



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Maestría en Biodiversidad y Cambio Climático

Dinámica y perspectivas de cambio de uso de suelo, en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe

Trabajo de Titulación, previo a la
obtención del título de Magíster en
Biodiversidad y Cambio Climático

Autor:

Ing. Cueva Pacheco Christian Vinicio

Director:

Ing. Carlos Guillermo Chuncho Morocho, Mg. Sc.

Codirectora:

Ing. Esthela Elizabeth Salazar Proaño, Ph.D.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 30 de agosto de 2023

Ing. Carlos Guillermo Chuncho Morocho, Mg. Sc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración de Titulación denominado: **Dinámica y perspectivas de cambio de uso de suelo, en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe**, previo a la obtención del título de **Magíster en Biodiversidad y Cambio Climático**, de la autoría del estudiante **Christian Vinicio Cueva Pacheco** con cédula de identidad Nro. 1105651457, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Carlos Guillermo Chuncho Morocho, Mg. Sc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Christian Vinicio Cueva Pacheco**, declaro ser autor/a del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de identidad: 1105651457

Fecha: 15 de mayo de 2024

Correo electrónico: christian.cueva@unl.edu.ec

Teléfono: 0991870534

Carta de autorización por parte del autor para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación

Yo, **Christian Vinicio Cueva Pacheco**, declaro ser autor/a del Trabajo de Titulación denominado: **Dinámica y perspectivas de cambio de uso de suelo, en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe**, como requisito para optar por el título de **Magíster en Biodiversidad y Cambio Climático**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 15 días del mes de mayo de dos mil veinticuatro.

Firma:

Autor: Christian Vinicio Cueva Pacheco

Cédula de identidad: 1105651457

Correo electrónico: christian.cueva@unl.edu.ec

Teléfono: 0991870534

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Carlos Guillermo Chuncho Morocho, Mg. Sc.

Codirectora del Trabajo de Titulación: Ing. Esthela Elizabeth Salazar Proaño, Ph.D.

Dedicatoria

A la estrella que está en el cielo infinito, que me guía y me mira dar lo mejor a diario, mi padre Jaime.

A mi luz aquí en la tierra, mi madre Lucia, por estar siempre apoyándome en todo momento y ayudarme a crecer desde pequeño.

A mis hermanos Kevin y David, quienes admiro por su constancia y lucha diaria.

A mi sobrino Dereck, por ser parte de la alegría de mis días, que me motiva a no desmayar, pensando en el futuro para las generaciones que vienen tras de nosotros.

A todas las personas que han formado y forman parte de mi vida, y que de alguna manera me han impulsado y creen en mí.

Finalmente, este trabajo va dedicado para la comunidad en general, quienes con el paso del tiempo espero se den cuenta que días mejores pueden venir para el país en temas de adaptación y mitigación del cambio climático y cuidado de la biodiversidad, si comenzamos a generar conciencia y soluciones.

Gratitud a este viaje llamado vida

Christian Vinicio Cueva Pacheco

Agradecimiento

Agradecido con Dios, primeramente, y con la vida, por darme la oportunidad de seguir aprendiendo a diario, mejorando como persona. Si bien el camino que he transitado hasta ahora, ha tenido altos y bajos, pero intento vivir el momento al máximo, sin temor al mañana.

De igual manera vuelvo a reiterar mi infinito agradecimiento a mi familia, quienes siempre se preocupan por mí, ellos son el motor y el pilar fundamental. Cuando uno toma nuevos retos en la vida, y los asume con responsabilidad pensando hacia donde quiere llegar.

Así mismo agradezco a la Universidad Nacional de Loja, por darme la oportunidad de seguirme preparando con la maestría de Biodiversidad y Cambio Climático, y llevar una pequeña semilla a la vida adulta, donde el pilar fundamental, serán las soluciones que uno debe presentar cuando caiga la tormenta en beneficio de un pueblo, una ciudad, un país.

Gracias a todos los docentes, en especial al Ingeniero Cesar y Guillermo, a mis compañeros de maestría y amigos, y personas especiales que uno va encontrando en el camino, como Nataly, Jorge, Camilo, Vinicio, Victoria, Gabriela, y Estefanía, que, con sus ocurrencias y aprendizajes diarios, hicieron que este camino que afronte al seguirme preparando, sea más divertido al andar.

Finalmente estoy agradecido, con cada persona que he llegado a conocer, porque de todas he aprendido, y lo sigo haciendo. Si bien el camino de la ciencia y la investigación no es fácil, pero tampoco es complejo, para quien sabe generar un cambio por más pequeño que sea, está contribuyendo y dejando huella.

Gratitud a este viaje llamado vida

Christian Vinicio Cueva Pacheco

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Índice de Anexos	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	7
4.1. Cambio de Uso de la Cobertura de Suelo	7
4.2. Dinámicas de Cambio de Uso de Suelo	7
4.2.1. <i>Variables de Uso, que Influyen en el Cambio de Cobertura de Uso de Suelo</i>	8
4.3. Fuerzas Motrices Impulsoras de Cambio de Uso de Suelo o <i>Drivers</i>	10
4.4. Ecuador y sus Usos de Suelo	10
4.5. Influencia del Cambio Climático en el Cambio de Usos de Suelo: Interacciones y Consecuencias.....	14
4.5.1. <i>Escenarios de Cambio Climático del Sexto Informe de Evaluación (AR6) del IPCC</i>	15

4.6.	Estadísticos para Validar lo Cambios de Uso del Suelo	18
4.6.1.	<i>Modelo de Regresión Logística</i>	19
4.6.2.	<i>Estadístico kappa de Cohen</i>	19
4.6.3.	<i>Curva de ROC</i>	20
4.7.	Land Change Modeler, para Estimar Cambios de Uso de Suelo.....	21
4.7.1.	<i>Características principales de Land Change Modeler</i>	22
4.8.	Cadenas de Márkov.....	23
4.8.1.	<i>Implementación de Redes Neuronales</i>	24
5.	Metodología	25
5.1.	Área de estudio	25
5.1.1.	Nangaritza.....	26
5.1.2.	Paquisha	26
5.1.3.	Yantzaza.....	26
5.1.4.	El Panguí.....	26
5.2.	Materiales	27
5.3.	Métodos	28
5.3.1.	<i>Determinar las Principales Fuerzas Motrices que Influyen sobre las Dinámicas de Cambio de Uso de Suelo en los Cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Panguí.</i>	28
5.3.2.	<i>Modelar los Cambios de Uso de Suelo y sus Efectos, en Función de Escenarios Climáticos AR6-IPCC</i>	33
5.3.3.	<i>Cuantificar las Trayectorias de Cambio de Uso de Suelo en el Período 1990 – 2080, bajo Escenario Climáticos AR6-IPCC</i>	35
6.	Resultados	37
6.1.	Determinar las Principales Fuerzas Motrices que Influyen sobre las Dinámicas de Cambio de Uso de Suelo en los Cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Panguí.	37

6.1.1.	<i>Fuerzas Motrices o Drivers Establecidos</i>	37
6.1.2.	<i>Validación del Modelo, con el Estadístico de Kappa</i>	42
6.2.	Modelar los cambios de uso de suelo y sus efectos, en función de escenarios climáticos AR6-IPCC	42
6.2.1.	<i>Escenario de Cambio Climático (SSP1 – 2.6)</i>	45
6.2.2.	<i>Escenario de Cambio Climático (SSP3 – 7.0)</i>	46
6.2.3.	<i>Escenario de Cambio Climático (SSP5 – 8.5)</i>	47
7.	Discusión	57
7.1.	Fuerzas Motrices Impulsoras de Cambio de Uso de Suelo	57
7.2.	Escenarios Climáticos AR6 (SSP1 – 2.6; SSP3 – 7.0; SSP5 – 8.5), Relacionados a los Cambios de Uso de Suelo.	59
7.3.	Cuantificación y Transición de los Cambios de Uso de Suelo Vinculados a Escenarios AR6 (SSP1 – 2.6; SSP3 – 7.0; SSP5 – 8.5).....	62
8.	Conclusiones	64
9.	Recomendaciones	66
10.	Bibliografía	67
11.	Anexos	84

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Definición de clases de los mapas de cobertura y usos de suelo de Ecuador</i>	11
Tabla 2. <i>Escenarios de cambio climático del Sexto Reporte de Evaluación AR6 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2022)</i>	16
Tabla 3. <i>Escenarios SSP del Sexto Reporte de Evaluación AR6 (IPCC, 2022)</i>	18
Tabla 4. <i>Interpretación del coeficiente de los valores del estadístico Kappa de Cohen entre 0 y 1</i>	20
Tabla 5. <i>Contenido de las coberturas de los años 1990 – 2000 -2014</i>	29
Tabla 6. <i>Coberturas de uso de suelo seleccionadas para trabajar con las fuerzas motrices</i>	30
Tabla 7. <i>Fuerzas motrices impulsoras de cambio analizadas para trabajar con el modelo LCM</i>	32
Tabla 8. <i>Variables bioclimáticas utilizadas del WorldClim</i>	34
Tabla 9. <i>Preguntas implementadas en los talleres a los GADs Municipales de la zona de estudio</i>	36
Tabla 10. <i>Selección de variables independientes por medio del Test Cramer's V</i>	38
Tabla 11. <i>Valores del estadístico Kappa resultado del modelo realizado en el LCM</i>	42
Tabla 12. <i>Valor de coberturas proyectadas para el año 2030, con los escenarios IPCC, AR6</i>	43
Tabla 13. <i>Valor de coberturas proyectadas para el año 2050, con los escenarios IPCC, AR6</i>	44
Tabla 14. <i>Valor de coberturas proyectadas para el año 2080, con los escenarios IPCC, AR6</i>	44

Índice de figuras

Figura 1. <i>Interacción de los escenarios de cambio climático del Sexto Reporte de Evaluación (AR6) del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2022)</i>	17
Figura 2. <i>Mapa de ubicación del área de estudio en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y El Pangui</i>	25
Figura 3. <i>Mapa interactivo, cobertura de tierra y uso año 1990, Región 7, Ecuador</i>	28
Figura 4. <i>Mapa de las actividades agrícolas y mineras de los cantones El Pangui, Yantzaza, Paquisha y Nangaritza</i>	31
Figura 5. <i>Flujo metodológico del uso del modelo Land Change Modeler de TerrSet (2020)</i>	33
Figura 6. <i>Fuerzas motrices impulsoras de cambio naturales y antropogénicas que cumplieron con el Cramer's en el LCM</i>	37
Figura 7. <i>Fuerzas motrices naturales y antropogénicas usadas en el Land Changue Modeler.</i> ..	39
Figura 8. <i>Mapas de proyección de cambio de usos de suelo para el escenario SSP1-2.6 (bajas emisiones)</i>	45
Figura 9. <i>Mapas de proyección de cambio de usos de suelo para el escenario SSP 3-7.0 (emisiones altas).</i>	46
Figura 10. <i>Mapas de proyección de cambio de usos de suelo para el escenario SSP5-8.5 (emisiones muy altas)</i>	47
Figura 11. <i>Ganancias de actividades agrícolas y pérdida de bosque año 1990 a 2080, escenarios AR6 (IPCC, 2022)</i>	48
Figura 12. <i>Diagrama de transiciones observadas entre el año 2014, y proyectadas al año 2030 (escenarios AR6; IPCC, 2022), en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y El Pangui</i> ..	50
Figura 13. <i>Diagrama de transiciones observadas entre el año 2014, y proyectadas al año 2050, (escenarios AR6; IPCC, 2022), en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y El Pangui</i> ..	52
Figura 14. <i>Diagrama de transiciones observadas entre el año 2014, y proyectadas para el año 2080 (escenarios AR6; IPCC, 2022), en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y El Pangui.</i>	54
Figura 15. <i>Mapa resultado de los talleres semi-estructurados con los GADS Municipales de los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe.</i> ..	55

Índice de Anexos

Anexo 1. <i>Planificación de los talleres realizados en el cantón Nangaritza, Yantzaza, Paquisha y el Pangui.</i>	84
Anexo 2. <i>Fotografías de los Talleres semi-estructurados ejecutados en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe.</i>	86
Anexo 3. <i>Papelógrafos resultados de las preguntas propuestas en los talleres semi-estructurados en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe.</i>	89
Anexo 4. <i>Certificación de traducción del resumen.</i>	92

1. Título

Dinámica y perspectivas de cambio de uso de suelo, en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Panguí, de la provincia de Zamora Chinchipe.

2. Resumen

La dinámica de cambio en los usos de suelo de los cantones Nangaritzza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui de la Provincia de Zamora Chinchipe, se ve influenciada por actividades antropogénicas que generan una intensiva demanda de recursos. Entre estas actividades se encuentran la actividad agrícola, el desarrollo de infraestructuras, la extracción minera y el crecimiento demográfico, las cuales están provocando cambios significativos y notables en las coberturas de suelo a través del tiempo. En el marco de esta investigación, se buscó analizar las fuerzas motrices (*drivers*) y las transiciones del cambio de uso de suelo, en los cantones Nangaritzza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, en el periodo 1990 – 2080, bajo escenarios climáticos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, AR6. Para ello, se analizaron las coberturas de uso de suelo de los años 1990 – 2000 – 2014, proporcionadas por el mapa interactivo del Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica [MAATE], así como las fuerzas motrices naturales y antropogénicas que impulsan el cambio de uso de suelo, y se consideraron restricciones como áreas protegidas o reservas en el simulador Land Change Modeler de TerrSet. Una vez establecidas las fuerzas motrices impulsoras de cambio, a través del estadístico de Cramer's V, se realizaron proyecciones para los años 2030, 2050 y 2080, con los escenarios de cambio climático del IPCC AR6, SSP1-2.6 (bajas emisiones); SSP3-7.0 (emisiones altas) y SSP5-8.5 (emisiones muy altas), para cuantificar las transiciones de cambio de uso de suelo. Los resultados encontrados muestran que la cobertura de bosques presentó una disminución considerable, de 101 555 ha hasta el año 2080, mientras que las áreas de cultivo y zonas urbanas aumentaron para cada escenario implementado: 96 931 ha para el escenario SSP1-2.6, 96 868 ha para el escenario SSP3-7.0 y 98 144 ha para el escenario SSP5-8.5. Estos hallazgos plantean la necesidad de generar alternativas enfocadas en mejorar el ineficiente uso de normativas de control, y planes de desarrollo establecidos por parte del estado y los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, para dar un adecuado y planificado manejo de los usos de suelo a nivel de territorio.

Palabras clave: fuerzas motrices; escenarios AR6 IPCC; Land Change Modeler; cambio climático

Abstract

The dynamics of land use change in the cantons of Nangaritza, Paquisha, Yantzaza and Pangui in the province of Zamora Chinchipe is influenced by anthropogenic activities that generate an intensive demand for resources. Among these activities are agriculture, infrastructure development, mining extraction and population growth, which are causing significant and notable changes in land cover over time. In the framework of this research, we sought to analyze the drivers and transitions of land use change in the cantons of Nangaritza, Paquisha, Yantzaza and El Pangui, in the time period 1990 - 2080, under climate scenarios of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, AR6. For this purpose, land use coverages for the years 1990 - 2000 - 2014, provided by the interactive map of the Ministry of Environment Water and Ecological Transition [MAATE] (of its acronym in Spanish), were analyzed, as well as the natural and anthropogenic driving forces that drive land use change, and restrictions such as protected areas or reserves were considered in the Land Change Modeler simulator of TerrSet. Once the driving forces of change were established, using Cramer's V statistic, projections were made for the years 2030, 2050 and 2080, with the IPCC AR6 climate change scenarios, SSP1-2.6 (low emissions); SSP3-7.0 (high emissions) and SSP5-8.5 (very high emissions), to quantify land use change transitions. The results show that forest cover decreased considerably, by 101 555 ha by 2080, while cropland and urban areas increased for each scenario implemented: 96 931 ha for the SSP1-2.6 scenario, 96 868 ha for the SSP3-7.0 scenario and 98 144 ha for the SSP5-8.5 scenario. These findings suggest the need to generate alternatives focused on improving the inefficient use of control regulations and development plans established by the state and the Autonomous Decentralized Municipal Governments, in order to provide adequate and planned land use management at the territorial level.

Keywords: driving forces; IPCC AR6 scenarios; IPCC AR6 scenarios; Land Change Modeler; climate change.

3. Introducción

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2022), a nivel mundial, un tercio de los suelos están cubiertos por cultivos, otro tercio por pastizales y el restante por bosques. Sin embargo, actualmente esta distribución varía dependiendo de la región, y los cambios de uso de suelo que se generen a causa del continuo crecimiento demográfico, la industrialización e implementación de tecnologías poco eficientes, expansión de la frontera agrícola, y la minería (Cozo, 2022; Chuquin et al., 2022; Molina, 2019; Soto et al., 2011).

En América Latina cerca del 47% del suelo está cubierto de bosques, según la FAO (2022). Estos ecosistemas terrestres, están en constante amenaza debido a los inminentes cambios de uso de suelo provocados por el descontrol de las actividades antrópicas (Cartuche, 2022). La actividad agrícola, una de las intervenciones humanas más predominantes, ha experimentado una expansión significativa en los últimos 50 años, específicamente en América del Sur, creciendo de 441 a 607 millones de ha (FAO, 2023). Esta actividad es una de las principales causantes de la deforestación, especialmente en áreas cercanas a cuerpos de agua, o en zonas rurales que poseen más del 50 % de bosques naturales (Andrago et al., 2022; Bustamante et al., 2022).

De acuerdo a Rengifo (2022), los datos del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, [MAATE], exponen que el 50 % de los suelos del territorio ecuatoriano están en procesos de degradación, resultado de un acelerado proceso de urbanización, prácticas agrícolas intensivas, y actividades mineras realizadas especialmente en la Región Amazónica, conocida por su riqueza en suelos fértiles (Cuenca, 2022). Estas áreas, están siendo explotadas a gran escala, que con el paso del tiempo se transformarán en zonas devastadas sin posibilidad de remediación (FAO, 2022; Gómez, 2022; Pita, 2019).

