos y de tierras bajas de los Andes colombianos. *Cambio Ambiental Regional*, 11 (3), 693-705. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-010-0200-y>

Armenteras, D., Cabrera, E., Rodríguez, N. y Retana, J. (2013). Determinantes nacionales y regionales de la deforestación tropical en Colombia. *Cambio ambiental regional*, 13, 1181-1193. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-013-0433-7>

Ayala, N. y Herrera, G. (2020). Evaluación del paisaje boscoso en la cuenca media alta del Río Mira, y su proyección de cambio al año 2050. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10405>

Austin, A., Piñeiro, G. y Gonzalez-Polo, M. (2006). Más es menos: impactos agrícolas en el ciclo del N en Argentina. *El ciclo del nitrógeno en las Américas: influencias y controles naturales y antropogénicos*, 79: 45-60. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-5517-1_3

Belduma, R. Barrezuela, S., Vargas, O. y Sánchez, R. (2020). Gestión y uso del suelo agropecuario en la zona de rural del Cantón Chilla desde una visión socioeconómica. *Revista Universidad y Sociedad*, 12 (1), 299-306. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202020000100299&script=sci_arttext&tlng=en

- Bocco, G., Mendoza, M. y Masera, O. (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán: Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones geográficas*, (44), 18-36. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-46112001000100003&script=sci_abstract&tlng=pt
- Buzai, G. (2018). Crecimiento urbano y potenciales conflictos entre usos del suelo en el municipio de Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Modelado espacial 2016-2030. *Cuadernos Geográficos*, 57(1), 155-176. <http://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/5656>
- Cabanillas, D. (2022). *Medición de la deforestación mediante percepción remota en la subcuenca hidrográfica "Río Pericos", estado de Sinaloa*. Colegio de Postgraduados. México. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/4890>
- Camacho, M., Molero, E., y Paegelow, M. (2010). Modelos geománticos aplicados a la simulación de cambios de usos del suelo. Evaluación del potencial de cambio. <https://shs.hal.science/halshs-01063442/>
- 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. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712015000100008&script=sci_abstract&tlng=pt
- Cartaya, S., Zurita, S. y Mantuano, R. (2018). Identificación de conflictos de uso de la tierra para la observación de *Cuniculus paca*, Ecuador. *Revista Geográfica Venezolana*, 59(2), 262-279. <https://www.redalyc.org/journal/3477/347760473003/347760473003.pdf>
- Castelán V., R., J. Ruiz C. G. Linares F., R. Pérez A. y V. Tamariz F. (2007). Dinámica de cambio espacio-temporal de uso del suelo de la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. (64) 75-89.

- Cerda, J. y Villarroel, L. (2008). Evaluación de la concordancia interobservador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista chilena de pediatría*, 79 (1), 54-58. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0370-41062008000100008&script=sci_arttext&tIng=pt
- CESA. (1992). El deterioro de los Bosques Naturales del callejón Interandino de Ecuador. Quito - Ecuador: ALIVAD. <http://cesa.org.ec/documentos/el-deterioro-de-los-bosques-naturales-del-callejon-interandino-del-ecuador-cesa-1992/>
- Chuvieco, E., Romero, H., y Rovira, A. (2002). Mapa de Índice de Diferencia Normalizada de la Vegetación (NDVI). *Universidad de La Serena University of Regina Chile Canada*, 12. https://www.parc.ca/mcri/pdfs/geospatial/cabezas_etal_2008.pdf#page=36
- CLIRSEN y MAGAP (2011). Generación de Geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional a escala 1: 25 000. Guayaquil, Ecuador. https://www.geoportalmg.gov.ec/geodescargas/guayaquil/mt_guayaquil_capacidad_uso_de_la_tierra.pdf
- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización del Ecuador (COOTAD). (2010). Promulgado por la Asamblea Nacional en el Registro Oficial N° 303 del 19 de octubre del 2010. Quito: Asamblea Constituyente.
- Código Orgánico del Ambiente (2017). Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017, Quito- Ecuador.
- Constitución de la República del Ecuador (20 de octubre de 2008). Registro Oficial, 449. Ciudad Alfaro Asamblea Constituyente.
- Coomes, O. T., Grimard, F., Potvin, C. y Sima, P. (2008). El destino del bosque tropical: ¿Carbono o ganado? *Economía ecológica*, 65 (2), 207-212. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092180090800003>

- Cruz, G. (2014). Análisis de la capacidad de uso de las tierras y propuestas de ordenamiento territorial del cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, Ecuador. (Tesis de Posgrado). Universidad de San Francisco de Quito. Quito. <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/3810>
- Cueva, N. (2021). *Efectos del cambio de uso de suelo en la erosión de la cuenca alta del río Mira para el periodo 1996 - 2017*. (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10837>
- Damian, D., Márquez, C., García, V., Rodríguez, M. y Recalde, C. (2018). Transiciones sistemáticas en el uso y la cobertura del suelo en una microcuenca altoandina, Ecuador 1991-2011. *Revista Espacios*, 39(32). <https://www.revistaespacios.com/a18v39n32/18393208.html>
- Eastman, J. (2012). IDRISI SELVA. Guía para el SIG y procesamiento de imágenes. Clark University. Worcester Mass.
- Espinosa, J., Moreno, J. y Bernal, G. (2022). *Suelos del Ecuador, clasificación, uso y manejo*. Instituto Geográfico Militar. Ecuador.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Forest Resources Assessment (1996). Survey Tropical Forest Cover Studies of Change Processes. FAO Forestry Paper 130, Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, Italia, 152 p. [https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqw2orz553k1w0r45\)\)/reference/reference-spapers.aspx?referenceid=2848829](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqw2orz553k1w0r45))/reference/reference-spapers.aspx?referenceid=2848829)
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2023). FAOHome. <https://www.fao.org/home/es>
- Flores, J., Monterroso, O. y Ibrahim, M. (2005). Factores económicos que afectan el uso de la tierra en el bosque seco tropical de Costa Rica: Una revisión de la teoría y estudio de caso. *Boletín Digital del Centro Virtual LEAD*, 3 (2).
- Fuenzalida, M. y Cobs, V. (2013). La perspectiva del análisis espacial en la herramienta sig: una revisión desde la geografía hacia las ciencias sociales.

Persona y Sociedad, 27(3), 33-52.
<https://repositorio.uahurtado.cl/bitstream/handle/11242/3665/27-3-2013-33.pdf?sequence=1>

Galindo, G., Cabrera, E. y Londoño, C. (2005). Análisis espacial para determinar áreas prioritarias para la conservación de ecosistemas secos en dos valles interandinos del Valle del Cauca – Colombia. *Lyonia*, 8(2), 69-83.

García, D. (2011). Efectos biológicos de la fragmentación de hábitats: nuevas aproximaciones para resolver un viejo problema. *Ecosistemas*, 20(2).

Gobierno Autónomo Descentralizado de Ibarra. (2021). *Actualización del de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD de San Miguel de Ibarra*.

Guamán, B. y Rodas, V. (2022). *Evaluación del balance hídrico en el ecosistema páramo de la cuenca alta del río Tahuando*. Universidad técnica del Norte.

Haro, E. (2016). *Conflictos ambientales en la reserva ecológica Cotacachi Cayapas caso: la comuna de Piñán*. (Tesis de pregrado) Universidad Técnica el Norte. Ibarra, Ecuador.
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5981>

Houghton, R. (2012). Las emisiones de carbono y los impulsores de la deforestación y la degradación forestal en los trópicos. *Opinión Actual en Sostenibilidad Ambiental*, 4 (6), 597-603. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.06.006>

Hurtado, J. (2014). *Análisis, modelamiento y simulación espacial del cambio de cobertura del suelo, entre las áreas naturales y las de origen antrópico en la provincia de Napo (Ecuador), para el período 1990-2020* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37479>

IGAC (2002). *Zonificación de los Conflictos de Uso de las Tierras del país de Bogotá*. Colombia.

INAMHI. (2018). *Boletín 550 INAMHI*. Quito.