En los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, pertenecientes a la Provincia de Zamora Chinchipe, se observan cambios significativos en el uso de suelo. Las actividades agropecuarias, que incluyen monocultivos, ganadería y piscicultura, son un factor crucial ejerciendo un impacto a corto, mediano y largo plazo (González, 2022; Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], (2016)). Estas actividades conllevan problemas de degradación del suelo, manifestándose en formas como erosión, desertificación, compactación y salinización (Bustamante et al., 2022). A pesar de la gravedad de esta problemática, hasta la fecha no se han realizado investigaciones que evalúen la magnitud del cambio de usos de suelo, ni cómo estos

cambios impactan en los aspectos económicos, ambientales y sociales en las zonas mencionadas (Rodríguez et al., 2021).

En la provincia de Zamora Chinchipe, y particularmente en estos cantones, un factor crítico a considerar es la deforestación inducida por los colonos (González et al., 2011). Esta práctica se lleva a cabo con varios propósitos, incluyendo la construcción de infraestructuras civiles, venta de madera a otras ciudades, y la transformación del uso de la tierra para actividades agropecuarias y construcción de asentamientos humanos (Camacho et al., 2021). Dichas acciones incrementan la vulnerabilidad del suelo y generan un impacto significativo en la flora y fauna local (González, 2022). Es relevante señalar que, según el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Zamora Chinchipe (2019), durante el periodo 2016 – 2018, los cantones que experimentaron la mayor deforestación fueron Zamora con 2 997,02 ha, Nangaritza con 2 416,64 ha y Palanda con 2 322,76 ha. Por otro lado, los cantones menor deforestación son Paquisha con 604,82 ha y Centinela del Condor con 694,96 ha.

La minería, particularmente la extracción de oro y plata, se ha convertido en un indicador de desarrollo en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, debido a la considerable generación de ingresos que se percibe. No obstante, esta actividad tiene consecuencias negativas, como el deterioro del suelo a largo plazo, deforestación de grandes hectáreas de bosque, y contaminación de cuerpos de agua (Calderón, 2022; Ochoa et al., 2022). Según Beltrán (2022), el Plan de Ordenamiento Territorial de Zamora Chinchipe, establece que el 81% del suelo está destinado a la conservación y protección, sin embargo, en 2021 se determinó que el 36% del suelo estaba concesionado a la industria minera, sin incluir la minería ilegal que no está oficialmente registrada.

Es importante destacar, que las transformaciones del uso de suelo, se encuentran vinculadas a políticas públicas inadecuadas en cada territorio, debido a la mala implementación de los Planes de Ordenamiento Territorial ha desencadenado cambios significativos, como la sobreexplotación de recursos, y una planificación deficiente de asentamientos y permisos de explotación minera generando un desequilibrio de los recursos naturales (Amasifuén, 2022; Andrago et al., 2022). Esto se debe a la alta demanda de servicios, construcción de vías y viviendas, que están invadiendo espacios naturales, lo que resulta en pérdida de la biodiversidad (Molina, 2019).

Teniendo en cuenta la dinámica de los cambios constantes reflejados en los diversos usos del suelo en el territorio y la importancia que estos cambios tienen en la planificación territorial,

se hace evidente la necesidad de utilizar y aplicar técnicas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Pérez et al., 2004). Estas herramientas permiten obtener datos espaciales y estadísticos valiosos, que a su vez posibilitan generar modelos capaces de analizar las dinámicas de cambio de uso del suelo a gran escala (Segura, 2020), mediante la creación de mapas de cobertura para un periodo determinado, facilitando la comprensión de los riesgos futuros asociados a dichos cambios (Camacho et al, 2017).

Con dichos antecedentes, esta investigación se enfocó en cuantificar las trayectorias de cambios de uso de suelo, tanto para escenarios actuales (1990 – 2000 – 2014), como para un escenarios futuros (2030 – 2050 – 2080), mediante un análisis de coberturas de usos de suelo, en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui de la provincia de Zamora Chinchipe, considerando fuerzas motrices (*drivers*) de cambio tanto naturales, como antropogénicas mediante el análisis en el software Land Change Modeler de TerrSet, (2020), herramienta que permite analizar y simular futuros escenarios de cambio de uso de suelo a través del tiempo (Eastman, 2012; Manzoor et al., 2021).

Además, se llevó a cabo el modelado de los cambios de uso de suelo en relación con los escenarios de cambio climático, establecidos por el IPCC, AR6. Se consideraron los escenarios SSP1 – 2.6 (bajas emisiones), SSP3-7.0 (emisiones altas), y SSP5-8.5 (emisiones muy altas). Este análisis permitió detallar los posibles futuros alternativos, y cuantificar la trayectoria existente entre las actividades antropogénicas, el cambio climático y su impacto en los ecosistemas (Cui et al., 2021; Deng et al., 2015).

Por lo cual, los objetivos planteados en esta investigación fueron:

Objetivo general:

- Analizar la dinámica en el cambio de uso de suelo, en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, en el periodo 1990 – 2080, bajo escenarios climáticos AR6-IPCC.

Objetivos específicos:

- Determinar las principales fuerzas motrices que influyen sobre las dinámicas de cambio de uso de suelo en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui.
- Modelar los cambios de uso de suelo y sus efectos, en función de escenarios climáticos AR6-IPCC.
- Cuantificar las trayectorias de cambio de uso de suelo en el período 1990 – 2080, bajo escenario climáticos AR6-IPC

4. Marco Teórico

4.1. Cambio de Uso de la Cobertura de Suelo

El cambio de uso de suelo ha sido abordado desde distintos enfoques, siendo el empleo de los Sistemas de Información Geográfica (Galicia et al., 2007), el aspecto de mayor relevancia, mediante el análisis de la cobertura del suelo a través del tiempo y espacio, dándose una transición de una categoría de suelo a otra (Muñoz et al., 2020).

Según Olson et al. (2008), existen dos categorías de cambio de uso de suelo, bien definidas con gran impacto significativo, como la expansión agrícola, principal causante de la deforestación, degradación ambiental, fragmentación de la tierra y pérdida de biodiversidad a escala global (Lambin et al., 2001), y la industrialización, que incluye procesos como la urbanización, asociados al abandono de tierras agrícolas marginales y ocupación de suelos desnudos.

López et al. (2015), sostiene que, durante las últimas décadas, el cambio de uso del suelo se ha definido como el proceso responsable del deterioro de la funcionalidad de los ecosistemas. Este cambio es un factor clave en la pérdida de biodiversidad, y una de las principales acciones humanas que contribuyen al cambio climático, a través de las diversas interacciones entre las actividades antrópicas, variables climáticas y el medio ambiente, dando como resultado un deterioro ambiental acelerado a través del tiempo (Verburg et al., 2010).

4.2. Dinámicas de Cambio de Uso de Suelo

Para realizar un análisis adecuado de las causas que impulsan la dinámica de los cambios en el uso del suelo, es importante, saber diferenciar entre la cubierta del suelo y su uso, a fin de, saber distinguir entre las causas próximas (directas) y causas subyacentes (indirectas) que lo afectan (Domínguez et al., 2019).

Las causas próximas o directas, son aquellas actividades humanas que afectan de manera directa la cubierta bio-física del suelo, mientras que, las causas subyacentes, están constituidas por factores que predisponen la ocurrencia de cambios en el uso de suelo, mismas que se encuentran divididas en cinco categorías: económicas, tecnológicas, demográficas, político/institucionales y socioculturales (Volante, 2014).

4.2.1. Variables de Uso, que Influyen en el Cambio de Cobertura de Uso de Suelo

4.2.1.1. Actividad agrícola. El suelo es un recurso complejo y dinámico que desempeña funciones vitales como producir alimentos, generar biomasa, filtración y transformación de sustancias, sin embargo, las actividades agrícolas, modifican, fragmentan los hábitats y degradan el suelo, alertando los procesos de transporte (erosión hídrica y eólica, escurrimiento superficial, infiltración del agua en el suelo y transformación química física y biológica) (Quiroz, 2022).

Actualmente la intensificación de la agricultura que ha permitido incrementar la producción de alimentos en las últimas décadas, debido a la demanda de productos provocado por el crecimiento demográfico. Siendo importante el monitoreo y detección de las modificaciones del suelo con la representación de modelos de uso y la cobertura del suelo, donde se observe la variación de atributos de la superficie en espacio y tiempo, a escalas estacionales e inter-anales (Henríquez, 2012).

En el Ecuador el avance la frontera agrícola, en las últimas décadas, más el crecimiento demográfico, y con ello la creciente demanda de productos (Marcillo et al., 2020), ha generado fuertes cambios en la cobertura vegetal natural y uso de suelo, debido a el desplazamiento en las áreas de cultivos y ganaderas a las laderas de montaña o zonas menos fértiles, perdiendo la función social y ambiental del suelo (Ayala, 2019). Sin embargo, la diversificación agrícola como base del cambio en el proceso productivo a nivel de provincias es muy complejo, debido al uso exhaustivo de factores de producción como mano de obra, tierra y tecnología agrícola básica (Pacheco et al., 2018).

El conocimiento de factores inmersos dentro de la diversificación de tierras agrícolas, es muy importante, en la cual los gobiernos autónomos descentralizados pueden implementar políticas y proyectos, para mejorar el sector de la agricultura, de tal manera que se desarrolle y promueva modelos de producción agrícola, con enfoque sostenible con el medio ambiente (Marcillo et al., 2020).

Así mismo, Ávila (2009), con respecto al área periurbana, menciona, que existe una competencia entre productores, que pueden ser agricultores especializados o productores agrícolas ubicados en tierras lejanas a la ciudad, por lo que llegó a determinar, que tienen mejores márgenes de producción, sin embargo, la degradación y sobreexplotación se incrementa con el paso del tiempo.

4.2.1.2. Deforestación. Un fenómeno relacionado con los cambios de uso de suelo, es la deforestación, generada por actividades antrópicas como la expansión agrícola, extracción de madera y expansión de la infraestructura (Briceño et al., 2019). Diferencias investigaciones indican que esta actividad es generada principalmente por el sector ganadero, seguido de la producción constante de productos agrícolas para los mercados nacionales y extranjeros, la extracción de petróleo, minerales o cultivos ilegales, enfocados a una mejora del entorno socioeconómico, y la extensión y ampliación de la infraestructura vial y energética (Meza et al., 2018).

4.2.1.3. Urbanización. Los asentamientos humanos, son unos de los impactos que modifican los paisajes, dado que, al no existir una planificación, se realizan construcciones en zonas donde se afectan a los recursos naturales, alterando un ecosistema, dejando el suelo listo para realizar actividades urbanísticas (Abad, 2020).

Ocampo (2017), enfatiza que, una de las dinámicas de cambio de uso de suelo, está relacionado directamente con el crecimiento exponencial de la población, desarrollándose en base de dos situaciones, o crece de manera ordenada, o, por el contrario, no tiene planificación previa, motivo por el cual se debe tener suma precaución con el desarrollo de un plan integral de usos que se desarrollen en un mismo ambiente urbano (Villamagua et al., 2022).

Por su parte Nájera et al. (2010), cita que, la dinámica de los territorios influye en el deterioro y degradación de los suelos, en las modificaciones de los nichos ecológicos y en la resiliencia de los componentes ecológicos. Dicha dinámica está determinada por factores como el relieve, socioeconómicos, la tenencia y manejo de la tierra y las políticas sectoriales (Delgado et al., 2017).

Por ello es fundamental, desarrollar políticas de ordenamiento que consideren la protección de los recursos naturales, en el contexto urbano y rural, puesto que, en las últimas décadas se ha dado mayor sensibilidad de protección, y conservación, creando un vínculo entre la parte social y el ambiente (Abad, 2020).

4.2.1.4. Minería. Ecuador es un país en vías de desarrollo, con una gran biodiversidad de recursos, a pesar de su importancia para la conservación, se ve afectado por la actividad minera, a gran escala e ilegal, asociados directamente con la degradación y pérdida de los recursos naturales, como el suelo (Arévalo et al., 2023; Gómez et al., 2017), dado que, al realizarse el retiro de la capa superficial del suelo, concatenando con eventos máximos de precipitación, generara altos índices de erosión (Romero et al., 2020).

El aprovechamiento de recursos no metálicos, genera impactos como vibraciones y contaminación paisajística, por lo que se ha creado un debate ideológico, debido a la escasa información de los diferentes tipos de minería, métodos de explotación, exploración, limitaciones asociadas a actividades antitécnicas, de dicha actividad. Así mismo, la escasa planificación con pertenencia al ordenamiento territorial ha ido afectando el uso de los diferentes tipos de suelo, a través del tiempo (Estupiñán et al., 2021).

4.3. Fuerzas Motrices Impulsoras de Cambio de Uso de Suelo o *Drivers*

Feng et al. (2020), menciona a los *drivers* o impulsores del cambio, como dinámicas que impulsan el cambio de la cobertura del suelo, y su uso, los cuales pueden dividirse de dos tipos, naturales y antrópicos.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que dependiendo de la zona de estudio, o el territorio a analizar, se pueden identificar distintas fuerzas motrices, como el caso de la investigación realizada por Muñoz et al. (2018), donde en las zonas alto - andinas se identificaron tres impulsores de cambio: el primero determinado por las actividades antrópicas que alteran directamente el paisaje, la segunda en cambio, se refirió a las fuerza motrices subyacentes (fuerzas socio – políticas, económicas y culturales que sustentan las cusas próximas a generar un cambio), y tercero las características biofísicas del paisaje, que aunque no sean causas directas determinan un cambio de uso de suelo (Ordoñez et al., 2015).

4.4. Ecuador y sus Usos de Suelo

Ecuador entre los años 2016 y 2019, realizo su propia clasificación de uso de la cobertura de suelo que se presenta en la Tabla 1, a partir de la recolección y procesamiento de datos por parte de entidades estatales encargadas de la generación de información espacial del país, como el Ministerio del Ambiente (MAE), en la actualidad conocido como Ministerio de Ambiente Agua Y Transición Ecológica (MAATE), el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP], y el Instituto Espacial Ecuatoriano [IEE] (MAE, 2012).

Dicho procesamiento de la información generó como resultado los mapas de cobertura vegetal y uso del suelo de Ecuador para los años 1990, 2000, 2008, 2014, 2016 y 2018; a escala espacial 1:100.000, definidos en las siguientes clases:

Tabla 1

Definición de clases de los mapas de cobertura y usos de suelo de Ecuador

Nivel I	Nivel II	Definición Operativa	Fuente
Bosque	Bosque Nativo	Ecosistema arbóreo, primario o secundario, regenerado por sucesión natural; se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos.	MAE (2016)
	Plantación Forestal	Masa arbórea establecida antrópicamente con una o más especies forestales.	MAE (2011)
Vegetación Arbustiva y Herbácea	Vegetación Arbustiva	Áreas con un componente substancial de especies leñosas nativas no arbóreas. Incluye áreas degradadas en transición a una cobertura densa del dosel.	MAE (2011)
	Páramo	Vegetación tropical altoandino caracterizada por especies dominantes no arbóreas que incluyen fragmentos de bosque nativo propios de la zona.	MAGAP - IEE (2012)
	Vegetación Herbácea	Áreas constituidas por especies herbáceas nativas con un crecimiento espontáneo, que no reciben cuidados especiales, utilizados con fines de pastoreo esporádico, vida silvestre o protección.	MAGAP - IEE (2012)

Nivel I	Nivel II	Definición Operativa	Fuente
Tierra Agropecuaria	Cultivo Anual	Comprende aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas, cuyo ciclo vegetativo es estacional, pudiendo ser cosechados una o más veces al año.	MAGAP - IEE (2012)
	Cultivo Semipermanente	Comprenden aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas cuyo ciclo vegetativo dura entre uno y tres años.	MAGAP - IEE (2012)
	Cultivo Permanente	Comprenden aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas cuyo ciclo vegetativo es mayor a tres años, y ofrece durante este periodo varias cosechas.	MAGAP - IEE (2012)
Tierra Agropecuaria	Pastizal	Vegetaciones herbáceas dominadas por especies de gramíneas y leguminosas introducidas, utilizadas con fines pecuarios, que, para su establecimiento y conservación, requieren de labores de cultivo y manejo.	MAGAP - IEE (2012)
	Mosaico Agropecuario (Asociación)	Son agrupaciones de especies cultivadas que se encuentran mezcladas entre sí y que no pueden ser individualizados; y excepcionalmente pueden estar asociadas con vegetación natural.	MAGAP - IEE (2012)
Cuerpo de Agua	Natural	Superficie y volumen asociado de agua estática o en movimiento.	MAGAP - IEE (2012)
		Superficie y volumen asociado de agua estática o en movimiento	

Nivel I	Nivel II	Definición Operativa	Fuente
	Artificial	asociadas con las actividades antrópicas y el manejo del recurso hídrico.	MAGAP - IEE (2012)
Zona Antrópica	Área Poblada	Áreas principalmente ocupadas por viviendas y edificios destinados a colectividades o servicios públicos.	MAGAP - IEE (2012)
	Infraestructura	Obra civil de transporte, comunicación, agroindustrial y social.	MAGAP - IEE (2012)
Otras Tierras	Área sin cobertura vegetal	Áreas generalmente desprovistas de vegetación, que, por sus limitaciones edáficas, climáticas, topográficas o antrópicas, no son aprovechadas para uso agropecuario o forestal, sin embargo, pueden tener otros usos.	MAGAP - IEE (2012)
	Glaciar	Nieve y hielo localizados en las cumbres de las elevaciones andinas.	MAGAP - IEE (2012)
Sin Información	Corresponde a áreas que no han podido ser mapeadas.		

Nota. Tabla del Ministerio de Ambiente Agua Y Transición Ecológica (MAATE), que forma parte del mapa interactivo, coberturas de los años 1990, 2000 y 2014, escala 1:100.000, Tomado de: ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/

Jara (2018), destaca que las áreas degradadas en la región amazónica son el resultado de una serie de factores interrelacionados. Estos incluyen el dinamismo social, que puede llevar a cambios rápidos y a veces destructivos en el uso del suelo, la privatización de tierras, que a menudo resulta en la explotación insostenible de los recursos naturales, y las quemadas o incendios de origen antrópico, que pueden causar daños irreparables a los ecosistemas, y por último la globalización económica, que genera cambios en el paisaje, a través de los cambios de usos del suelo.

4.5. Influencia del Cambio Climático en el Cambio de Usos de Suelo: Interacciones y Consecuencias

Las alteraciones permanentes en la cobertura del suelo y en las reservas de carbono están estrechamente vinculadas al cambio climático. Estos cambios son una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero, representando aproximadamente el 9% del total de emisiones globales (Larrea et al., 2017). Se estima que los suelos destinados a cultivos han perdido entre el 20% y el 60% de su contenido de carbono orgánico antes de ser cultivados. De manera similar, los suelos sometidos a prácticas de agricultura convencional, también han experimentado una pérdida significativa de carbono orgánico, convirtiéndose en una fuente de gases de efecto invernadero (IPCC, 2019; Shukla et al., 2019).

Entre los procesos que contribuyen a la degradación de los suelos y, por ende, al cambio climático, se encuentran la deforestación, el incremento de incendios forestales, la degradación de los suelos de turba y el deshielo del permafrost (Shukla et al., 2019). Según el Informe IPPC (2019), estos procesos liberan gases de efecto invernadero y reducen los sumideros de carbono. La transformación de bosques primarios en bosques gestionados, la tala ilegal y la gestión forestal insostenible son actividades que contribuyen a estos procesos. Además, estos cambios pueden generar efectos físicos en el clima de una región, incluyendo aquellos que surgen de los cambios de albedo (Carrasco, 2023; Dupar, 2020).

La considerable contribución de este sector al cambio climático ha llevado a que sea objeto de análisis e investigación en todos los territorios en la actualidad, debido a la urgencia de mitigar los efectos del cambio climático (Larrea et al., 2017). Además, estos cambios tienen un impacto significativo en la configuración del paisaje, reduciendo la cantidad de hábitats disponibles para diversas especies de fauna. Cada transición en el uso del suelo limita el movimiento de estas especies e incrementa las extinciones a nivel local (Agudelo, 2020).

La degradación de las coberturas del suelo y el cambio climático, sea de forma individual o en combinación, conllevan consecuencias significativas para los sistemas de subsistencia que dependen de recursos naturales y grupos sociales (Masson et al., 2020), al reducir la producción de tierras que están siendo sobreexplotadas por actividades agrícolas y ganaderas, a tal punto de su degradación (Shukla et al., 2019). Estos factores podrían alterar los índices de seguridad

alimentaria e ingresos con respecto a escenarios futuros, debido a los altos niveles de desnutrición (Santillán et al., 2020), en zonas degradadas, donde serían más vulnerables mujeres y jóvenes.

Además, las zonas degradadas son más susceptibles a fenómenos climáticos extremos. Por ejemplo, las altas temperaturas pueden provocar sequías, mientras que, los eventos de precipitación máxima pueden resultar en inundaciones (Masson et al., 2020). y alteración de la estructura de la biodiversidad (Ortiz et al., 2021). Estos fenómenos extremos, a su vez, pueden tener graves consecuencias socioeconómicas (Shukla et al., 2019). Es probable que se produzcan altos índices de pobreza, migración y conflictos por la tenencia de la tierra. Además, el patrimonio cultural de estas zonas puede verse amenazado o incluso perdido.

A pesar de los desafíos que plantea el cambio climático, se están realizando avances significativos en la mitigación de sus efectos, especialmente en el sector agrícola. Algunas especies cultivadas, como el cacao, aguacate y café, desempeñan un papel crucial en la captura de gases de efecto invernadero. Sin embargo, es importante tener en cuenta que cultivos como el de papas o la ganadería sostenible, generan emisiones de GEI (Bustamante et al., 2022).

Vuille et al. (2018), menciona que, la planificación no debería basarse solo en escenarios futuros derivados de modelos numéricos, también se deberían considerar las necesidades sociales, las agendas económicas, los conflictos políticos, la desigualdad socioeconómica y los valores culturales.

4.5.1. Escenarios de Cambio Climático del Sexto Informe de Evaluación (AR6) del IPCC

En el Sexto Reporte de Evaluación (AR6) del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2022), se presentan escenarios de cambio climático denominados “Trayectorias Socioeconómicas Compartidas” (SSP – Shared Socioeconomic Pathways). Estos escenarios presentados en la Tabla 2, describen posibles futuros de desarrollo socioeconómico, mostrando cómo podría evolucionar el mundo en las próximas décadas en diversos aspectos, como la evolución de las economías, los niveles futuros de desigualdad, los cambios demográficos y tecnológicos, entre otros (CIIFEN, 2022). Además, estos escenarios también indican qué desafíos suponen esos cambios para la mitigación y la adaptación al cambio climático. Estos aspectos influyen en los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y, por ende, generan cambios en el aumento de la temperatura global, lo que provoca cambios en el clima futuro y puede

afectar las alternativas para adaptarse a los impactos del cambio climático como podemos ver en la Figura 1.

La definición de cada escenario es la siguiente:

Tabla 2

Escenarios de cambio climático del Sexto Reporte de Evaluación AR6 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2022)

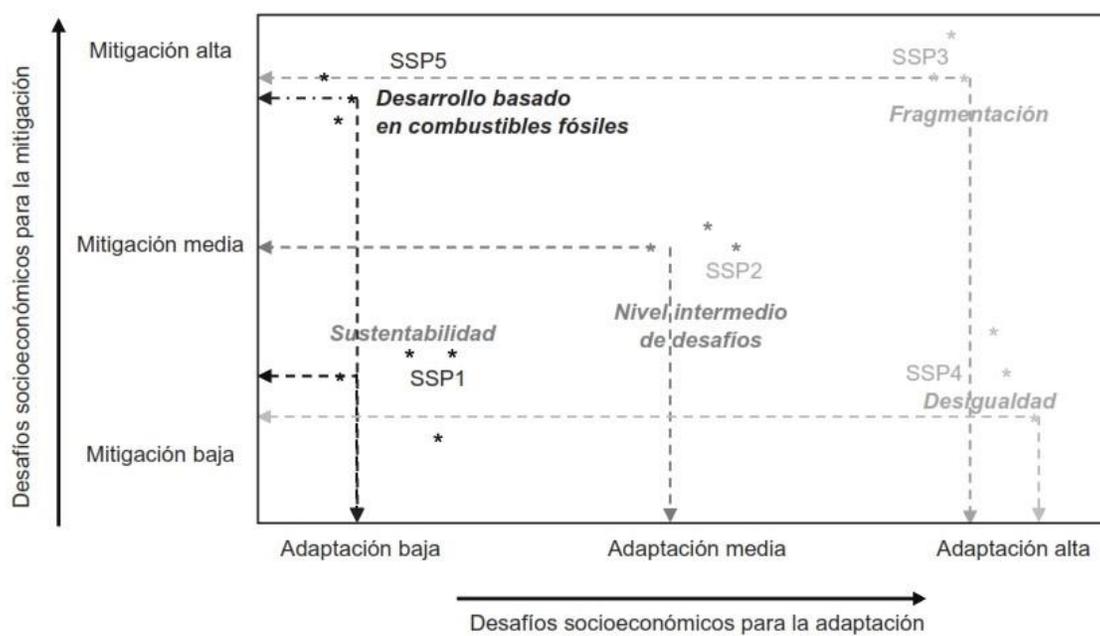
Escenarios	Descripción
SSP1 (Sustentabilidad)	Representa bajos niveles de desafíos para la mitigación, como para la adaptación al cambio climático. Se caracteriza por un crecimiento poblacional bajo, un alto crecimiento económico, altos niveles de educación, una gobernabilidad efectiva, una sociedad globalizada, cooperación internacional, desarrollo tecnológico y una conciencia ambiental.
SSP2	Es un escenario intermedio, donde los supuestos están entre los que corresponden a la SSP1 y la SSP3.
SSP3 (Fragmentación)	Representan un nivel alto de desafíos para la adaptación y la mitigación. Se asume un alto crecimiento poblacional y bajo desarrollo económico, niveles inferiores de educación, y una sociedad regionalizada y con poca conciencia ambiental.
SSP4 (Desigualdad)	Representa un nivel alto para la adaptación. La tecnología avanza en los países desarrollados, pero no toda la población logra beneficiarse de ello.
SSP5	Representa un elevado nivel de desafío para la mitigación. Asume que aún se tiene una muy alta dependencia de los combustibles fósiles, y se

Escenarios	Descripción
	tendría un bajo crecimiento en la población, un elevado crecimiento económico y un alto desarrollo humano.

Nota. CIIFEN. (2022). <https://ciifen.org/escenarios-y-proyecciones/>

Figura 1

Interacción de los escenarios de cambio climático del Sexto Reporte de Evaluación (AR6) del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2022)



Nota. CIIFEN. (2022). <https://ciifen.org/escenarios-y-proyecciones/>

Los escenarios del AR6 que se presentan en la Tabla 3, se representan como SSPx-y, donde x se refiere a la Vía Socioeconómica Compartida (SSP, por sus siglas en inglés), mientras que, y, describe las tendencias socioeconómicas asociadas al escenario, mostrando su nivel de forzamiento radiativo. Estos escenarios son: SSP1 – 1.9, SSP1 – 2.6, SSP2 – 4.5, SSP3 – 7.0 y SSP5 – 8.5 (IPCC, 2022).

Tabla 3*Escenarios SSP del Sexto Reporte de Evaluación AR6 (IPCC, 2022)*

Escenario	Emisiones
SSP5-8.5	Muy altas
SSP3-7.0	Altas
SSP2-4.5	Medias
SSP1-2.6	Bajas
SSP1-1.9	Muy bajas

Nota. Emisiones de los escenarios del Sexto Reporte de Evaluación AR6. IPCC (2022). Tomado de: [IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf](#)

Cabe mencionar que, en el segundo reporte del AR6, IPCC (2022), se dio a conocer que, los esfuerzos de adaptación han incrementado, pero aún existen brechas entre las medidas de adaptación implementadas y las metas propuestas, siendo estas más evidentes entre las poblaciones de menores ingresos. Además, es importante acelerar el ritmo de las acciones de adaptación mediante la consolidación del compromiso político y un marco institucional consistente, la transmisión del conocimiento de los impactos y riesgos del cambio climático que permita generar respuestas de adaptación, la ejecución del seguimiento y evaluación de las medidas de adaptación, así como el establecimiento de una gobernanza inclusiva que priorice la equidad y la justicia climática.

Hausfather (2019), subraya la importancia que, en los informes del IPCC, las proyecciones climáticas se presentan bajo cinco escenarios (con los resultados del CMIP6) con una amplia gama de GEI, uso de la tierra y contaminantes del aire, de los evaluados en el AR5. Estos escenarios consideran además la actividad solar y el forzamiento de fondo de los volcanes. Los resultados se muestran para tres periodos: 2021 – 2040 (corto plazo), 2041 – 2060 (mediano plazo) y 2081 a 2100 (largo plazo).

4.6. Estadísticos para Validar lo Cambios de Uso del Suelo

El uso de estadísticos para validar la proyección cartográfica del cambio de uso de suelo, es fiable, dada la eficacia y exactitud espacial, que le otorga el uso de bases de datos geográficos, integrados a un Sistema de Información Geográfico (De Antueno, 2020). Por lo que es necesario

conocer los patrones de cambio de uso de suelo, para poder diseñar la planificación del mismo, evaluando el constante problema de la conversión acelerada del suelo y las necesidades analíticas de conservación de la biodiversidad (Palomeque de la Cruz, 2021).

4.6.1. Modelo de Regresión Logística

El modelo de regresión logística, relaciona las distintas coberturas de uso de suelo, y sus fuerzas motrices o factores impulsores (*drivers*), generando la probabilidad de la presencia o ausencia de cada uso para cada ubicación en función de la fuerza motriz que lo ejerce (Rojas et al., 2010).

La regresión logística construirá una relación de regresión multivariada entre una variable dependiente (bosque, paramo, zona antrópica, entre otros), la cual tendrá valores entre 0 y 1, siendo una variable dicotómica, y un conjunto de variables independientes (vías, pendiente, precipitación, entre otras), las cuales son variables independientes, siendo estas numérica o categóricas, sin necesidad de seguir una distribución normal (Menard, 2011).

Pineda et al. (2008), define el modelo de regresión logística por la siguiente ecuación:

$$\log \left(\frac{p}{1-p} \right) = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

Donde:

p = probabilidad de que ocurra el evento de interés.

x_1, x_2, \dots, x_n = variables explicativas.

a y b = coeficientes estimados en el modelo.

4.6.2. Estadístico kappa de Cohen

El Índice de *Kappa*, es un instrumento diseñado por Cohen, que ajusta el efecto del azar en la proporción de la concordancia observada. Utilizándose para evaluar la precisión de un modelo de cambio de uso de suelo, comparando mapas de uso predicho, con mapas reales (Vera, 2020).

La fórmula para el coeficiente de *kappa* de Cohen, es la siguiente:

$$K = \frac{Po - Pe}{1 - Pe}$$

Donde:

Po = es el acuerdo observado relativo.

Pe = es la probabilidad hipotética de acuerdo por casualidad.

El *Kappa* de Cohen siempre varía entre 0 y 1 como se presenta en la Tabla 4, donde 0 indica que no hay acuerdo entre los dos mapas a evaluar, y cercanos o iguales a 1 demuestran un análisis confiable de la dinámica espacial del territorio que permite validar el modelo (Eastman, 2012).

La interpretación del coeficiente de *Kappa* de Cohen, de acuerdo a Ortega & Arias (2022), es la siguiente:

Tabla 4

Interpretación del coeficiente de los valores del estadístico Kappa de Cohen entre 0 y 1

Kappa Cohen	Interpretación
0	No existe acuerdo
0,10 – 0,20	Acuerdo leve
0,41 -0,60	Acuerdo moderado
0,61 – 0,80	Acuerdo sustancial
0,81 – 0,99	Acuerdo casi perfecto
1	Acuerdo perfecto

4.6.3. Curva de ROC

El estadístico de la Curva Característica de Operación del Receptor, es una herramienta estadística utilizada en el análisis de clasificación de la capacidad discriminante de una prueba diagnóstica dicotómica. Es ampliamente utilizada para evaluar el rendimiento de los modelos

espaciales que producen mapas de probabilidad de la ocurrencia de ciertos eventos como los cambios de uso de suelo (Segura, 2023).

En Land Change Modeler, se utiliza para validar un modelo de cambio de cobertura del suelo, esta técnica comprar un mapa de cambio real con mapas de idoneidad modelada para el cambio de cobertura de suelo. Esta curva se genera trazando la tasa de verdaderos positivos (TPR, *True Positive Rate*), contra la tasa de falsos positivos (FPR, *False Positive Rate*) para diferentes umbrales de decisión (Eastman, 2016).

Las fórmulas para calcular estas tasas, según Miranda (2021), son las siguientes:

Tasas de Verdaderos Positivos (TPR): Es la proporción de observaciones positivas que fueron correctamente predichas como positivas, se calcula como:

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN}$$

Donde:

TP = Verdaderos positivos que fueron correctamente identificados.

FN = Falsos negativos que fueron incorrectamente identificados como negativos.

Tasas de Falsos Positivos (FPR): Es la proporción de observaciones negativas que fueron incorrectamente predichas como positivas, se calcula como:

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN}$$

Donde:

FP = Falsos positivos que fueron incorrectamente identificados como positivos.

TN = Verdaderos negativos que fueron correctamente identificados.

4.7. Land Change Modeler, para Estimar Cambios de Uso de Suelo.

Land Change Modeler del software IDRISI TERRSET, es una herramienta innovadora de planificación territorial y apoyo en la toma de decisiones. Con un flujo de trabajo automatizado, esta herramienta simplifica las complejidades del análisis de cambios en el uso del suelo, permitiendo a los usuarios analizar rápidamente los cambios en la cobertura del suelo, modelar

empíricamente las relaciones con variables explicativas, y simular escenarios futuros de cambio de suelo hacia futuro (Eastman, 2016).

Land Change Modeler for Ecological Sustainability (LCM), realiza un análisis cuantitativo de imágenes en diferentes fechas o años, mediante una matriz de tabulación cruzada, donde una tabla con arreglos simétricos permite ubicar con gran precisión la cantidad de cambios, las permanencias y transformaciones sean estas ganancias, pérdidas, cambio neto y transiciones de las coberturas entre las dos fechas a analizar (Peña, 2018; Reynoso et al., 2016).

Además, muestra las frecuencias con las cuales las clases han permanecido iguales (a lo largo de la diagonal) o han cambiado (fuera de la diagonal), dado que una vez obtenida la matriz de tabulación cruzada, se pueden calcular y determinar parámetros de análisis de cambio de usos de suelo a través del tiempo (Reynoso et al., 2016).

Esta herramienta permite obtener la transición entre categorías, así como, determinar el error estadístico de la matriz de tabulación cruzada, evaluada con CROSSTAB que se encuentra integrado el software IDRISI TERRSET. Este módulo genera un índice promedio Kappa, el cual debe sobrepasar un valor de 0.70, para indicar una correlación óptima entre los dos mapas de usos de suelo de fechas distintas (Reynoso et al., 2016).

4.7.1. Características principales de Land Change Modeler

Eastman (2016), menciona en su manual las siguientes características a tener en cuenta a la hora de usar el Land Change Modeler, como:

Análisis de Cambio de Tierras:

- Proporciona un conjunto de herramientas para la evaluación rápida y el mapeo del cambio, lo que permite evaluaciones con un simple clic de las ganancias y pérdidas de la cobertura del suelo, el cambio neto y la persistencia, tanto en forma de mapa como gráfica.
- Identifica tendencias subyacentes en cambios complejos en la tierra mediante una herramienta de abstracción de cambios.