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2013) Manual de prácticas de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010). INEC-proyecciones 2020. *Ecuador en cifras*. Recuperado de: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2013). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2013*. Ecuador
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2021). *Documento metodológico de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC)*. Ecuador.
- Jácome, G., Mejía, J., Guerra, N., Romero, A., Piedmag, V., Padilla, C., Ingrid, T., y Pupiales, N. (2020). Los volcanes de Imbabura y su tiempo geológico. *Imbabura-Ecuador. FICAYA Emprende*. https://www.researchgate.net/publication/339055058_Los_Volcanes_de_Imbabura_y_su_Tiempo_Geologico
- Jorgensen, P. y León-Yáñez, S. (1999). Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador (Vol. 75, pp. 633-668). St Louis, Estados Unidos: Jardín Botánico de Missouri. <http://www.mobot.org/mobot/research/Ecuador/historysp.shtml>
- Johann, J., Rocha, J., Duft, D., y Lamparelli, A. (2012). Estimativa de áreas com culturas de verão no Paraná, por meio de imagens multitemporais EVI/Modis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47, 1295-1306. <https://www.scielo.br/j/pab/a/wZ43ydxPf7NrLSmNjYrVhCh/abstract/?lang=pt>
- Lambin, E., Geist, H., y Lepers, E., (2001). *Dinámica del uso de la tierra y cambios en la cobertura de la tierra en las regiones tropicales. Revisión anual de medio ambiente y recursos*, 28 (1), 205-241.
- Lambin, E., Turner, B., Geist, H., Agbola, S., Angelsen, A., Bruce, J., Coomes, O., Dirzo, R., Fischer G., Folke S., George, P., Homewood, K., Imbernon J.,

- Leemans, R., Li, X., Moran, E., Mortimore, M., Ramakrishnan, P., Richards, J., Skanes, H., Steffen, W., Stone, G., Svedin, U., Veldkamp, T., Vogel, C., y Xu, J., (2003). *Las causas del cambio en el uso y la cobertura del suelo: más allá de los mitos. Cambio ambiental global*, 11 (4), 261-269. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3)
- Laurente, C. M. (2011). Medición de la deforestación mediante percepción remota en la microcuenca río Supte, Tingo María–Perú. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (11), 1-15. <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/227>
- Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo. (2016). Oficio No. SAN-2016-1196, Quito.
- Li, M., Wu. Y. y Zhang, Q. (2009). Image segmentation based on mixture context and wavelet hidden - class - label Markov random field. *Computadoras y Matemáticas con Aplicaciones*, 57 (6), 961-969. <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2008.10.042>
- Lindenmayer, D., Fischer, J., (2006). Landscape change and habitat fragmentation: an ecological and conservation synthesis. Island Press, Washington, D.C, EEUU.
- Lizzi, J., Garbulsky, M., Golluscio, R. y Deregibus, A. (2007). Mapeo indirecto de la vegetación de Sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires. *Ecología austral*, 17(2), 217-230. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2007000200004
- López, A. (2010). *Estimación de conflictos de uso de la tierra por dinámica de cultivos de palma africana, usando sensores remotos Caso: departamento del Cesar*. Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Escuela de Geociencias y Medio Ambiente. Medellín, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3390>

- Lozano, A., Alvarez, C. y Moggiano, N. (2021). El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 101-108. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.012>
- Marcillo, J., Mesía, M., y Osorio, B. (2016). Cambio multitemporal de la cobertura vegetal y fragmentación en la reserva ecológica “Mache-Chindul” Ecuador. *European Scientific Journal*, ESJ, 12(30), 152. <https://www.academia.edu/download/50228466/11.pdf>
- Mesías, M. (2017). “*Análisis Multitemporal del Uso del Suelo y Cobertura Vegetal de la Cuenca del Río Tahuando y Proyección de Cambios al Año 2031, en el Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura*”. Tesis postgrado, Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7745>
- Millington, A. y Alexander, R. (2000). Vegetation mapping in the last three decades of the twentieth century. *Vegetation mapping*, 321-331.
- Mitterneter, K., Myers, R., Robblesgil, M. y Mittermeier, M. (1999). *Hotspots: ecorregiones terrestres biológicamente más ricas y en peligro de extinción de la Tierra*. Ciudad de México: CEMEX, S.A., Agrupación Sierra Madre, S.C.
- Molano, S., Cárdenas, D., Gómez, H., Alvarado, D., Galindo, A., Sanabria, J. y Gómez-Neita, J. (2022). Evaluación del retroceso glaciar de la Sierra Nevada del Cocuy, Colombia a partir de la clasificación de imágenes multisensor. *Boletín de Geología*, 44(1), 49-73. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-02832022000100049
- Molina, G. y J. Rivas. (2007). “Conflicto de usos normativos y agroecológicos en un área fronteriza: sector El Nula, estado Apure, Venezuela”. *Revista Geográfica Venezolana*, 48(1): 101-104. <http://www.saber.ula.ve/regeoven>.
- Mónaco, C. (2016). El Avance de la Frontera Agrícola y su Impacto: 9 de Julio, Chaco 1990-2010. *Revista del Departamento de Ciencias Sociales*, 3(1),

117-138. <http://www.redsocialesunlu.net/wp-content/uploads/2016/04/RSOC012-07-El-avance-de-la-frontera-agr%C3%ADcola-Monaco.pdf>

Muñoz, D., López, G., Hernández, M., Soler, A., y López, J. (2009). Impacto de la pérdida de la vegetación sobre las propiedades de un suelo aluvial. *Terra Latinoamericana*, 27(3), 237-246. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792009000300008&script=sci_arttext

Muñoz, Z. (2023). *Diversidad y distribución ecológica de quirópteros en un escenario presente y futuro dentro de la parroquia Imbaya, provincia de Imbabura*. Universidad Técnica del Norte.

Nájera, O., Bojórquez, J., Cifuentes, J., y Marceleno, S. (2010). Cambio de cobertura y uso del suelo en la Cuenca del Río Mololoa, Nayarit. *Revista Bio Ciencias*, 1(1):19-29. <https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/8>

Nolasco, M., Willington, E. y Bocco, M. (2015). Uso del suelo agrícola: comparación entre series temporales e imágenes satelitales individuales para su clasificación. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR*, (26), 017-021.

Oldeman, L.R. (2008). The global extent of soil degradation. pp. 99-118. In: D.J. Greenland, I. Szabolcs (eds.) *Soil Resilience and Sustainable Land Use*. CAB Int., Wallingford, Oxon, England.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). *Perspectivas a largo plazo, el panorama de la agricultura*. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s06.htm>

Paegelow, M., Camacho, M. y Menor, J. (2003). Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje. *GeoFocus. International Review of Geographical Information*

Science and Technology, 3, 22-44.
<http://geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/21>

Palma T., A. C. A. Ortiz S. y H. Vaquera H. (1999). Tendencia y pronóstico del uso de la tierra en dos comunidades rurales de la cuenca del río Texcoco. *Revista Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 5(2):181-186.

Paris, M., Civit, B. y Corica, L. (2020). Valoración económica de los impactos ambientales por el uso del suelo con enfoque de ciclo de vida: estado del arte. *Ambiente. Construido*. 20 (2). <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000200404>

Paruelo, J., Guershman, J., Piñeiro, G., Jobbagy, E., Veron, S., Baldi, G. y Baeza, S. (2006). Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: Marcos conceptuales para su análisis. *Agro ciencia Uruguay*, 10(2), 47-61. <https://agrocenciauruguay.uy/index.php/agrocencia/article/view/929>

PDOT. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra 2015 - 2023. Ibarra: Gobierno autónomo Descentralizado "San Miguel de Ibarra". Obtenido de <http://www.imbabura.gob.ec/index.php/componente-territorial/instrumentos-de-planificacion/pdot-parroquial/file/504-pdot-ibarra>

Peralta, C., Torrico, J., Vos, A., Galindo, M. y Contreras, C. (2015). Tasas de cambios de coberturas de suelo y deforestación (1986-2011) en el municipio de Riberalta, Amazonía boliviana. *Ecología en Bolivia*, 50(2), 91-114. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282015000200003&lng=es&tlng=es.

Peralvo, M. y Cuesta, F. (2014). Las dinámicas de CCUT en los Andes como punto de encuentro entre sistemas sociales y ambientales. ftp://puceftp.puce.edu.ec/facultades/CienciasExactas/EscuelaCienciasBiologicas/Profesores/Muriel%20Priscila/Publicaciones/2014_Cuesta%20et%20al._La%20vegetaci%C3%B3n%20de%20los%20p%C3%A1ramos%20de%20Ecuador.pdf

- Pérez, R., Valdez, J., Moreno, F., González, A. y Valdez, J. (2011). Predicción espacial de cambios del uso de suelo en Texcoco, Estado de México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 2(5), 59-72. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322011000300006&lng=es&tlng=es.
- Pérez-Vega, A., Regil, H, y Mas, J. (2020). Degradación ambiental por procesos de cambios de uso y cubierta del suelo desde una perspectiva espacial en el estado de Guanajuato, México. *Investigaciones geográficas*, (103), e60150. Epub 09 de marzo de 2021. <https://doi.org/10.14350/rig.60150>
- Pineda, N., Bosque, J., Gómez, M. y Franco, R. (2011). Análisis de los factores inductores de los cambios ocurridos en la superficie forestal del Estado de México en el período 1993-2000. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 56, 9-34. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3722095/2.pdf>
- Pineda, O. (2011). Análisis de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el municipio de Valle de Santiago. (Tesis de posgrado). Centro Público de Investigación CONACYT. México.
- Pinos, N. (2016). Prospectiva del uso de suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial. Caso cantón Cuenca. Estoa. *Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 5(9), 1-21. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-92742016000100001
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra. (2021). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra. <https://www.ibarra.gob.ec/site/planificacion-estrategica-1/pdyot/>
- Pongratz, J., Reick, C., Raddatz, T. y Claussen, M. (2008). A reconstruction of global agricultural areas and land cover for the last millennium. *Global Biogeochemical Cycles* 22(3). <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2007GB003153>

- Priego, A., Cotler, H., Fregoso, A., Luna, N. y Enríquez, C. (2004). La dinámica ambiental de la cuenca Lerma-Chapala. *Gaceta Ecológica*, (71), pp. 23-38
- Quiñónez, P. (2022). *Evaluación de riesgos por erosión hídrica en el suelo de la microcuenca de la quebrada Quitumbe, provincia de Imbabura*. Universidad Técnica del Norte. Instituto de Postgrado.
- Reynoso, R., Valdez, J., Escalona, M., Santos, H. y Pérez, M. (2016). Cadenas de Markov y autómatas celulares para la modelación de cambio de uso de suelo. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 27(1), 72 – 81. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382016000100006
- Rico Calvano, F. y Rico Fontalvo, H. (2014). El uso del suelo, ¿Un problema de capacidad productiva y de políticas públicas? *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 5 (2), pp. 213-231. <https://www.redalyc.org/pdf/5177/517751549002.pdf>
- Rodríguez-Echeverry, James, & Leiton, Margareth. (2021). Pérdida y fragmentación de ecosistemas boscosos nativos y su influencia en la diversidad de hábitats en el hotspot Andes tropicales. *Revista mexicana de biodiversidad*. 92 (25).
- Rosero, E. (2016). Análisis multitemporal de la cobertura vegetal del bosque protector Zuleta, en la sierra norte del Ecuador. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra – Ecuador. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5817>
- Rosero, M. (2018). *Análisis Multitemporal del Uso del Suelo y Cobertura Vegetal de la Cuenca del Río Tahuando y Proyección de Cambios al Año 2031, en el Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura*. (Tesis posgrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra – Ecuador. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7745>
- Santos, R., Valdez, J., Escalona, M., De Los Santos, H. y Hernández, M. (2016). Cadenas de Markov y autómatas celulares para la modelación de cambio de

uso de suelo. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 37(1), 72-81.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382016000100006

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2011). Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas. Quito. https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/CODIGO_PLANIFICACION_FINANZAS.pdf

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2014). Plan de Desarrollo y del Ordenamiento Territorial. Ecuador. <https://www.planificacion.gob.ec/biblioteca/>

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2015). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. En Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave y desempeño ambiental desempeño ambiental y de crecimiento verde. Ciudad de México.

Siguencia, H. (2022). Análisis multitemporal de la cobertura boscosa y páramos aplicando la metodología teledetección espacial y SIG en la microcuenca del río Atapo Pomachaca provincia de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16100>

Stocking, M. y Murnaghan, N. (2003). Manual para la evaluación de campo de la degradación de la tierra. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=ADUTrX6Rx0kC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Stocking,+M.+y+Murnaghan,+N.+\(2003\).+Manual+para+la+evaluaci%C3%B3n+de+campo+de+la+degradaci%C3%B3n+de+la+tierra.+Madrid,+Espa%C3%BAa.+&ots=oRNmyVeQhw&sig=UdPxEy5jfbkAmgTfs3jhxEaDeEY](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=ADUTrX6Rx0kC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Stocking,+M.+y+Murnaghan,+N.+(2003).+Manual+para+la+evaluaci%C3%B3n+de+campo+de+la+degradaci%C3%B3n+de+la+tierra.+Madrid,+Espa%C3%BAa.+&ots=oRNmyVeQhw&sig=UdPxEy5jfbkAmgTfs3jhxEaDeEY)

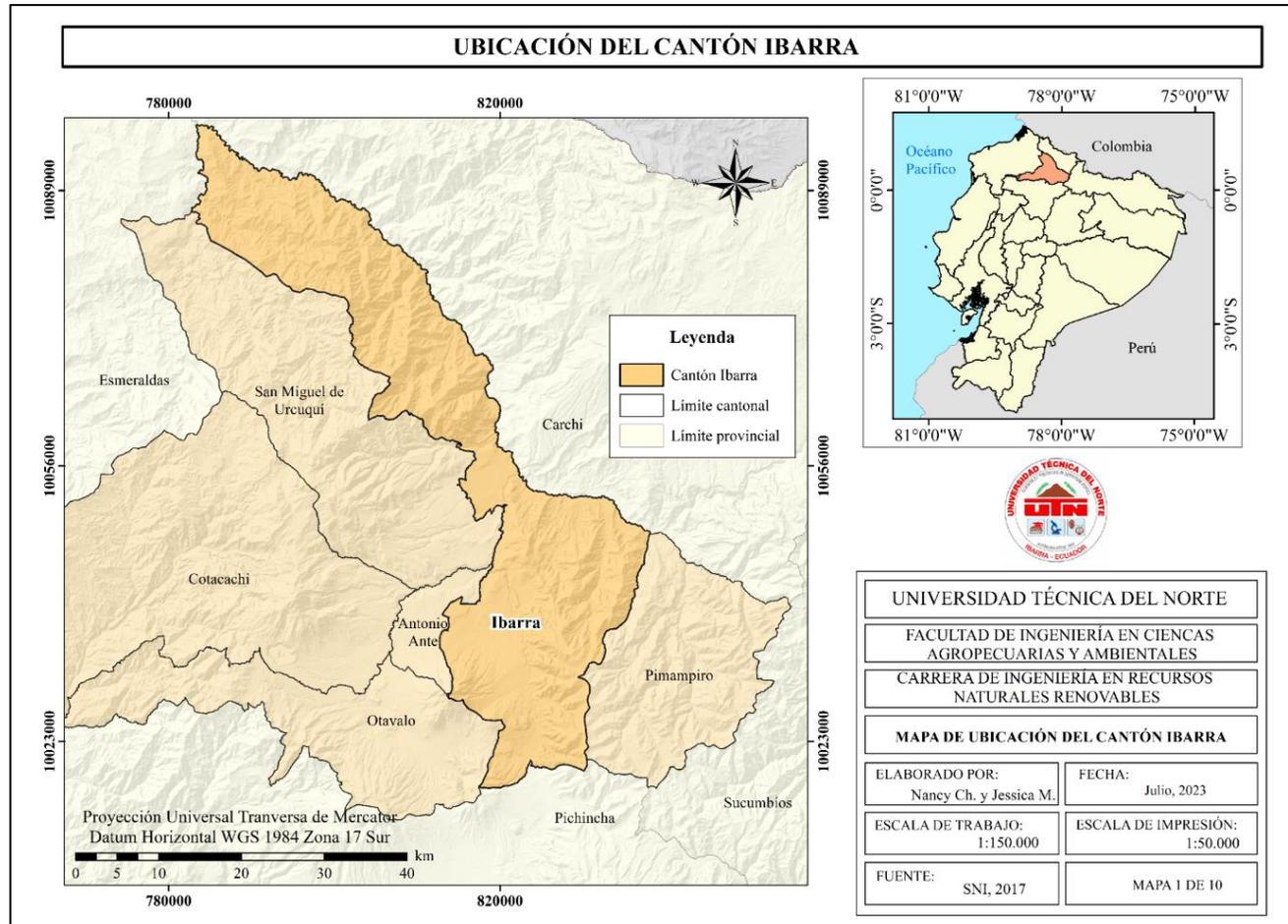
Strassburg, B., Brooks, B., Feltran-Barbieri, T., Iribarrem, R., Crouzeilles, A., Loyola, R. y Balmford, A. (2017). Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology and Evolution*, 1, 1-3. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-29853-0?sap-outbound-id=DBEC01E22CD3D55C16ECE4EA91A0C7EE38904AD5>

- Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. (2018). Registro Oficial Edición Especial 2 de 31-mar.-2003. Quito – Ecuador. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- The Nature Conservancy. (2009). *Estudio multitemporal de la cobertura vegetal y uso del suelo en los años 1990-2008 y proyección al 2030*. GeoPlaDes. <https://www.geopladescom.geoplades.com.ec/index.php/experiencia/nacionales-y-regionales/item/6-estudio-multitemporal-de-la-cobertura-vegetal-y-uso-del-suelo-entre-los-anos-1990-2008-y-proyeccion-al-2030-en-el-territorio-cofan-a-escala-1-50-000-en-conjunto-con-la-federacion-ecuatoriana-de-la-nacionalidad-cofan>
- Tosi, O. y Joseph, A. (1991). Manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San José, Costa Rica: Centro Científico Tropical. https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=Lv3TCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA64&ots=AL_MQ3Gg2G&sig=HFqyGaPbGvrmkoy9kNqoZFP9IU
- Tovar, C., Seijmonsbergen, A. y Deivenvoorden, J. (2014). *Cambio en el uso del suelo/cobertura y los patrones de configuración espacial de la jalca peruana entre 1987 y 2007. Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos*. Lima: CONDESAN. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/19216>
- Uribe, E. (2016). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*. Unión EUROPEA. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_en.pdf?sequence=1
- Uyan, M. (2013). “GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region, Konya/Turkey”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28: 11-17. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113004875>

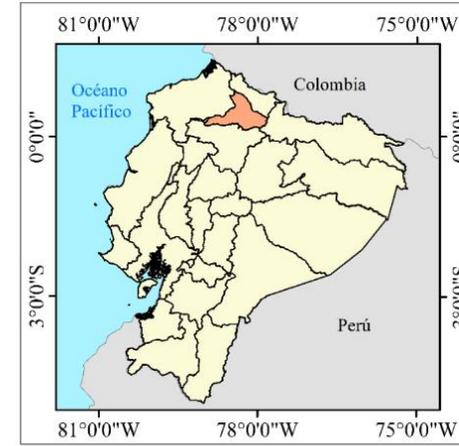
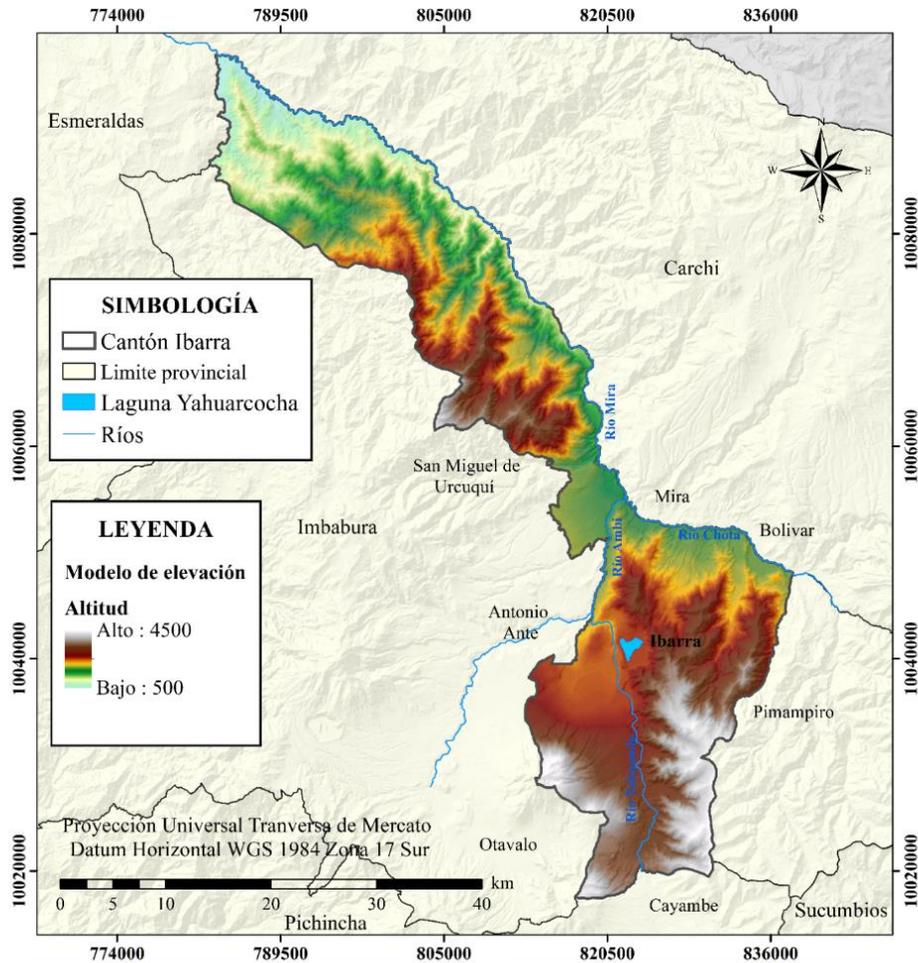
- Varga, D. y Vila, S. (2006): “Ecología del paisaje y sistemas de información geográfica ante el cambio socioambiental en las áreas de montaña mediterránea. Una aproximación metodológica al caso de los valles d'Hortmoier y Sant Aniol (Alta Garrocha. Gerona)”, *Revista Internacional Delaware Ciencias Sociales*, 25, 59-73.
<https://revistas.um.es/areas/article/view/128011>
- Vargas, J., González, Á., Barona, E. y Bolívar, W. (2016). Composición y estructura vegetal de fragmentos de bosque seco tropical y de dos zonas con actividad antrópica en La Dorada y Victoria, Caldas. *Revista de Ciencias*, 20(SPE), 13-60.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-19352016000300002
- Vilela, P., Jácome, G., Kim, S. Y., Nam, K., & Yoo, C. (2020). Population response modeling and habitat suitability of *Cobitis choii* fish species in South Korea for climate change adaptation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 189(109949), 109949.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109949>
- 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*, 31, 1–17. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-62662021000100120&script=sci_arttext
- Vitousek P., Mooney, H., Lubchenco, J. y Melillo, J. (2003). Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277, 494-499.
<https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.277.5325.494>
- Volante, J., Alcaraz-Segura, D., Mosciaro, M., Viglizzod, E. y Paruelo, J. (2012). Ecosystem functional changes associated with land clearing in NW Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 154, 12- 22.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016788091100291X>