Modelado del Potencial de Transición de la Tierra:

- Modela el potencial de transición de la cobertura terrestre, expresando la probabilidad de futuros cambios mediante diversas metodologías. El procedimiento de modelado empírico de potencial de transición Sim Weight, se basa en el algoritmo de aprendizaje automático modificado del vecino más cercano a K, que se muestra en este gráfico, se puede usar para

modelar escenarios junto con la red neuronal Multi-Layer Perceptron y las opciones e regresión logística.

- Incluye variables dinámicas que explican o impulsan el cambio.

Predicción de Cambios:

- Considera intervenciones de planificación, incentivos y limitaciones, como áreas de reserva y cambios de infraestructura, al modelar escenarios futuros, creando mapas de escenarios sólidos o suaves que muestran la vulnerabilidad al cambio.
- Valida la calidad de los mapas de cobertura terrestre predichos en comparación con mapas de la realidad mediante una tabulación cruzada de tres vías que informa aciertos, fallos y falsas alarmas.

Análisis REDD:

- Proporciona una contabilidad completa de las emisiones de referencia de CO₂ y no CO₂ para un área de proyecto REDD y las reducciones que se esperaría como resultado de las actividades del proyecto REDD. Se genera un conjunto de 19 tablas siguiendo la lógica de la metodología del Fondo del Biocarbono del Banco Mundial.

4.8. Cadenas de Márkov

Simulan una predicción de un sistema a un tiempo determinado partiendo de dos estados anteriores. El algoritmo compara dos mapas de la ocupación de suelo que suceden en un tiempo cronológico estima y configura una matriz probable de transición, donde el nivel de cada pixel expresa la probabilidad de pertenecer el uso analizado (Reynoso et al., 2016). Esto significa que la modelización no tiene en cuenta las variables explicativas y descriptivas, sino que se basa exclusivamente en el análisis de la dinámica interna del sistema (Eastman, 2012).

Según Ortega (2017), es un procedimiento a tiempo discreto de una sucesión de variables aleatorias X_n , $n \geq 1$ que toman valores en un conjunto infinito o numerable E , conocido como espacios de estados, y que satisface la siguiente propiedad:

$$P(X_{n+1} = j | X_0 = i_0, \dots, X_{n-1} = i_{n-1}, X_n = i_n) = P(X_{n+1} = j | X_n = i_n)$$

Para todo n y cualquiera estados i_0, i_1, \dots, i_n, j en E . La propiedad de la ecuación se conoce como la propiedad de Márkov.

4.8.1. Implementación de Redes Neuronales

Es una herramienta de aprendizaje automático, para modelar y predecir los cambios de uso del suelo. Estas redes imitan la forma de proceso de información del cerebro humano, y aprenden o reconocen patrones, como clasificar las imágenes satelitales en diferentes tipos de uso de suelo. En cada interacción, la red neuronal se actualiza para ajustarse al conjunto de entrenamiento, y el resultado realizado cuando se obtenga la proyección se verifica con la validación utilizando los estadísticos adecuados (Reynoso et al., 2016).

En el Land Change Modeler, las redes neuronales se usan para modelar probabilidades de transición de las cadenas de Markov. En este módulo se emplea un filtro de contigüidad de 5 x 5 píxeles para predecir cambios celulares significativos (Eastman, 2016).

Es importante tener en cuenta que la implementación específica de las redes neuronales puede variar dependiendo de los detalles del modelo de cambio de uso de suelo que se esté utilizando (López, 2019).

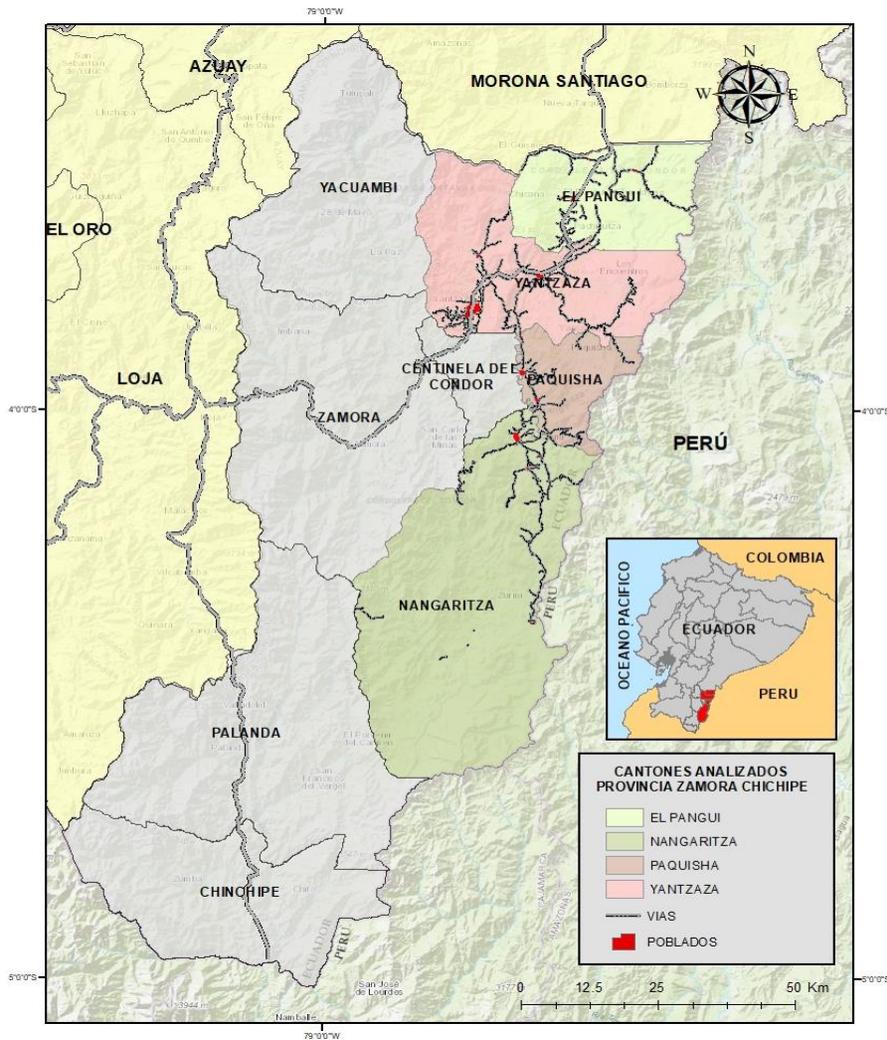
5. Metodología

5.1. Área de estudio

El análisis de cobertura de suelo, se realizó en la región sur del Ecuador, en la provincia de Zamora Chinchipe como se observa en la Figura 2, en los cantones, Nangaritza (2 023,54 km²), Paquisha (339,22 km²), Yantzaza (1 043,46 km²), y el Pangui (604,77 km²) (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Zamora Chinchipe, 2019).

Figura 2

Mapa de ubicación del área de estudio en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y El Pangui



Nota. Elaboración propia.

5.1.1. Nangaritza

El cantón Nangaritza se encuentra ubicado en la parte centro oriental de la provincia de Zamora Chinchipe, limitando al norte con los cantones Centinela del Condor y Paquisha, al sur con el cantón Palanda y la Republica del Perú, al este con la Republica del Perú, y al oeste con el cantón Palanda y Zamora, con coordenadas geográficas 78° 40' 56'' de Longitud Oeste y 4° 2' 46'' de Latitud Sur. Ocupa un relieve variado que va desde los 915 m s.n.m, hasta un relieve de montaña que alcanza los 3 105,85 m s.n.m. (Alto Nangaritza). Alberga una población de 7 494 habitantes. Su clima registra temperaturas entre 20 a 24 °C, y una precipitación que oscila entre 1 100 y 2 600 mm. (Gobierno Autónomo Descentralizado Cantonal de Nangaritza, 2019).

5.1.2. Paquisha

Limita al norte con el cantón Yantzaza, por medio de la Cordillera del Cóndor; al sur con el cantón Nangaritza; al este la Republica del Perú, y al oeste con el cantón Centinela de Cóndor. Sus coordenadas geográficas son 78° 40' 27'' de Longitud Oeste y 3° 56' 56'' de Latitud Sur. El cantón Paquisha se emplaza sobre un territorio que va desde los 812 m s.n.m., hasta un relieve de montaña que alcanzan los 3 700 m s.n.m. Alberga una población de 3 854 habitantes. Su clima es templado, con una temperatura máxima de 24 °C, y una precipitación media anual de 2 550 mm. (Gobierno Autónomo Descentralizado Cantonal de Paquisha, 2019).

5.1.3. Yantzaza

Considerada como la capital comercial de la provincia de Zamora Chinchipe. Limita al norte con el cantón Panguí, al sur con el cantón Centinela del Condor, al este con la Republica del Perú, y al oeste con el cantón Yacuambi y Zamora. Sus coordenadas geográficas son 78° 45' 32'' de Longitud Oeste y 3° 4' 42'' de Latitud Sur. Tiene un relieve que va desde los 3 835 m s.n.m representada por la cordillera del Sadal, hasta los 810 m s.n.m. en los valles aluviales ubicados en los complejos fluviales de los ríos Zamora, Nangaritza y Chicaña, con una población de alrededor de 36 302 habitantes. Su clima tiene una variación promedio anual de 23°C a 11°C, y una precipitación que va desde los 2 654,41 hasta los 1 850,75 mm (Gobierno Autónomo Descentralizado Cantonal de Yantzaza, 2019).

5.1.4. El Panguí

Ubicado al Nor-Este de la Provincia de Zamora Chinchipe, limita al norte con el cantón Gualaquiza, al sur con el cantón Yantzaza, al este con la Republica del Perú, y al oeste con el cantón Yantzaza. Su altitud oscila desde los 748 hasta los 2 150 m s.n.m. Cuenta una población de

8 619 habitantes. Su clima fluctúa temperaturas promedio anuales de 15 a 25 °C y una precipitación que va desde los 1 750 hasta los 2 500 mm (Gobierno Autónomo Descentralizado Cantonal de El Panguí, 2019).

5.2. Materiales

Para esta investigación se utilizó el programa ESRI. (2016). ArcGIS (Versión 10.5) [Software], para el análisis de coberturas de uso de suelo del MAATE, y fuerzas motrices antropogénicas o naturales de la zona de estudio que se presentan en la Tabla 7.

De igual manera, se usó el módulo de TerrSet, (2020). Land Changuer Modeler (Versión 1). [Software]. para realizar las proyecciones tendenciales a futuro bajo escenarios AR6 IPCC, para los años 2030, 2050 y 2080.

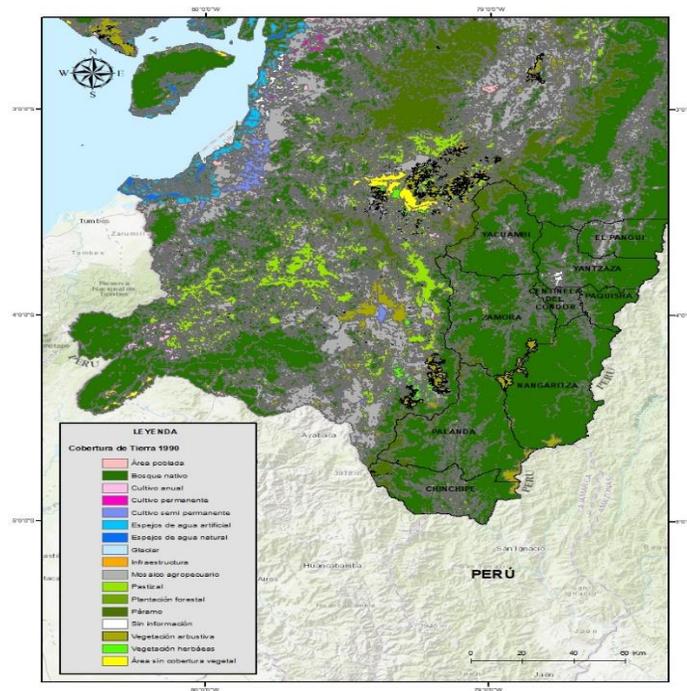
5.3. Métodos

5.3.1. Determinar las Principales Fuerzas Motrices que Influyen sobre las Dinámicas de Cambio de Uso de Suelo en los Cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzatza y el Pangui.

5.3.1.1. Selección de Coberturas de uso de suelo. Se trabajó con los mapas de coberturas de suelo proporcionadas por el MAATE a una escala de 1:100.000 para los años 1990 como se observa en la Figura 3, 2000 y 2014, y 2018. Estos mapas fueron seleccionados debido a su alta calidad, lo que permitió una evaluación detallada de los cambios en la cobertura de suelo.

Figura 3

Mapa interactivo, cobertura de tierra y uso año 1990, Región 7, Ecuador



Nota. El mapa representando la cobertura de tierra y uso del año 1990, de la Provincia de Zamora Chinchipe y parte de la Región 7 (Loja y El Oro). Tomado de: ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/

Dichos mapas de cobertura muestran el uso de la tierra del Ecuador Continental. El primer nivel de la leyenda corresponde a las 6 clases definidas por el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). El segundo nivel corresponde a 16 clases que fueron acordadas a través de varios talleres por las entidades encargadas de la generación de información

de cobertura de la tierra: Ministerio del Ambiente (MAATE), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE).

Una vez descargados los datos de cobertura del suelo proporcionados por el mapa interactivo del MAATE, se llevó a cabo un análisis detallado de cada cobertura para observar su contenido realizando un criterio de selección. Este análisis aseguró que todas las clases tengan similitud en las coberturas como se presenta en la Tabla 5, permitiendo así posteriormente realizar un trabajo individual con cada fuerza motriz al momento del análisis. Para este propósito, se cargaron las coberturas en ArcGIS, donde se observó y analizó cada una de ellas. Como resultado de este análisis, se determinó que las coberturas de uso de suelo más adecuadas para trabajar serían las correspondientes a los años 1990, 2000 y 2014.

Tabla 5

Contenido de las coberturas de los años 1990 – 2000 -2014

Cobertura 1990	Cobertura 2000	Cobertura 2014
Área Poblada	Área Poblada	Área Poblada
Área sin cobertura vegetal	Área sin cobertura vegetal	Área sin cobertura vegetal
Bosque nativo	Bosque nativo	Bosque nativo
Cultivo anual	Cultivo anual	Cultivo anual
Natural	Infraestructura	Cultivo permanente
Páramo	Mosaico Agropecuario	Cultivo semipermanente
Pastizal	Natural	Infraestructura
Tierra Agropecuaria	Páramo	Mosaico Agropecuario
Vegetación arbustiva	Pastizal	Natural
Vegetación herbácea	Vegetación arbustiva	Páramo
Sin información	Vegetación herbácea	Pastizal
		Vegetación arbustiva

Las coberturas correspondientes a los años 2016, 2018 y 2020 fueron descartadas del estudio. A pesar de que estas coberturas poseen una escala 1:25 000, que normalmente proporciona mayor nivel de detalle, no se podía homologar la información, al tomar criterios espaciales, por lo

que se consideró como una limitación metodológica. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la elección de la escala y los datos a utilizar depende en gran medida del propósito del modelo y de la coherencia entre el conjunto de datos.

Luego de realizar una reclasificación en el ArcGIS, para las coberturas seleccionadas (año 1990 -2000 -2014), se determinó 6 clases para las tres coberturas de uso de suelo a analizarse que se presentan en la Tabla 6, quedando establecidas de la siguiente manera:

Tabla 6

Coberturas de uso de suelo seleccionadas para trabajar con las fuerzas motrices

Cobertura 1990 -2000 -2014	Clase
Agricultura	1
Bosque	2
Cuerpos de agua	3
Matorrales	4
Suelos desnudo	5
Urbano	6

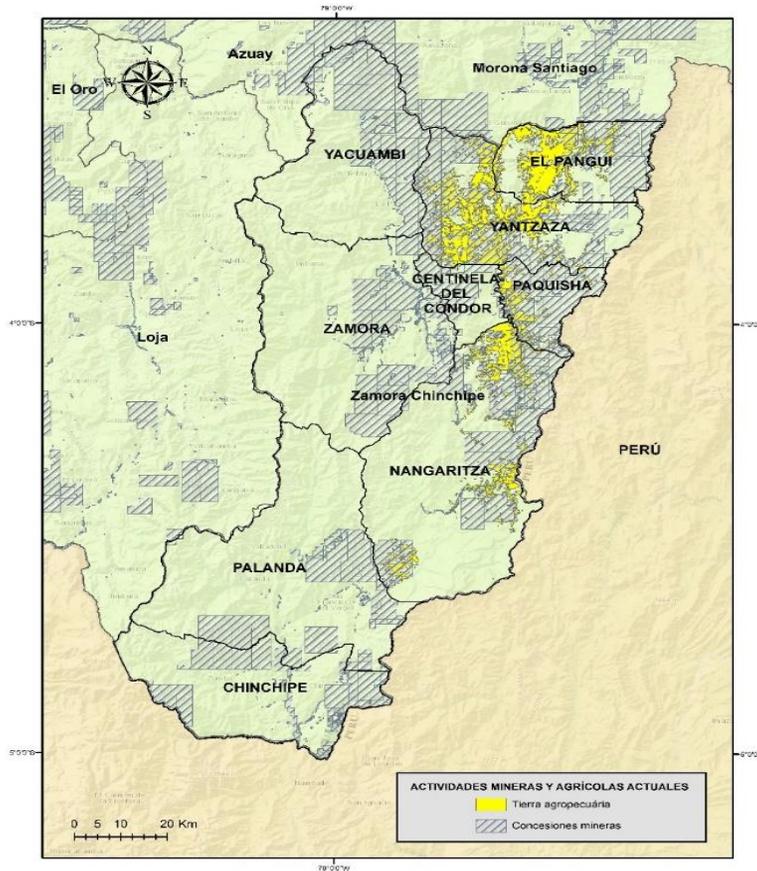
Nota. Elaboración propia. Esta tabla muestra el valor de clase que se le dio a cada cobertura que vas desde el 1 al 6.