- Wassenaar, T., Gerber, P., Verburg, P.H., Rosales, M., Ibrahim, M. y Steinfeld H. (2007). Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. *Global Environmental Change*, 17, 86-104. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095937800600029X>
- Wright, J. (2005). Tropical forests in a changing Environment. *Ecology and Evolution* 20, 553-560. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16701434/>
- Young, A., y Clarke, G. (2000). Genetics, demography, and viability of fragmented populations. Cambridge University Press, New York, EEUU. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20003009555>
- Zorogastúa, P., Quiroz, R., y Garatuza, J. (2011). Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura – Perú. *Ecología Aplicada*, 10(1), 1726-2216. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162011000100002

ANEXOS



MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN DEL CANTÓN IBARRA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

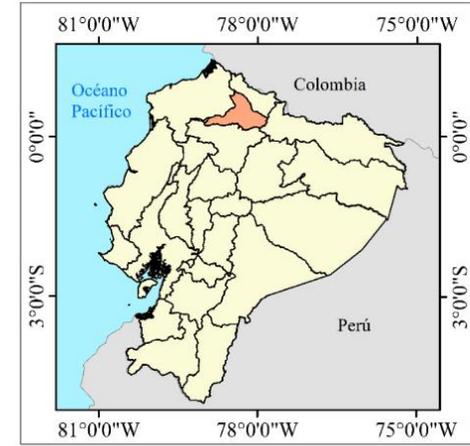
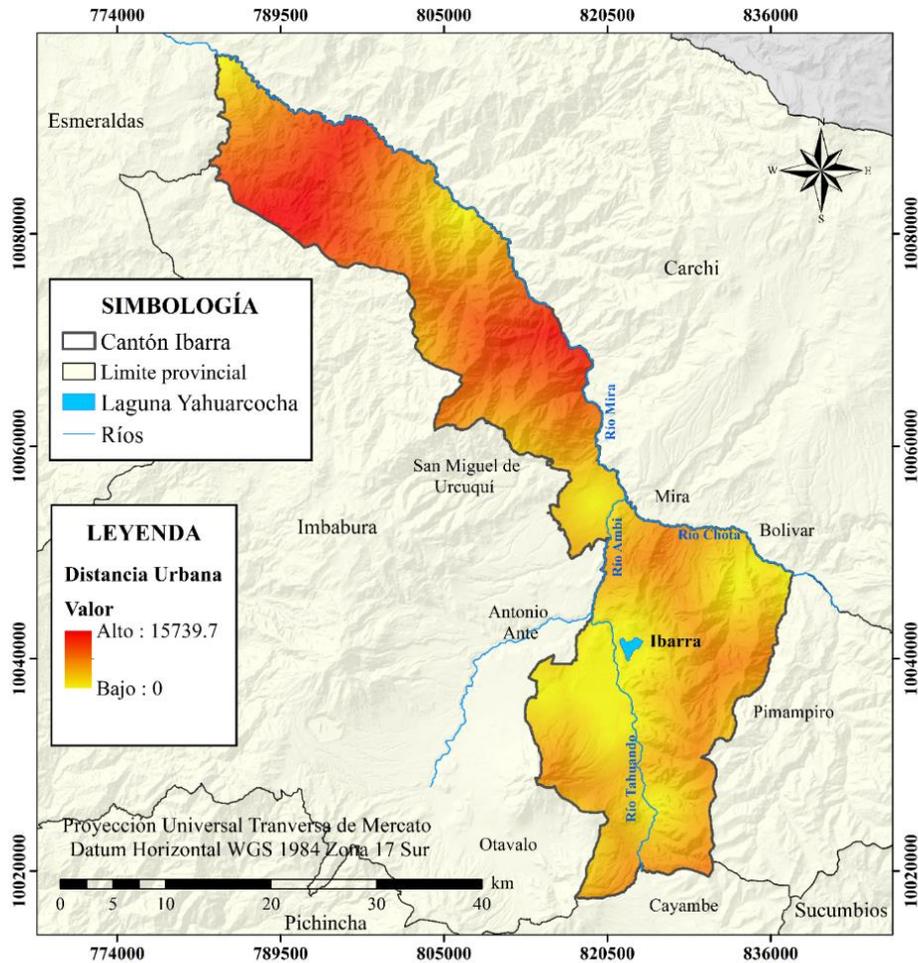
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA DEL MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN DEL CANTÓN IBARRA

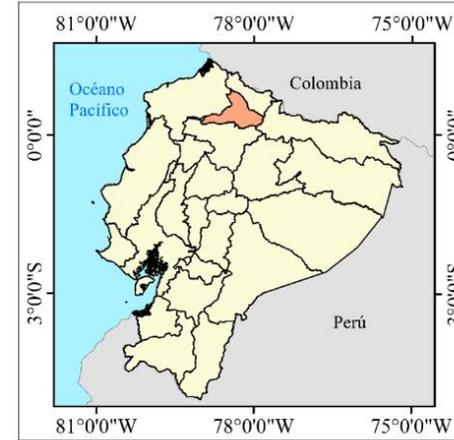
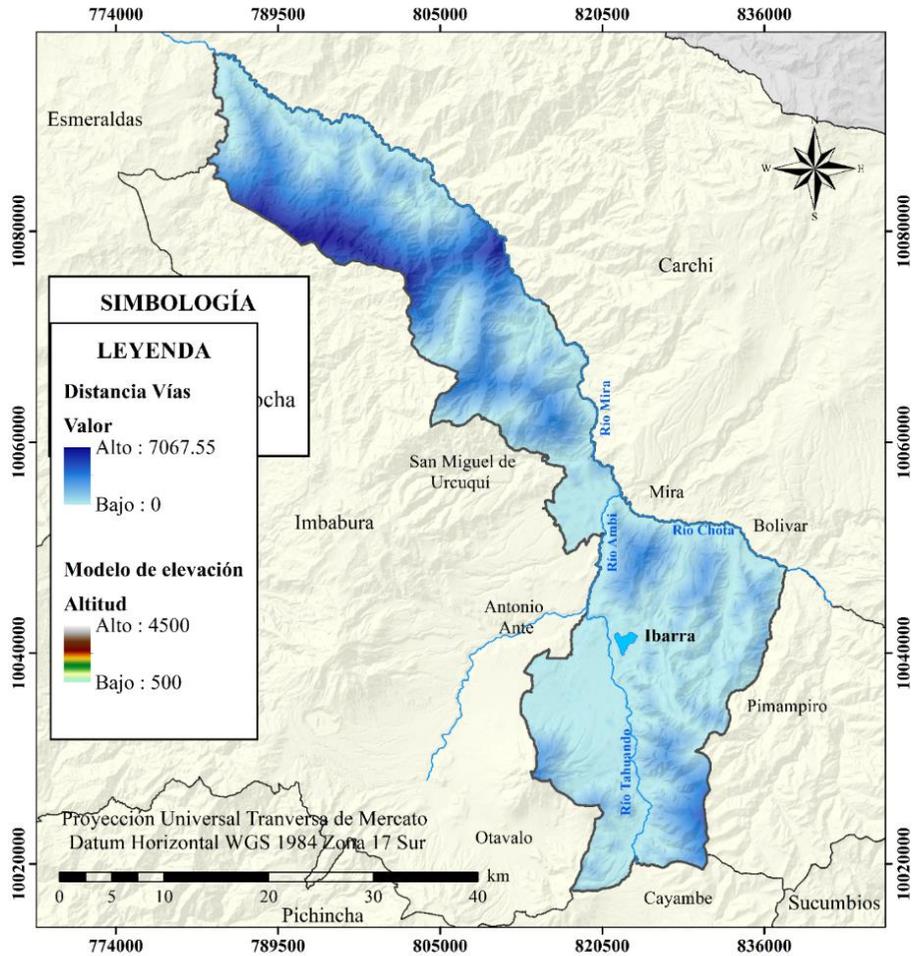
ELABORADO POR: Nancy Ch. y Jessica M.	FECHA: Julio, 2023
ESCALA DE TRABAJO: 1:150.000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000
FUENTE: SNI 2017	MAPA 2 DE 10

DISTANCIA EUCLIDIANA A ZONAS URBANAS DEL CANTÓN IBARRA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES	
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES	
MAPA DE DISTANCIA EUCLIDIANA A ZONAS URBANAS DEL CANTÓN IBARRA	
ELABORADO POR: Nancy Ch. y Jessica M.	FECHA: Julio, 2023
ESCALA DE TRABAJO: 1:150.000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000
FUENTE: SNI 2017	MAPA 3 DE 10

DISTANCIA EUCLIDIANA DE VIAS DEL CANTÓN IBARRA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

**MAPA DE DISTANCIA EUCLIDIANA DE VIAS
DEL CANTÓN IBARRA**

ELABORADO POR:
Nancy Ch. y Jessica M.

FECHA:
Julio, 2023

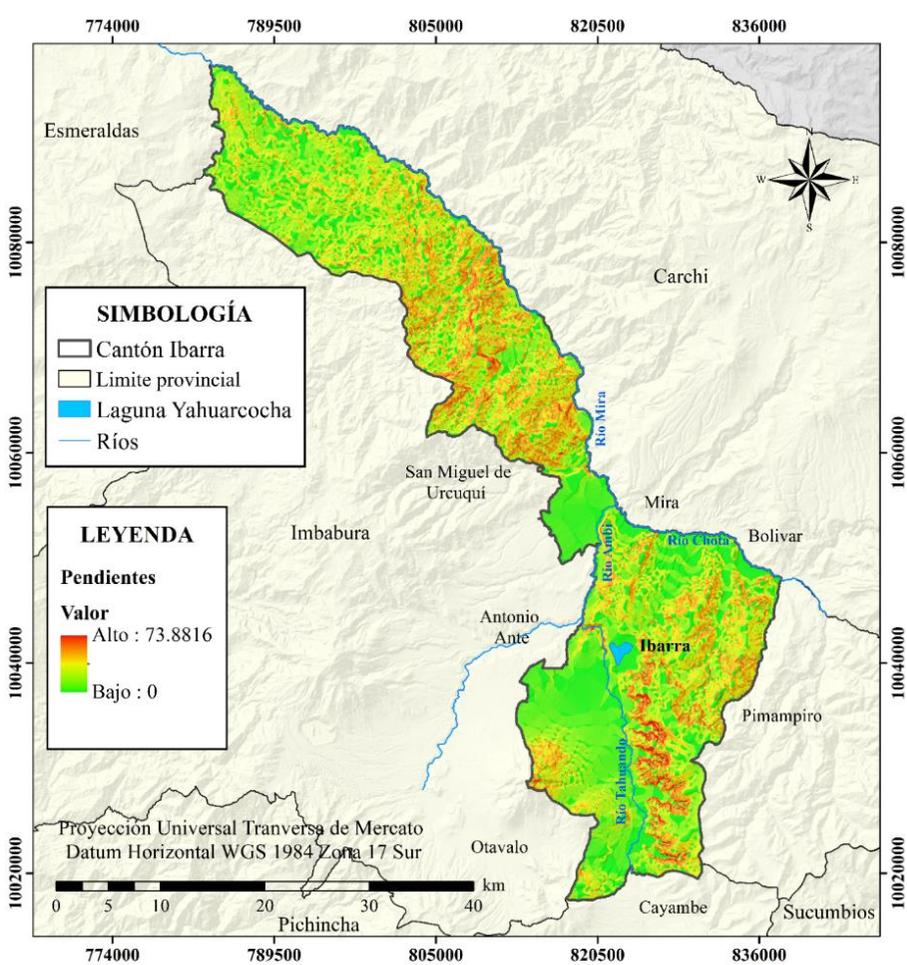
ESCALA DE TRABAJO:
1:150.000

ESCALA DE IMPRESIÓN:
1:50.000

FUENTE:
SNI 2017

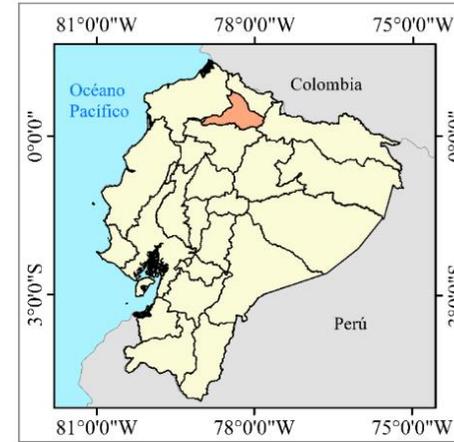
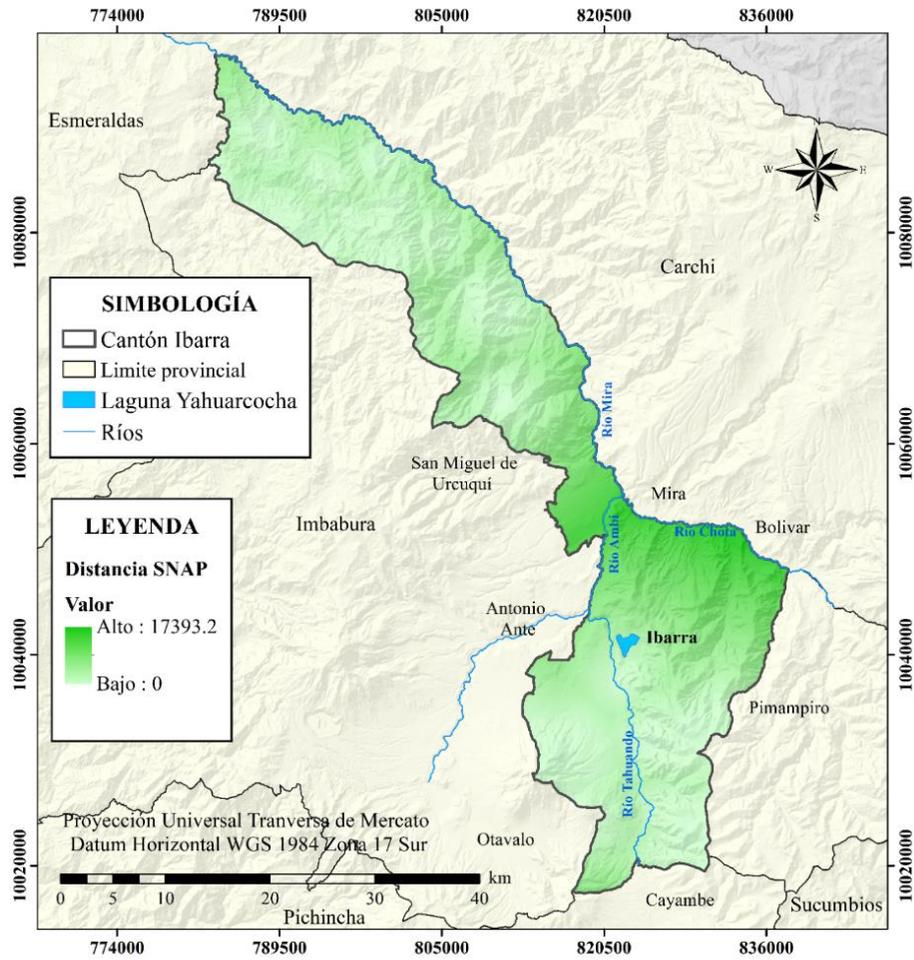
MAPA 4 DE 10

PENDIENTES DEL CANTÓN IBARRA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES	
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES	
MAPA DE PENDIENTES DEL CANTÓN IBARRA	
ELABORADO POR: Nancy Ch. y Jessica M.	FECHA: Julio, 2023
ESCALA DE TRABAJO: 1:150.000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000
FUENTE: SNI 2017	MAPA 5 DE 10

DISTANCIA EUCLIDIANA A ZONAS DEL SNAP DEL CANTÓN IBARRA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

**MAPA DE DISTANCIA EUCLIDIANA A ZONAS
DEL SNAP DEL CANTÓN IBARRA**

ELABORADO POR:
Nancy Ch. y Jessica M.