5.3.1.2. Selección de los Cuatro Cantones (El Pangui, Yantzaza, Paquisha y Nangaritza), como Zona de Estudio. Este trabajo forma parte del Proyecto Biogeografía del cambio climático en el Sur del Ecuador: Dinámicas de cambio de uso de suelo y su influencia en la distribución espacial y temporal de especies vegetales (20 - DI - FARNR - 2021). Para lo cual, en colaboración COMUNIDEC una fundación de desarrollo, se identificaron los cantones donde predominan las actividades antrópicas que alteran el uso de suelo, como la agricultura, zonas pobladas y minera, como se observa en la Figura 4. Con base en este análisis, se seleccionaron los cantones El Pangui, Yantzaza, Paquisha y Nangaritza para un estudio más detallado.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el rendimiento y precisión del análisis en el Land Change Modeler dependió de la calidad y resolución de los datos de entrada, las transiciones de suelo, de cada fuerza motriz, para la capacidad de procesamiento de datos.

Figura 4

Mapa de las actividades agrícolas y mineras de los cantones El Pangui, Yantzaza, Paquisha y Nangaritza



Nota. Elaboración propia.

5.3.1.3. Análisis de Fuerzas Motrices. El enfoque principal en el análisis de fuerzas motrices o drivers, es la identificación de factores físicos y socioeconómicos que influyen y determinan la presión sobre el cambio de uso del suelo en un territorio específico. Esta identificación es crucial para entender y predecir cómo y por qué el uso del suelo puede cambiar en el futuro. Por consiguiente, se seleccionó las fuerzas motrices (*drivers*) que influyen en el cambio de uso de suelo en los cuatro cantones analizados como se presentan en la Tabla 7, como la extensión de las actuales áreas urbanas, las principales vías de transporte, las condiciones topográficas y la existencia de tierras en situación especial.

Tabla 7

Fuerzas motrices impulsoras de cambio analizadas para trabajar con el modelo LCM

Variable	Grupo	Rol
Modelo de elevación digital (DEM)	Fisiográfico	Driver
Pendiente		Driver
Precipitación	Climático	Driver
Temperatura		Driver
Distancia a la red de carreteras		Driver
Distancia a la red hidrológica		Driver
Distancia a centros urbanos	Antrópico	Driver
Distancia a campos mineros		Driver
Distancia a los campos forestales		Driver
Distancia a los campos agrícolas		Driver
Distancia a áreas protegidas	Antrópico	Restricción
Red de áreas protegidas		Restricción

Nota. Elaboración propia

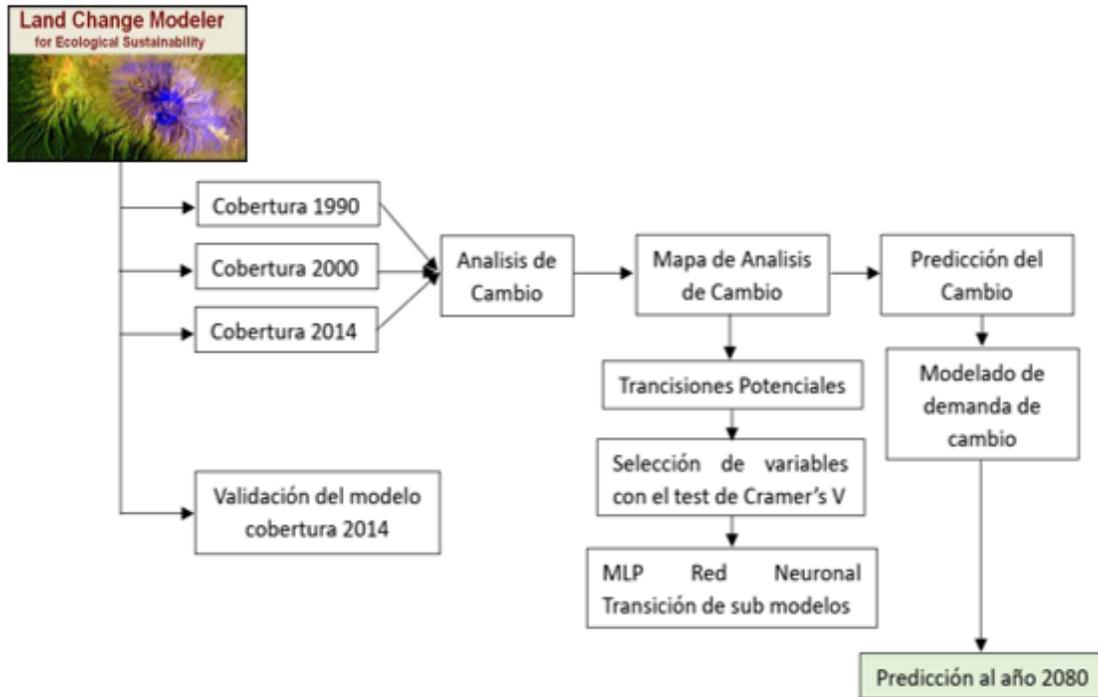
En cuanto a las variables distancia de áreas protegidas, y red de áreas protegidas, se consideraron como restricciones, por cuanto a través del tiempo no han tenido ningún cambio en su cobertura de suelo.

5.3.1.4. Uso del Módulo Land Change Modeler, para selección de fuerzas motrices. Tras recopilar información disponible de diversas variables climáticas, antrópicas de la zona de estudio que se presentan en la Tabla 7, se determinó cuál de estas variables tenía mayor relevancia en el análisis geográfico de la zona.

La determinación de las variables estadísticamente significativas, de estas fuerzas motrices o *drivers* (variables explicativas del cambio de uso de suelo), se obtuvo mediante el coeficiente de Cramer's V dentro del módulo de simulación de coberturas y uso de suelo Land Change Modeler de TerrSet (2020), como podemos ver en la Figura 5. El cual permitió determinar la incidencia que tiene cada fuerza motriz o *drivers* (variable independiente) para cada uso de suelo (variable dependiente),

Figura 5

Flujo metodológico del uso del modelo Land Change Modeler de TerrSet (2020)



Según Eastman (2016), los valores de V de Cramer de $\geq 0,15$ se consideran excelentes y buenos, respectivamente, y los valores $\leq 0,15$ deben ser eliminados del modelo.

Sin embargo, Henríquez et al., (2018), menciona que, para un óptimo desarrollo de metodologías de simulación de coberturas y usos de suelo en modelos probabilísticos, es óptimo realizar la selección de variables que no son estadísticamente correlacionadas (valor Cramer's $< 0,15$), para que exista un ajuste adecuado al modelo, por lo que es necesario realizar regresiones logísticas para cada uno de los usos de suelo y coberturas donde se va a poder apreciar las fuerzas motrices para los diferentes usos analizados.

5.3.2. Modelar los Cambios de Uso de Suelo y sus Efectos, en Función de Escenarios Climáticos AR6-IPCC

Para cumplir este objetivo se simularon los cambios ocurridos entre los años 2014 y 2080, por medio de la simulación de cambios de uso de suelo en base a los usos y coberturas de suelo existentes y a sus fuerzas motrices, que vienen de la identificación de demanda y restricciones de uso de suelo (Verburg et al., 2002).

5.3.2.1. Descarga de Variables Bioclimáticas. Se utilizaron las variables bioclimáticas de WorldClim versión 2.0 (Fick et al., 2017), referente a los escenarios AR6 del IPCC; SSP1 – 2.6 (bajas emisiones), SSP3-7.0 (emisiones altas) y SSP5-8.5 (emisiones muy altas), las mismas que tienen una resolución espacial de ~1 km² (Tabla 6).

Tabla 8

Variables bioclimáticas utilizadas del WorldClim

Nombre	Descripción	Unidades
BIO 1	Temperatura promedio anual	°C
BIO12	Precipitación anual	mm

Posteriormente, se llevó a cabo el proceso del *dowscaling* utilizando el software SAGA GIS 7.8.2.(2021). En este proceso se importaron las variables climáticas correspondientes a los escenarios SSP1 – 2.6 (bajas emisiones), SSP3-7.0 (emisiones altas) y SSP5-8.5 (emisiones muy altas), las cuales estaban a una resolución de 5 km. Además, se importó el Modelo de Elevación Digital (DEM) de la zona de estudio, con una resolución de 1 km. El objetivo de este proceso era ajustar la resolución de las variables climáticas a la del DEM. De esta manera, una vez procesadas, las variables sean utilizadas en el Land Change Modeler con la misma resolución, permitiendo realizar proyecciones más precisas.

5.3.2.2. Proyecciones con la Red Neuronal del Módulo LCM. Para llevar a cabo estas simulaciones, se utilizó el software Land Change Modeler de TerrSet. Este software implementa una red neuronal artificial, de tipo perceptrón multicapa, para estimar las probabilidades de transición entre las categorías de uso de suelo, en función de las variables explicativas y las restricciones espaciales. La red neuronal se entrenó con los datos históricos de uso de suelo de los años 1990, 2000 y 2014, para mejorar su precisión con el tiempo, de manera que una vez que el algoritmo de aprendizaje se ajustó de manera precisa, permitió clasificar y agrupar los datos a gran velocidad.

Se debe tener en cuenta que, al trabajar las interacciones en la red neuronal de tipo perceptrón multicapa, con las distintas transiciones de uso de suelo de las coberturas utilizadas y fuerzas motrices seleccionadas, el error cuadrático medio, tuvo que ser menor a 0.25 y la tasa de precisión y exactitud mayor al 75 %, lo cual permitió aceptar el modelo, para realizar la proyección

para los años 2030, 2050 y 2080, bajo los escenarios climáticos del AR6, IPCC, SSP1-2.6, SSP3-7.0 y SSP5-8.5.

5.3.3. Cuantificar las Trayectorias de Cambio de Uso de Suelo en el Período 1990 – 2080, bajo Escenario Climáticos AR6-IPCC

Para realizar el análisis espacio temporal de las trayectorias de uso de suelo, se utilizó el módulo Land Change Modeler for ecological sustainability integrado en el software IDRISI TerrSet® (2020), y desarrollado como una aplicación orientada al estudio del cambio de la cobertura y uso del suelo (Eastman, 2016). Este módulo es apoyado con la generación de una matriz de tabulación cruzada con el comando CROSSTAB del mismo software. Este análisis varía en el número de fechas de colecta; es decir, en más de dos periodos (Pontius et al., 2004).

Una vez que se obtuvo los mapas proyectados para los años 2030, 2050 y 2080 por cada escenario, se procedió a identificar la ganancia de la actividad agrícola y pérdida de bosque, en el simulador de ganancias y pérdidas en el LCM

De igual manera, se obtuvieron los mapas de cambio y persistencia, de cada escenario AR6, IPCC, SSP1-2.6, SSP3-7.0 y SSP5-8.5, para los años 2030, 2050 y 2080, con el fin de realizar diagramas de transición, que muestran el área que va a mantenerse a través del tiempo y la tasa de cambio de cada categoría de uso de suelo.

5.3.3.1. Calibración y Validación del Modelo. La calibración del modelo se realizó utilizando los datos de la cobertura de suelo proyectada para el año 2014, resultado del modelo basado en las coberturas de suelo de los años 1990 y 2000 utilizadas en Land Change Modeler, con la cobertura del año 2014 observada.

Por lo tanto, la primera validación del modelo en el LCM, se realizó utilizando la curva ROC, para proporcionar una evaluación precisa de la capacidad del modelo para predecir cambios en la cobertura del suelo.

Y posteriormente se realizó otra validación utilizando el coeficiente kappa. Según Mishra & Rai (2016), un valor de coeficiente kappa por debajo de 0,4 muestra una mala concordancia, un valor entre 0,4 y 0,8 representa una concordancia moderada, y un valor superior a 0,8 muestra una fuerte concordancia.

5.3.3.2. Ejecución de Talleres en los GADs Municipales de la Zona de Estudio.

Para validar los modelos de uso de suelo ya generados en el software Land Change Modeler, se organizaron, con el apoyo de COMUNIDEC, Fundación de Desarrollo, talleres semi-estructurados en los cantones de Nangaritza, Paquisha, Yantzatza y el Panguí. Estos talleres contaron con la participación de diversos actores clave, incluyendo alcaldes, concejales, directores de planificación, jefes de control y regulación urbana (tomadores de decisiones), quienes aportaron información valiosa sobre la visión cantonal frente al crecimiento urbano, expansión de la frontera agrícola, deforestación y avance minero en el cantón al ser consultados con preguntas desarrolladas en mesas de trabajo como se presenta en la Tabla 9.

En cada mesa de trabajo, se realizó dos preguntas, de la siguiente manera:

Tabla 9

Preguntas implementadas en los talleres a los GADs Municipales de la zona de estudio

Preguntas		
Mesa 1	Mesa 2	Mesa 3
¿Hacia dónde se dirigirán los principales cambios de uso de suelo en los próximos 30 años?	¿Qué conflictos o tensiones se podrían esperar de estos cambios de uso de suelo?	¿Cuáles son los actuales instrumentos de planificación que determinan áreas de expansión urbana, donde se localizan?
¿Qué sectores y zonas serían las primeras en observar estos cambios?	¿En la actual planificación territorial del GAD cantonal, se involucra a los cantones vecinos?	¿Qué recomendaciones propondría para controlar y planificar de mejor modo el crecimiento urbano?

Los tomadores de decisiones, respondieron a estas preguntas basándose en los cambios observados en el uso de cada cantón. Al hacerlo tuvieron en cuenta diversas dinámicas territoriales de cada cantón, incluyendo la minería, la deforestación, el crecimiento urbano, la expansión de la frontera agrícola y el cambio climático.

6. Resultados

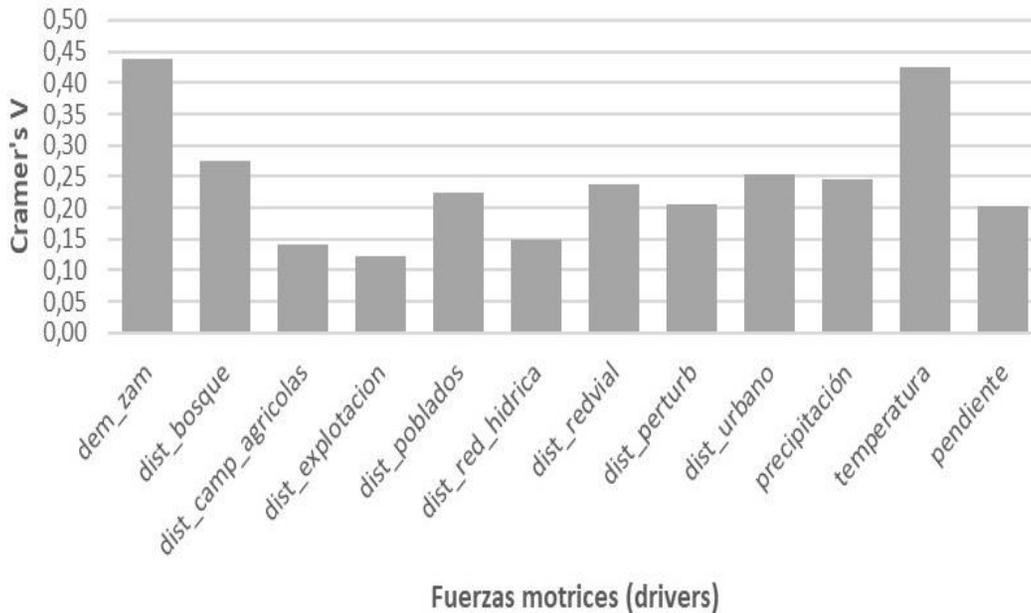
6.1. Determinar las Principales Fuerzas Motrices que Influyen sobre las Dinámicas de Cambio de Uso de Suelo en los Cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui.

6.1.1. Fuerzas Motrices o Drivers Establecidos

Los valores de las variables independientes que alcanzaron el valor de 0,15 como se observa en la Figura 6 y Figura 7, dentro del coeficiente de Cramer's V incorporado al módulo de simulación de coberturas y uso de suelo (Land Change Modeler de TerrSet (2020)), son el modelo de elevación digital (0,44), distancia bosques (0,28), distancia a la red hidrica (0,15), distancia a la red vial (0,24), distancia a perturbaciones (0,21), distancia a urbanizaciones (0,25), y variables como la precipitación (0,24), temperatura (0,42) y pendiente (0,20).

Figura 6

Fuerzas motrices impulsoras de cambio naturales y antropogénicas que cumplieron con el Cramer's en el LCM



Dichas fuerzas motrices impulsoras de cambio de uso de suelo, son aptas para continuar el análisis, con las coberturas de uso de suelo (1990 – 2000 – 2014), para las proyecciones de escenarios climáticos futuros AR6-IPCC, a los años 2030, 2050 y 2080.

El Test de Cramer's V, reveló que la fuerza motriz distancia a campos agrícolas (dist_camp_agricolas), sean estos permanente o transitorios, tienen un valor general de 0,14. Aunque este valor está por debajo de la media establecida de 0,15, en el análisis global de todas las coberturas, sin embargo, al realizar una evaluación independiente con cada cobertura, se observaron valores distintos. Por ejemplo, para el suelo desnudo el valor fue de 0,30, cuerpos de agua (0,25), y bosque (0,17). Este último valor indica que la proximidad a los campos agrícolas es una fuerza motriz que impulsa los cambios actuales en la cobertura de bosques, probablemente debido a las actividades relacionadas con la expansión de la frontera agrícola.