FECHA:
Julio, 2023

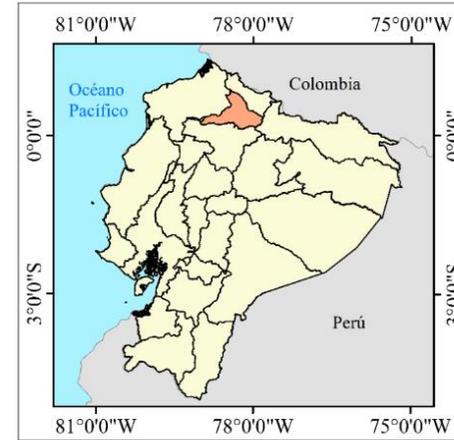
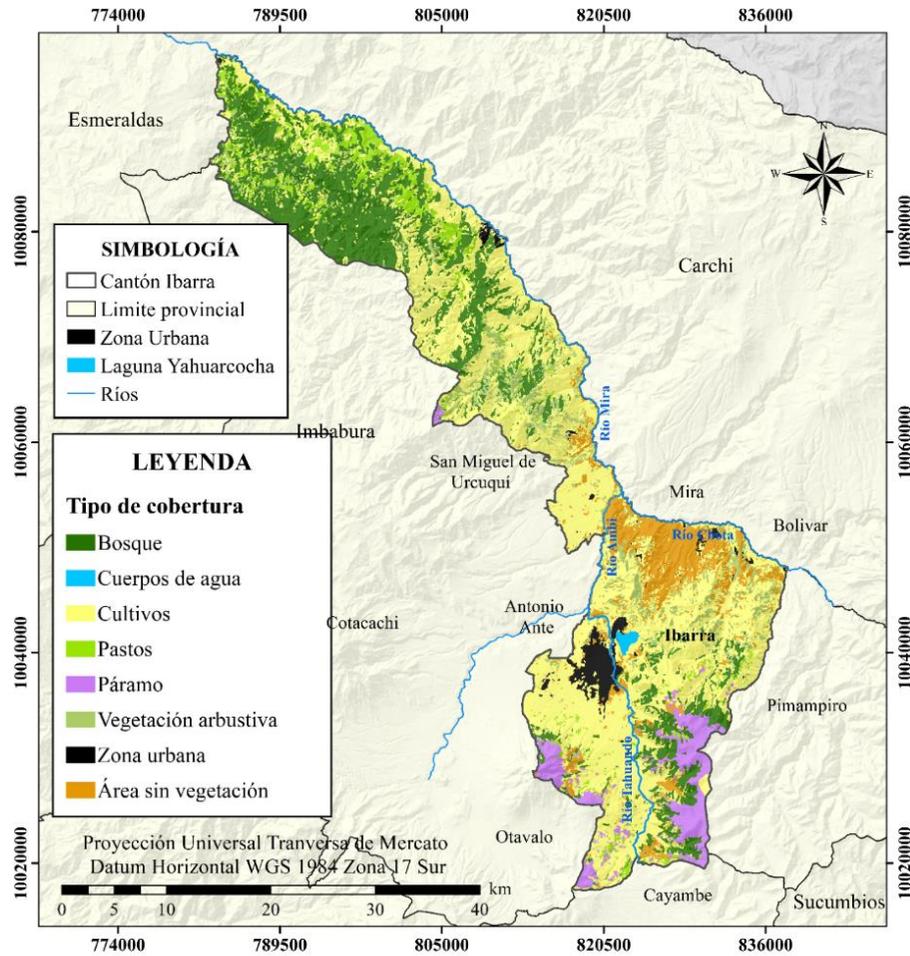
ESCALA DE TRABAJO:
1:150.000

ESCALA DE IMPRESIÓN:
1:50.000

FUENTE:
SNI 2017

MAPA 6 DE 10

COBERTURA VEGETAL PARA EL AÑO 2030 DEL CANTÓN IBARRA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

MAPA DE COBERTURA VEGETAL DEL
CANTÓN IBARRA, AÑO 2030

ELABORADO POR:
Nancy Ch. y Jessica M.

FECHA:
Julio, 2023

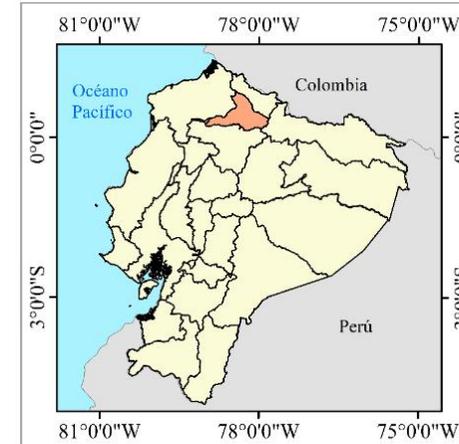
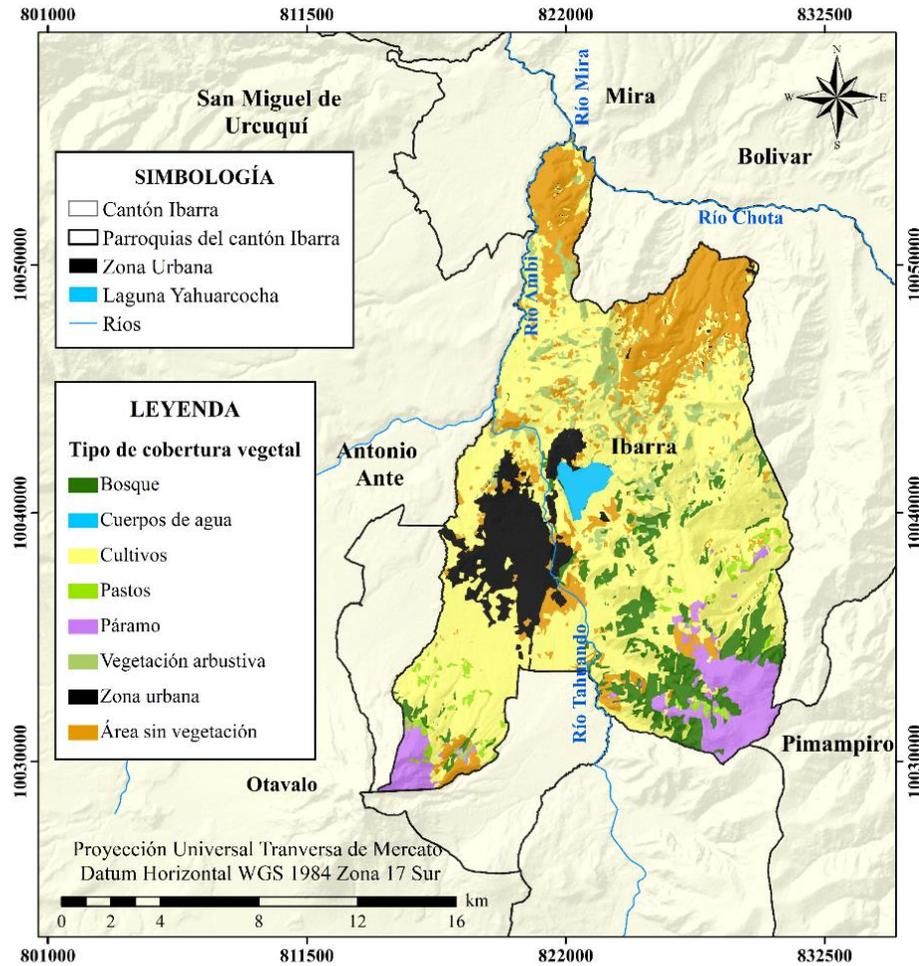
ESCALA DE TRABAJO:
1:150.000