Tabla 10

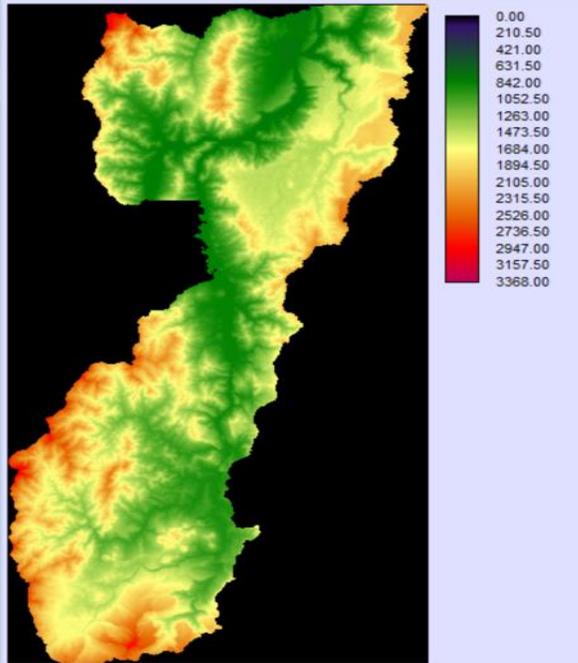
Selección de variables independientes por medio del Test Cramer's V

Fuerzas motrices (<i>drivers</i>)	Cramer's V
a) Modelo de elevación digital (dem_zam)	0,44
b) Distancia a bosques (dist_bosque)	0,28
c) Distancia a campos agrícolas (dist_camp_agricolas)	0,14
d) Distancia a explotaciones (dist_explotacion)	0,12
e) Distancia a poblados (dist_poblados)	0,22
f) Distancia a la red hidrica (dist_red_hidrica)	0,15
g) Distancia a la red vial (dist_redvial)	0,24
h) Distancia a perturbaciones 1990 -2000 (dist_perturb)	0,21
i) Distancia a urbanos (dist_urbano)	0,25
j) Precipitación	0,24
k) Temperatura	0,42
l) Pendiente	0,20

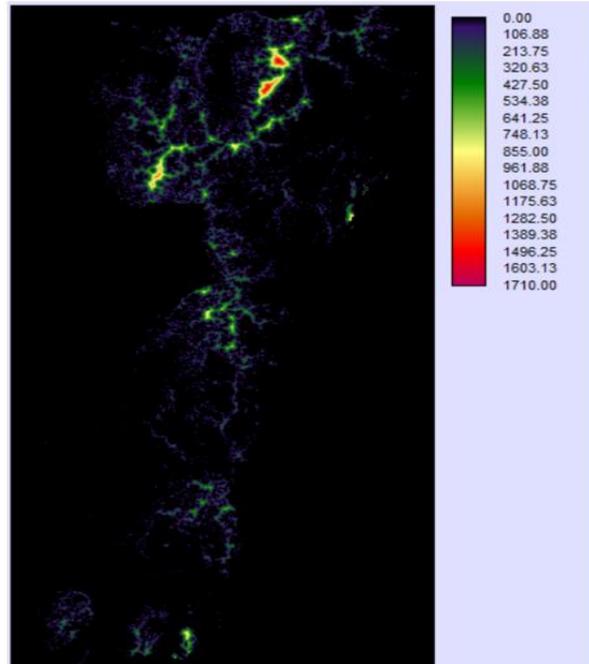
Figura 7

Fuerzas motrices naturales y antropogénicas usadas en el Land Changué Modeler

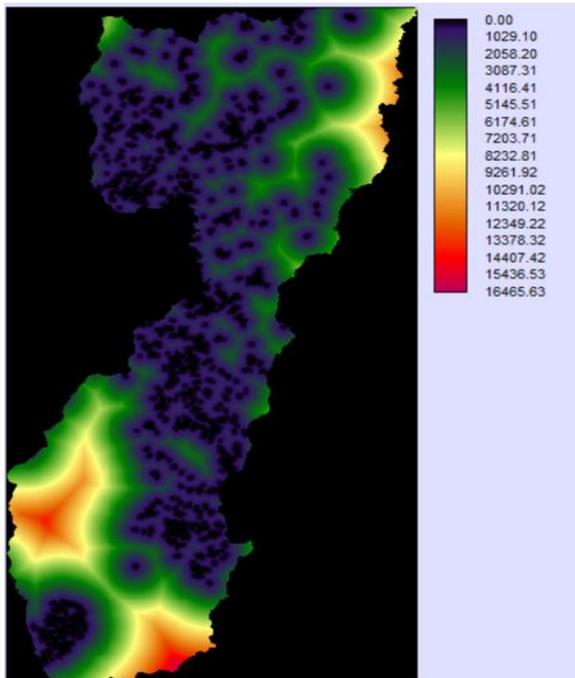
a) Modelo de elevación digital (dem_zam)



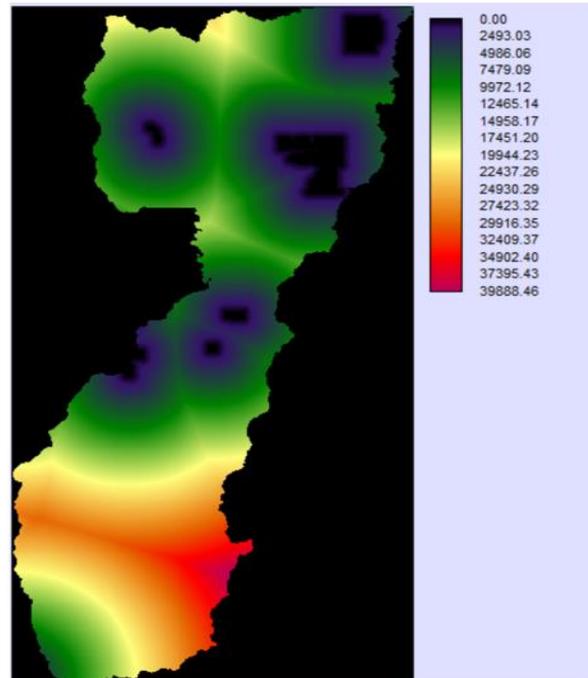
b) Distancia a bosques (dist_bosque)



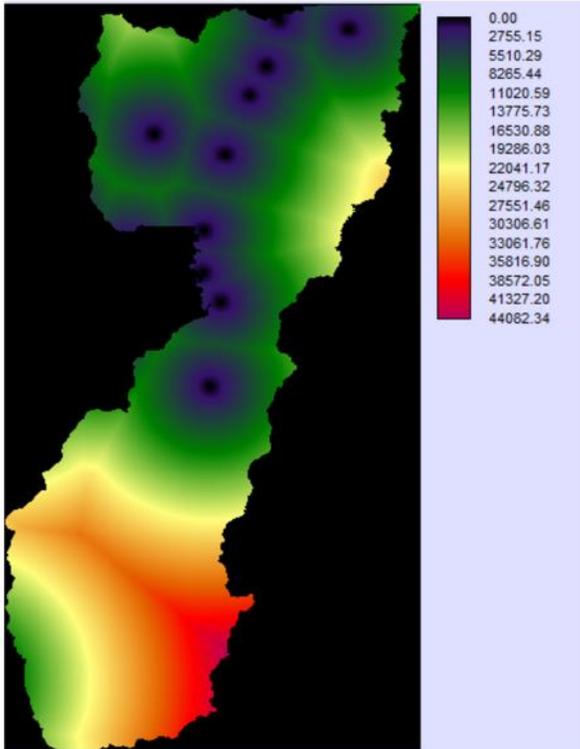
c) Distancia a campos agrícolas (dist_camp_agricolas)



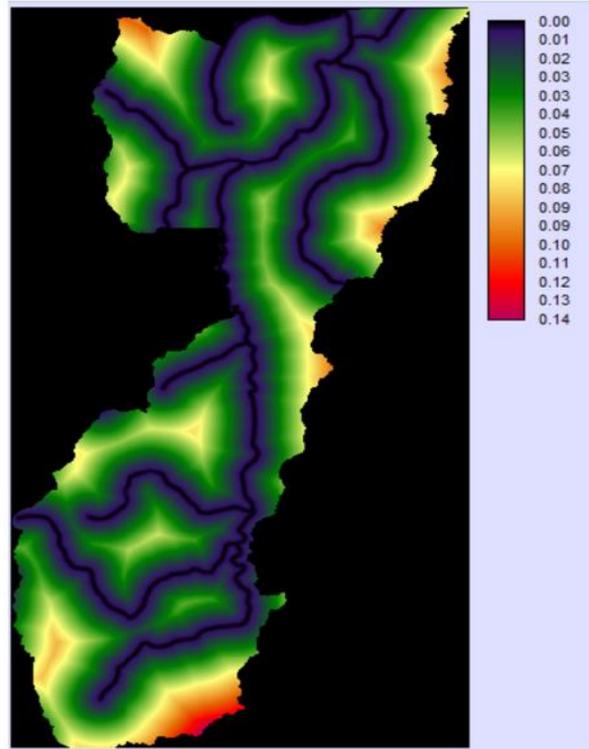
d) Distancia a explotaciones (dist_explotacion)



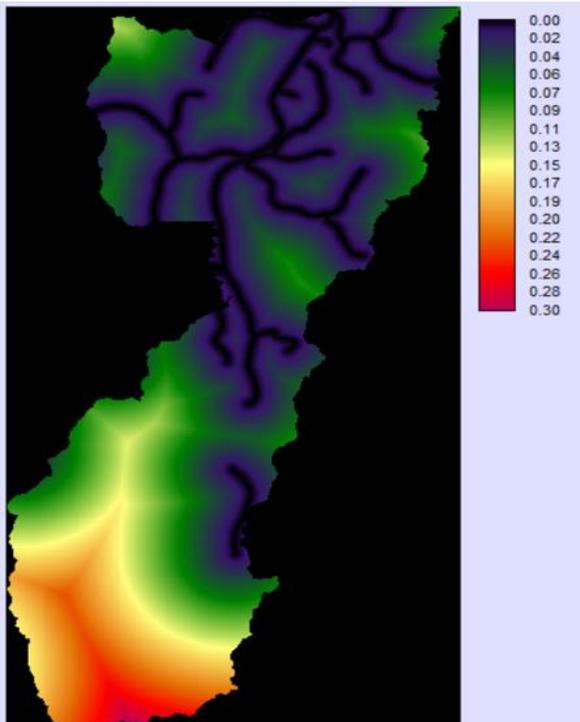
e) Distancia a poblados (dist_poblados)



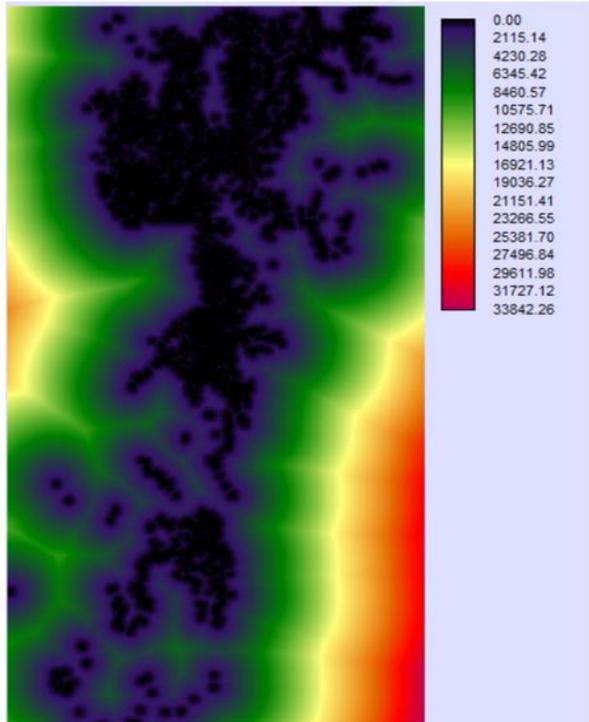
f) Distancia a la red hidrica (dist_red_hidrica)



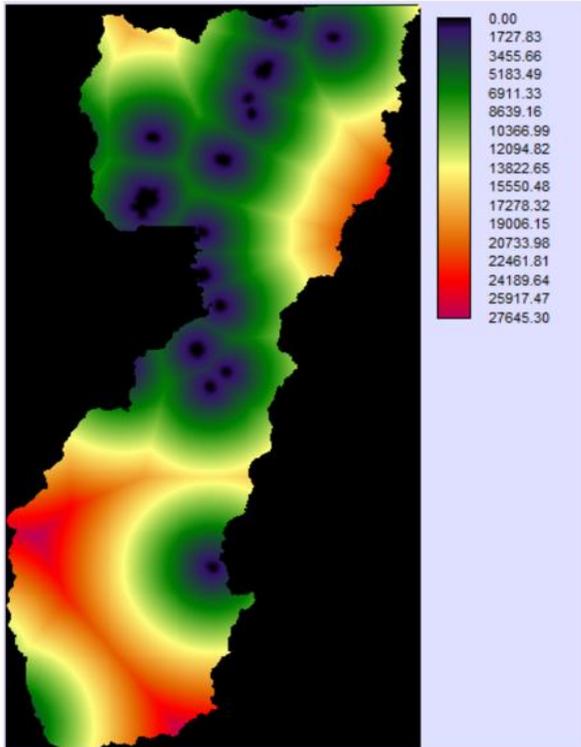
g) Distancia a la red vial (dist_redvial)



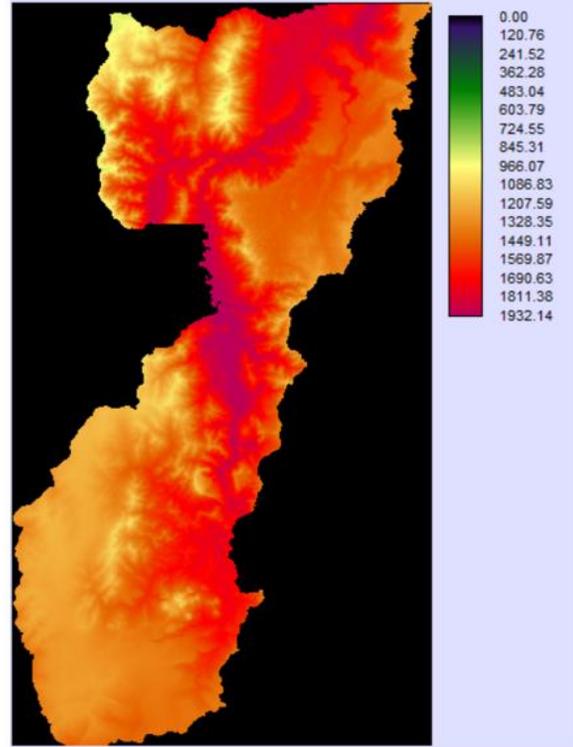
h) Distancia a perturbaciones 1990 -2000 (dist_perturb)



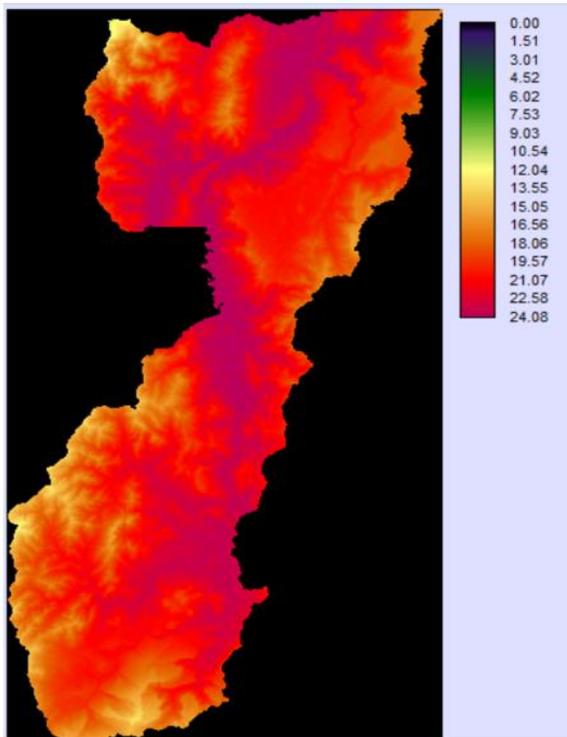
i) Distancia a urbanos (dist_urbano)



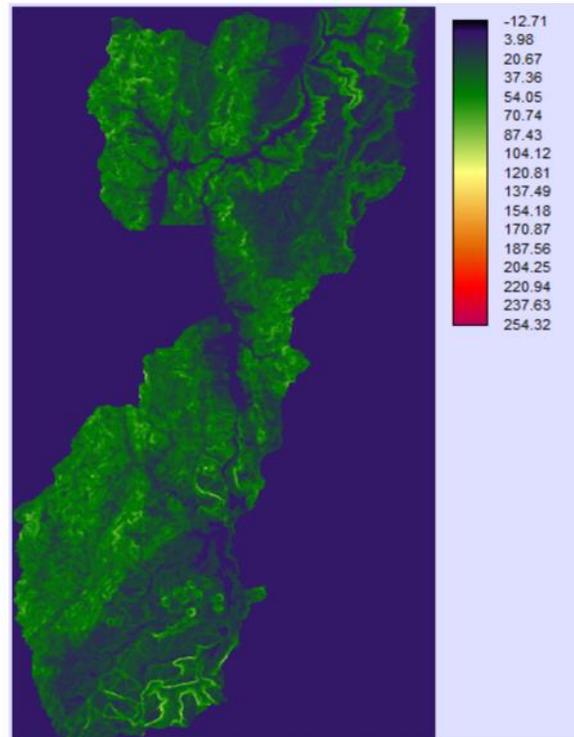
j) Precipitación



k) Temperatura



l) Pendiente



6.1.2. Validación del Modelo, con el Estadístico de Kappa

Utilizadas las coberturas de los años 1990 -2000 en el Land Change Modeler se generó una matriz con un estadístico *Kappa* como se presenta en la Tabla 11, para validar el modelo usando la cobertura observada del año 2014, con la proyectada del mismo año, obteniendo lo siguientes valores:

Tabla 11

Valores del estadístico Kappa resultado del modelo realizado en el LCM

Estadístico	Valor
kno	0.9403
klocation	0.9183
KloctaiionStrata	0.9183
Kstandard	0.9126

El valor de este estadístico se encuentra cercano a 1 acorde a lo mencionado por Eastman (2016), por lo que se determina que el modelo se encuentra validado, y es confiable para el análisis de la dinámica del territorio en los periodos de tiempo a utilizarse para realizar la proyecciones futuras.

6.2. Modelar los cambios de uso de suelo y sus efectos, en función de escenarios climáticos

AR6-IPCC

Los análisis realizados revelan los cambios en los usos de suelo, en función de los escenarios climáticos AR6 del IPCC seleccionados, tales como: SSP1-2.6 (desarrollo sostenible, bajas emisiones), SSP3-7.0 (rivalidad regional, emisiones altas), y SSP5-8.5 (desarrollo impulsado por combustibles fósiles, emisiones muy altas) como se observan en la Figura 8, Figura 9 y Figura 10. Estos resultados proporcionan información necesaria para evaluar el contexto del cambio climático hasta el año 2080. Así mismo, dicha información es importante para los tomadores de decisiones de los GAD Municipales de los cantones estudiados, en cuanto, a que les permitirá integrar soluciones que contribuyan a mitigar los impactos de los cambios actuales y futuros, en los usos de suelo.

En relación a la proyección para el año 2030, bajo los escenarios SSP1 – 2.6 (bajas emisiones), SSP3-7.0 (emisiones altas), y SSP5-8.5 (emisiones muy altas), con temperaturas que alcanzan un máximo de 24,81 °C, y una precipitación máxima de 1 967,65 mm, se observa que los valores de las coberturas de cambio de uso de suelo representados en la Tabla 12, tienen los siguientes valores:

Tabla 12

Valor de coberturas proyectadas para el año 2030, con los escenarios IPCC, AR6

Año 2030	
Escenarios SSP1 – 2.6 (bajas emisiones), SSP3-7.0 (emisiones altas), y SSP5-8.5 (emisiones muy altas)	
Cobertura	Valor (ha)
Agricultura	93 490,020
Bosque	294 928,200
Matorrales	7 408,350
Suelo desnudo	229,230
Urbano	1 698,930
Cuerpos de Agua	2 919,330

Nota. Elaboración propia.

Mientras que para el año 2050, bajo los escenarios SSP1 – 2.6 (bajas emisiones), SSP3-7.0 (emisiones altas), y SSP5-8.5 (emisiones muy altas), con temperaturas que alcanzan un máximo de 25,01 °C, y una precipitación máxima de 1 998,33 mm, se observa que los valores de las coberturas de cambio de uso de suelo representadas en la Tabla 13, tienen los siguientes valores:

Tabla 13*Valor de coberturas proyectadas para el año 2050, con los escenarios IPCC, AR6*

Año 2050	
Escenarios SSP1 – 2.6 (bajas emisiones), SSP3-7.0 (emisiones altas), y SSP5-8.5 (emisiones muy altas)	
Cobertura	Valor (ha)
Agricultura	107 079,930
Bosque	280 536,210
Matorrales	7 137,720
Suelo desnudo	249,840
Urbano	2 805,030
Cuerpos de Agua	2 919,330

Nota. Elaboración propia.

Y finalmente para el año 2080, bajo los escenarios SSP1 – 2.6 (bajas emisiones), SSP3-7.0 (emisiones altas), y SSP5-8.5 (emisiones muy altas), con temperaturas que alcanzan un máximo de 25,02 °C, y un máximo de precipitación de 2 019,08 mm, se observa que los valores de las coberturas de cambio de uso de suelo representadas en la Tabla 14, tienen los siguientes valores:

Tabla 14. *Valor de coberturas proyectadas para el año 2080, con los escenarios IPCC, AR6*

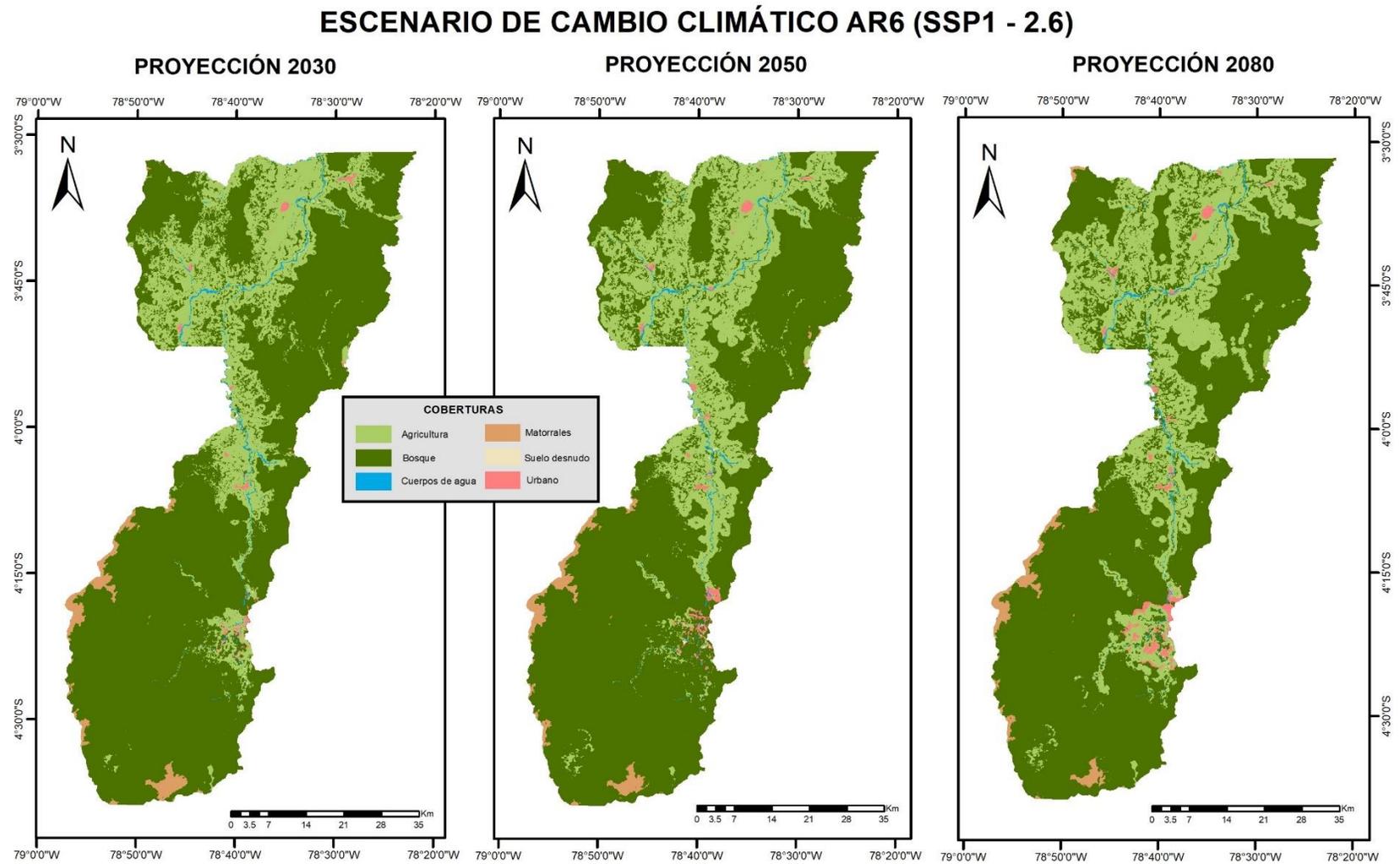
Año 2080	
Escenarios SSP1 – 2.6 (bajas emisiones), SSP3-7.0 (emisiones altas), y SSP5-8.5 (emisiones muy altas)	
Cobertura	Valor (ha)
Agricultura	118 261,530
Bosque	267 982,920
Matorrales	6 622,200
Suelo desnudo	265,680
Urbano	4 676,400
Cuerpos de Agua	2 919,330

Nota. Elaboración propia.

6.2.1. Escenario de Cambio Climático (SSP1 – 2.6)

Figura 8

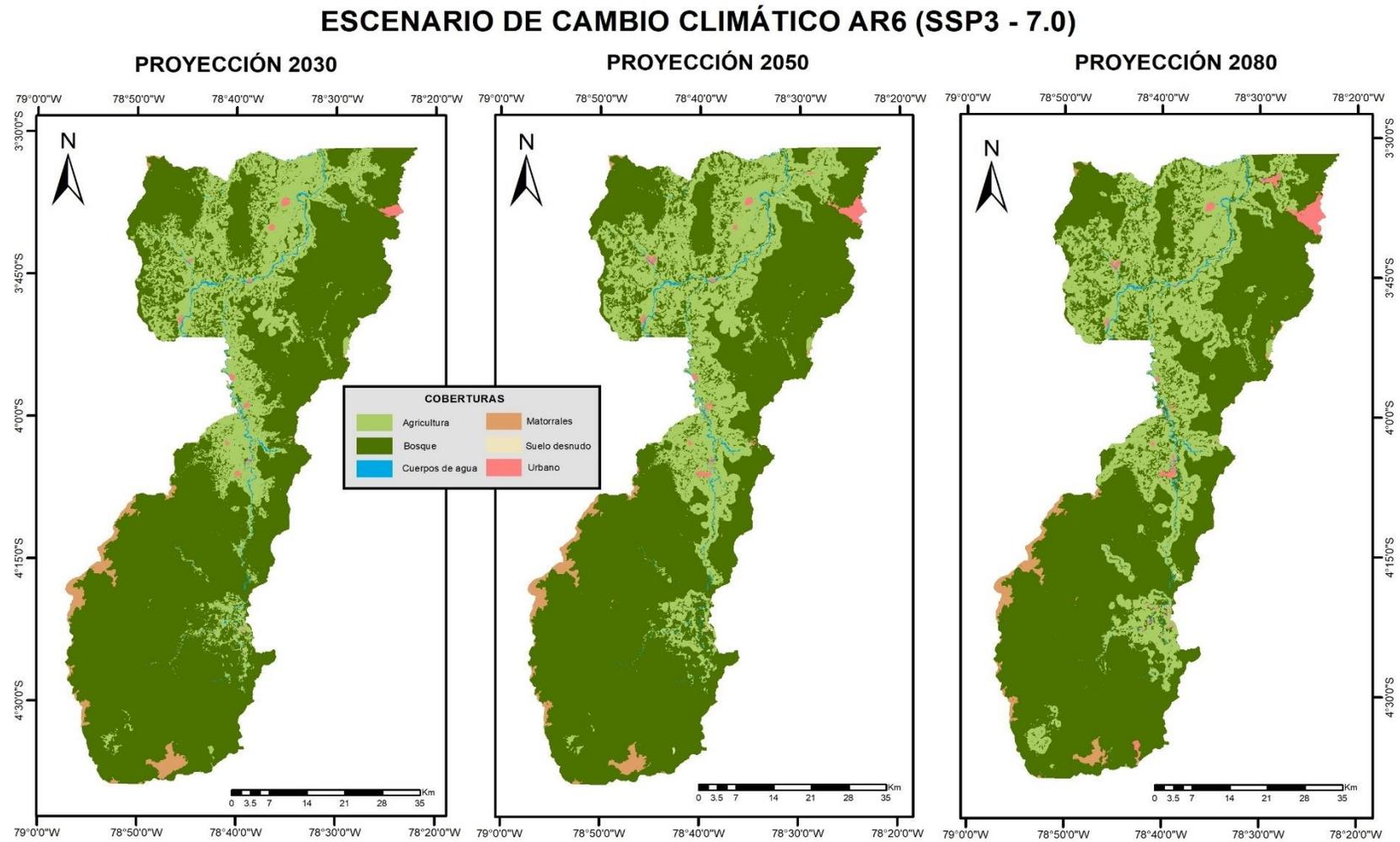
Mapas de proyección de cambio de usos de suelo para el escenario SSP1-2.6 (bajas emisiones)



6.2.2. Escenario de Cambio Climático (SSP3 – 7.0)

Figura 9

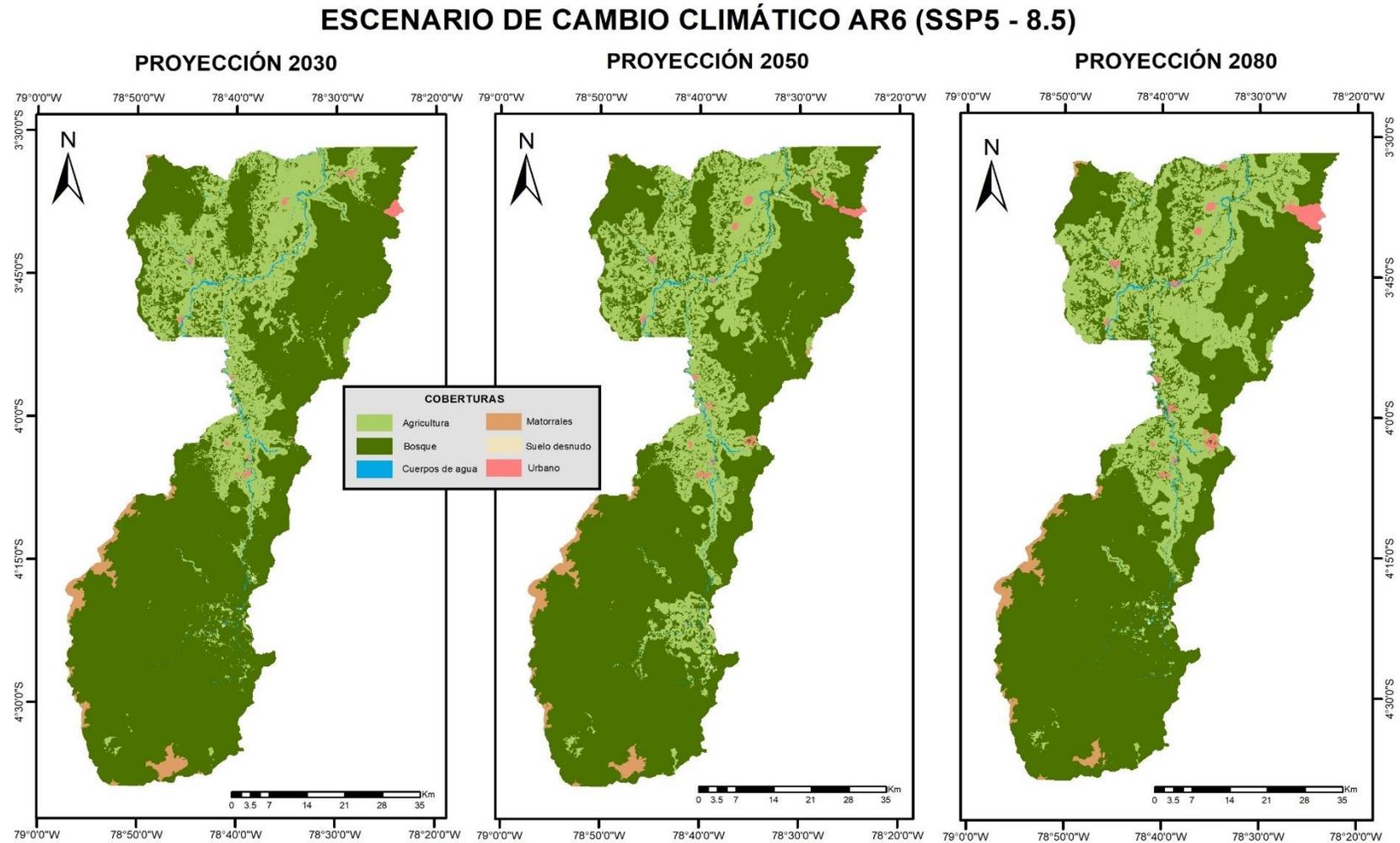
Mapas de proyección de cambio de usos de suelo para el escenario SSP 3-7.0 (emisiones altas).



6.2.3. Escenario de Cambio Climático (SSP5 – 8.5)

Figura 10

Mapas de proyección de cambio de usos de suelo para el escenario SSP5-8.5 (emisiones muy altas)

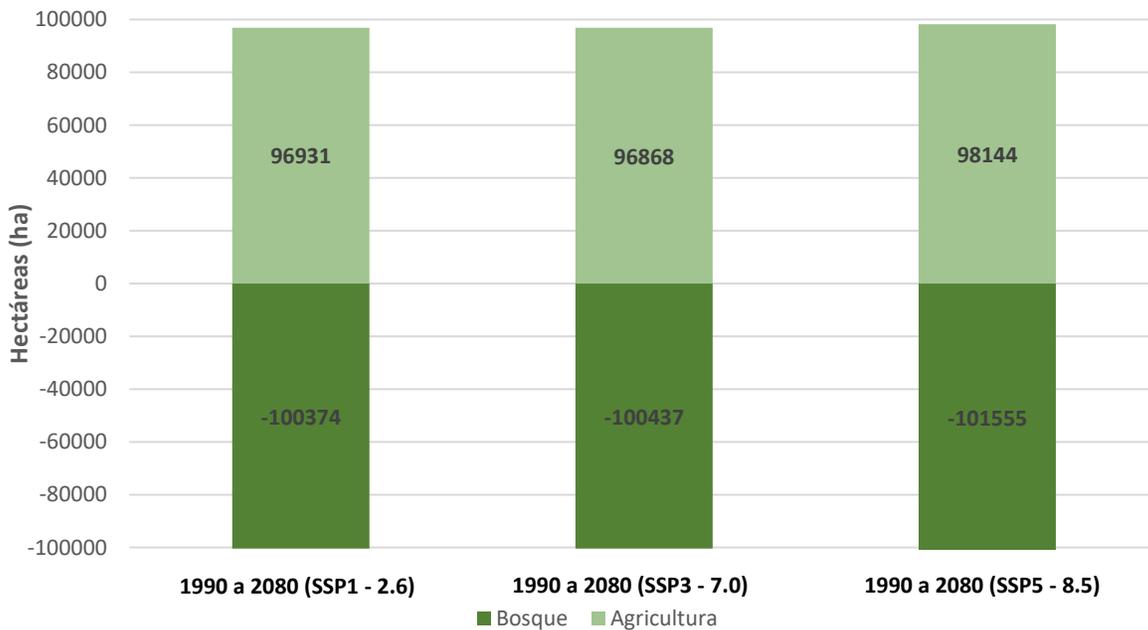


6.3. Cuantificar las trayectorias de cambio de uso de suelo en el período 1990 – 2080, bajo escenario climáticos AR6-IPCC

Al cuantificar las ganancias y pérdidas de bosque y actividades agrícolas entre los años de 1990 a 2080 como se observa en la Figura 11, por cada escenario AR6 IPCC analizado, se observa la pérdida de 100 374 hectáreas de bosque durante el escenario SSP1-2.6 (bajas emisiones), y la ganancia de 96 931 hectáreas de campos agrícolas. Mientras que para el escenario SSP3-7.0 (emisiones altas), se observa la pérdida de 100 437 hectáreas de bosque, y la ganancia de 96 868 hectáreas de campos agrícolas. Y para el escenario SSP5-8.5 (emisiones muy altas), se observa la pérdida de 101 554 hectáreas de bosque, y la ganancia de 98 144 hectáreas de campos agrícolas.