ESCALA DE IMPRESIÓN:
1:50.000

FUENTE:
SNI, 2017

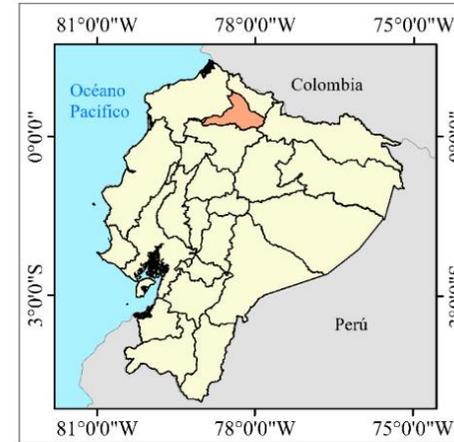
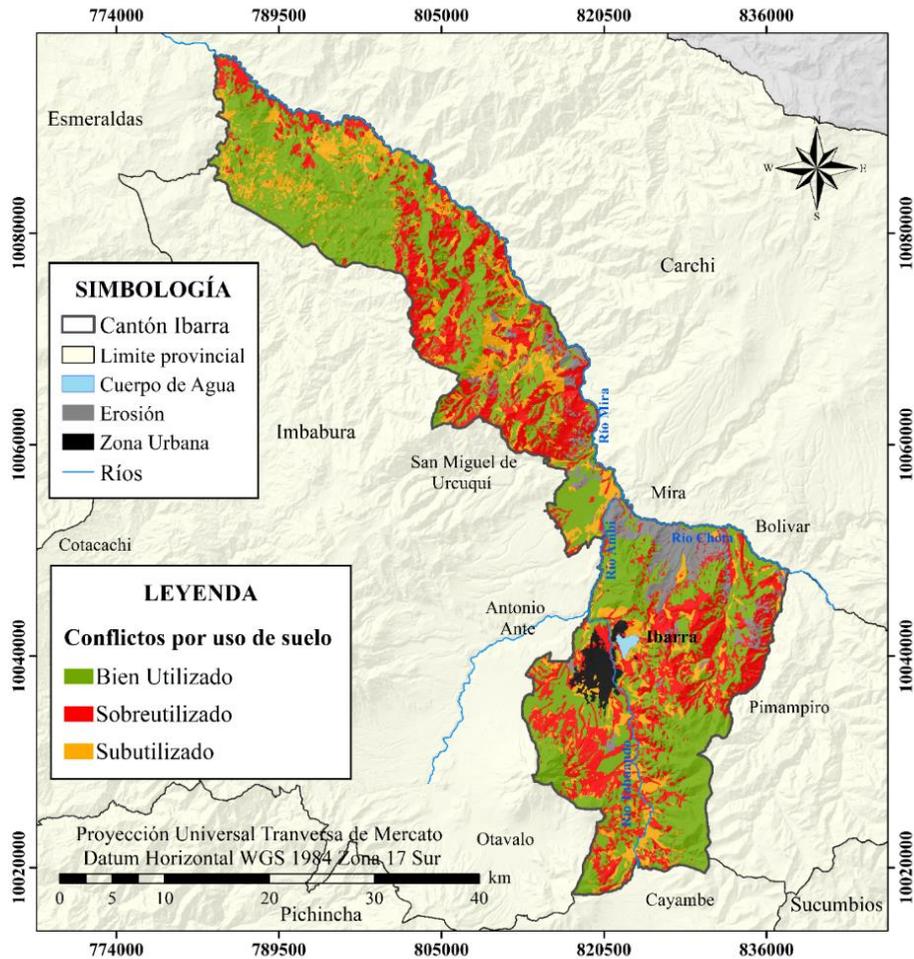
MAPA 7 DE 10

COBERTURA VEGETAL DEL AÑO 2030 PARA LAS PARROQUIAS URBANAS DE IBARRA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES	
CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES	
MAPA DE COBERTURA VEGETAL DE LAS PARROQUIAS URBANAS DE IBARRA, AÑO 2030	
ELABORADO POR: Nancy Ch. y Jessica M.	FECHA: Julio, 2023
ESCALA DE TRABAJO: 1:150.000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000
FUENTE: SNI, 2017	MAPA 8 DE 10

CONFLICTOS DE USO DEL SUELO DEL CANTÓN IBARRA AÑO 2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

MAPA DE CONFLICTOS DE USO DEL SUELO
DEL CANTÓN IBARRA PARA EL AÑO 2018

ELABORADO POR:
Nancy Ch. y Jessica M.

FECHA:
Julio, 2023

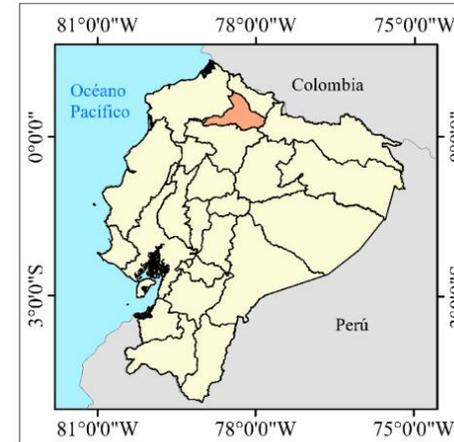
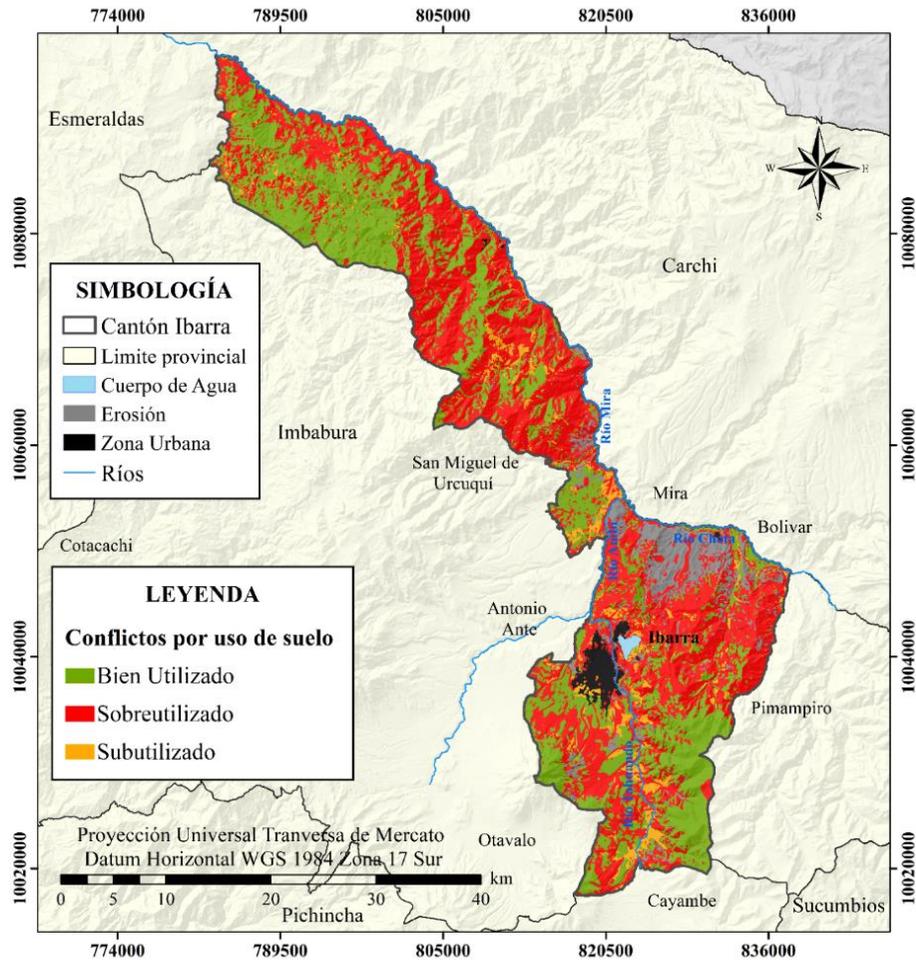
ESCALA DE TRABAJO:
1:150.000

ESCALA DE IMPRESIÓN:
1:50.000

FUENTE:
SNI, 2017

MAPA 9 DE 10

CONFLICTOS DE USO DEL SUELO DEL CANTÓN IBARRA AÑO 2030



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

**MAPA DE CONFLICTOS DE USO DEL SUELO
DEL CANTÓN IBARRA PARA EL AÑO 2030**

ELABORADO POR:
Nancy Ch. y Jessica M.

FECHA:
Julio, 2023

ESCALA DE TRABAJO:
1:150.000

ESCALA DE IMPRESIÓN:
1:50.000

FUENTE:

SNI, 2017

MAPA 9 DE 10