Figura 11

Ganancias de actividades agrícolas y perdida de bosque año 1990 a 2080, escenarios AR6 (IPCC, 2022)



En lo referente a las transiciones de uso de suelo en los cantones de Nangaritzá, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe, desde el año 2014 hasta el año 2030 como se observa en la Figura 12, para el escenario SSP1 – 2.6 (bajas emisiones), se mantendrán 274 102,58 ha de bosque, aunque también se dará transiciones de bosque a coberturas como agricultura (20 401,47 ha), matorrales (128,7 ha), urbano (386,28 ha) y suelo desnudo (65,7 ha). En la cobertura de matorrales se mantendrán 7 203,51 ha, con transiciones a agricultura (390,33 ha), bosque (300,87 ha), y urbano (8,73 ha). En la cobertura de urbano se mantendrán 371,7 ha, con transiciones a agricultura (281,16 ha), y bosque (7,83 ha). Para la cobertura de agricultura se mantendrán 52 482,06 ha, con transiciones a urbano (915,3 ha), suelo desnudo (147,24 ha), bosque (20 401,47 ha) y matorrales (73,8 ha). En la cobertura de cuerpos de agua se mantendrán 2 299,68 ha, con transiciones a agricultura (652,5 ha), urbano (13,95 ha) y suelo desnudo (11,97 ha). Finalmente, para la cobertura de suelo desnudo en este escenario se mantendrán 4,32 ha, con transiciones a bosque (34,29 ha), agricultura (137,88 ha) y cuerpos de agua (199,44 ha).

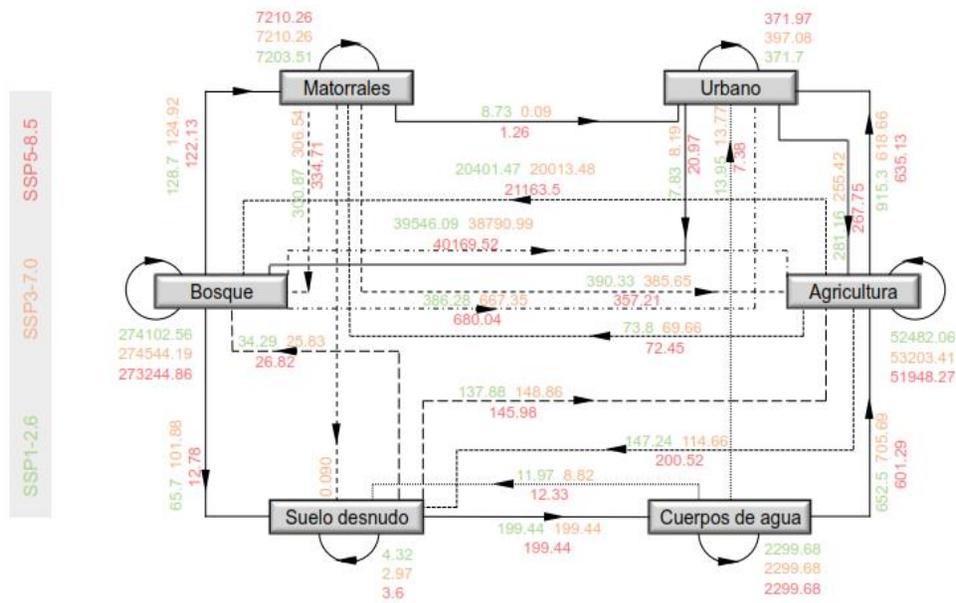
Mientras que para el escenario SSP3-7.0 (emisiones altas), se mantendrán 274 544,19 ha de bosque, aunque también se dará transiciones de bosque a coberturas como agricultura (38 790,99 ha), matorrales (124,92 ha), urbano (667,35 ha) y suelo desnudo (101,88 ha). En la cobertura de matorrales se mantendrán 7 210,26 ha, con transiciones a agricultura (385,65 ha), bosque (306,54 ha), urbano (0,09 ha) y suelo desnudo (0,090). En la cobertura de urbano se mantendrán 397,08 ha, con transiciones a agricultura (255,42 ha), y bosque (8,19 ha). Para la cobertura de agricultura se mantendrán 53 203,41 ha, con transiciones a urbano (618,66 ha), suelo desnudo (114,66 ha), bosque (20 013,48 ha) y matorrales (69,66 ha). En la cobertura de cuerpos de agua se mantendrán 2 299,68 ha, con transiciones a agricultura (705,69 ha), urbano (13,77 ha) y suelo desnudo (8,82 ha). Finalmente, para la cobertura de suelo desnudo en este escenario se mantendrán 2,97 ha, con transiciones a bosque (25,83 ha), agricultura (148,86 ha) y cuerpos de agua (199,44 ha).

Finalmente, para el escenario SSP5-8.5 (emisiones muy altas), se mantendrán 274 102,56 ha de bosque, aunque también se dará transiciones de bosque a coberturas como agricultura (40 169,52 ha), matorrales (122,13 ha), urbano (680,04 ha) y suelo desnudo (12,78 ha). En la cobertura de matorrales se mantendrán 7 210,26 ha, con transiciones a agricultura (357,21 ha), bosque (334,71 ha), y urbano (1,26 ha). En la cobertura de urbano se mantendrán 371,97 ha, con transiciones a agricultura (267,75 ha), y bosque (20,97 ha). Para la cobertura de agricultura se

mantendrán 51 948,27 ha, con transiciones a urbano (635,13 ha), suelo desnudo (200,52 ha), bosque (21 163,5 ha) y matorrales (72,45 ha). En la cobertura de cuerpos de agua se mantendrán 2 299,68 ha, con transiciones a agricultura (601,29 ha), urbano (7,38 ha) y suelo desnudo (12,33 ha). Finalmente, para la cobertura de suelo desnudo en este escenario se mantendrán 3.6 ha, con transiciones a bosque (26,82 ha), agricultura (145,98 ha) y cuerpos de agua (199,44 ha).

Figura 12

Diagrama de transiciones observadas entre el año 2014, y proyectadas al año 2030 (escenarios AR6; IPCC, 2022), en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y El Pangui



En lo referente a las transiciones de uso de suelo en los cantones de Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe, desde el año 2014 hasta el año 2050 como se observa en la Figura 13, para el escenario SSP1 – 2.6 (bajas emisiones), se mantendrán 255 173,85 ha de bosque, aunque también se dará transiciones de bosque a coberturas como agricultura (58 143,87 ha), matorrales (190,62 ha), urbano (656,73 ha) y suelo desnudo (64,26 ha). En la cobertura de matorrales se mantendrán 6 845.13 ha, con transiciones a agricultura (365,76 ha), bosque (671,13 ha), urbano (21,33 ha) y suelo desnudo (0,090 ha). En la cobertura de urbano se mantendrán 408,96 ha, con transiciones a agricultura (223,56 ha), y bosque (28,17 ha). Para la cobertura de agricultura se mantendrán 47 599,29 ha, con transiciones a urbano (1 687,66 ha), suelo desnudo (164,88 ha), bosque (24 470,91 ha) y matorrales (97,11 ha). En la cobertura de

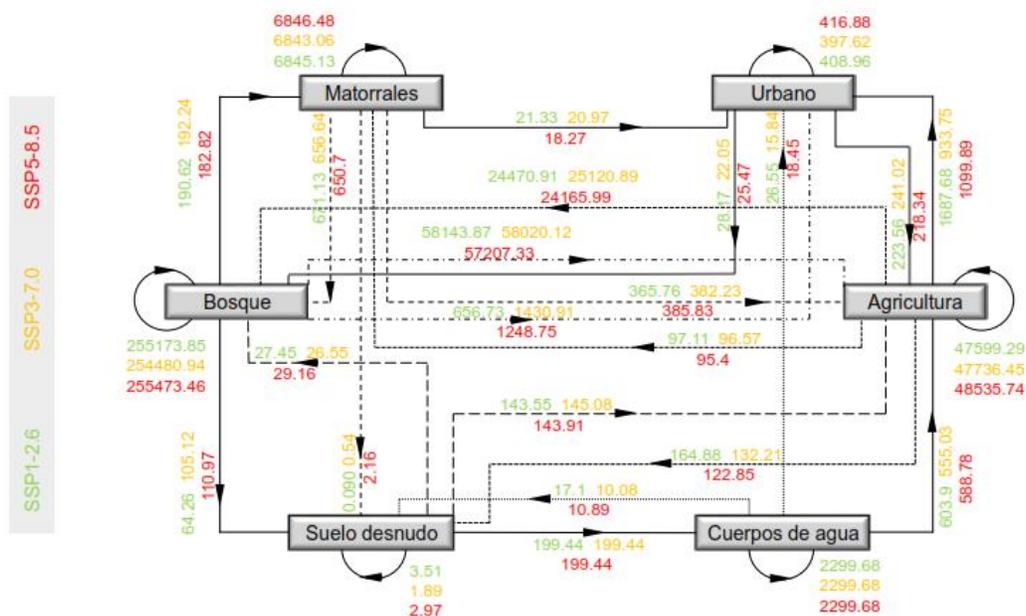
cuerpos de agua se mantendrán 2 299,68 ha, con transiciones a agricultura (603,9 ha), urbano (26,55 ha) y suelo desnudo (17,1 ha). Finalmente, para la cobertura de suelo desnudo en este escenario se mantendrán 3,51 ha, con transiciones a bosque (27,45 ha), agricultura (143,55 ha) y cuerpos de agua (199,44 ha).

Para el escenario SSP3-7.0 (emisiones altas), se mantendrán 254 480,94 ha de bosque, aunque también se dará transiciones de bosque a coberturas como agricultura (58 020,12 ha), matorrales (192,24 ha), urbano (1 430,91 ha) y suelo desnudo (105,12 ha). En la cobertura de matorrales se mantendrán 6 843,06 ha, con transiciones a agricultura (382,23 ha), bosque (656,64 ha), urbano (20,97 ha) y suelo desnudo (0,54). En la cobertura de urbano se mantendrán 397,62 ha, con transiciones a agricultura (241,02 ha), y bosque (22,05 ha). Para la cobertura de agricultura se mantendrán 47 736,45 ha, con transiciones a urbano (933,75 ha), suelo desnudo (132,21 ha), bosque (25 120,89 ha) y matorrales (96,57 ha). En la cobertura de cuerpos de agua se mantendrán 2 299,68 ha, con transiciones a agricultura (555,03 ha), urbano (15,84 ha) y suelo desnudo (10,08 ha). Y finalmente para la cobertura de suelo desnudo en este escenario se mantendrán 1,89 ha, con transiciones a bosque (26,55 ha), agricultura (145,08 ha) y cuerpos de agua (199,44 ha).

Finalmente, para el escenario SSP5-8.5 (emisiones muy altas), se mantendrán 255 173,85 ha de bosque, aunque también se dará transiciones de bosque a coberturas como agricultura (57 207,33 ha), matorrales (182,82 ha), urbano (1 248,75 ha) y suelo desnudo (110,97 ha). En la cobertura de matorrales se mantendrán 6 846,48 ha, con transiciones a agricultura (385,83 ha), bosque (650,7 ha), y urbano (18,27 ha). En la cobertura de urbano se mantendrán 416,88 ha, con transiciones a agricultura (218,34 ha), y bosque (25,47 ha). Para la cobertura de agricultura se mantendrán 48 535,74 ha, con transiciones a urbano (1 099,89 ha), suelo desnudo (122,85 ha), bosque (24 165,99 ha) y matorrales (95,4 ha). En la cobertura de cuerpos de agua se mantendrán 2 299.68 ha, con transiciones a agricultura (588,78 ha), urbano (18,45 ha) y suelo desnudo (10,89 ha). Finalmente, para la cobertura de suelo desnudo en este escenario se mantendrán 2,97 ha, con transiciones a bosque (29,16 ha), agricultura (143,91 ha) y cuerpos de agua (199,44 ha).

Figura 13

Diagrama de transiciones observadas entre el año 2014, y proyectadas al año 2050, (escenarios AR6; IPCC, 2022), en los cantones Nangaritzza, Paquisha, Yantzaza y El Pangui



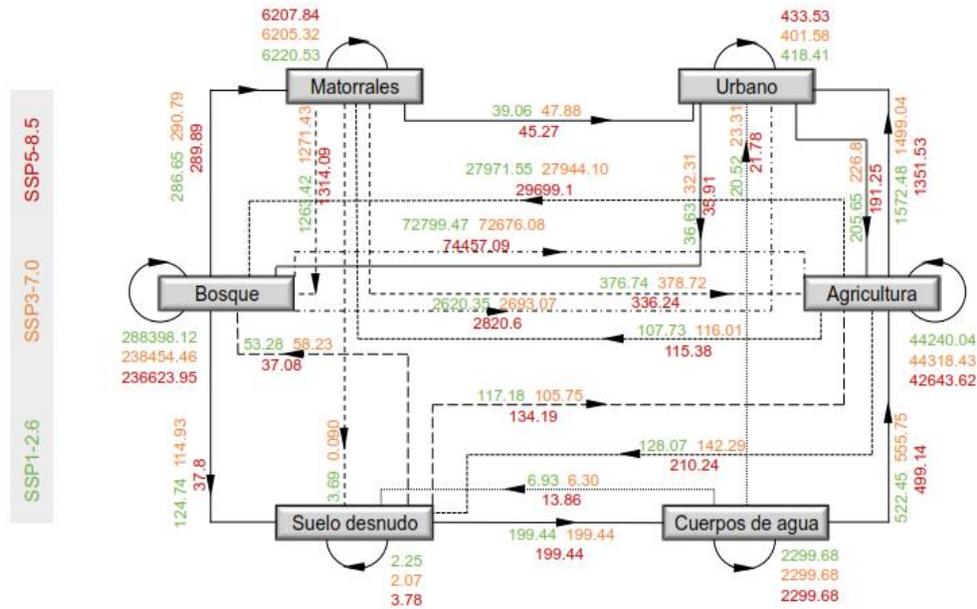
En lo referente a las transiciones de uso de suelo en los cantones de Nangaritzza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe, desde el año 2014 hasta el año 2080 cómo se puede observar en la Figura 14, para el escenario SSP1 – 2.6 (bajas emisiones), se mantendrán 288 398,12 ha de bosque, aunque también se dará transiciones de bosque a coberturas como agricultura (72 799,47 ha), matorrales (286,65 ha), urbano (2 620,35 ha) y suelo desnudo (124,74 ha). En la cobertura de matorrales se mantendrán 6 220,53 ha, con transiciones a agricultura (376,74 ha), bosque (1 263,42 ha), urbano (39,06 ha) y suelo desnudo (3,69 ha). En la cobertura de urbano se mantendrán 418,41 ha, con transiciones a agricultura (205,65 ha), y bosque (36,63 ha). Para la cobertura de agricultura se mantendrán 44 240,04 ha, con transiciones a urbano (1 572,48 ha), suelo desnudo (128,07 ha), bosque (27 971,55 ha) y matorrales (107,73 ha). En la cobertura de cuerpos de agua se mantendrán 2 299.68 ha, con transiciones a agricultura (522,45 ha), urbano (20,52 ha) y suelo desnudo (6,93 ha). Finalmente, para la cobertura de suelo desnudo en este escenario se mantendrán 2.25 ha, con transiciones a bosque (53,28 ha), agricultura (117,18 ha) y cuerpos de agua (199,44 ha).

Mientras que para el escenario SSP3-7.0 (emisiones altas), permanecerán 238 454,46 ha de bosque, aunque también se dará transiciones de bosque a coberturas como agricultura (72 676,08 ha), matorrales (290,79 ha), urbano (2 693,07 ha) y suelo desnudo (114,93 ha). En la cobertura de matorrales se mantendrán 6 205,32 ha, con transiciones a agricultura (378,72 ha), bosque (1 271,43 ha), urbano (47,88 ha) y suelo desnudo (0,090 ha). En la cobertura de urbano se mantendrán 401,58 ha, con transiciones a agricultura (226,8 ha), y bosque (32,31 ha). Para la cobertura de agricultura se mantendrán 44 318,43 ha, con transiciones a urbano (1 499,04 ha), suelo desnudo (142,29 ha), bosque (27 944,10 ha) y matorrales (116,01 ha). En la cobertura de cuerpos de agua se mantendrán 2 299,68 ha, con transiciones a agricultura (555,75 ha), urbano (23,31 ha) y suelo desnudo (6,30 ha). Finalmente, para la cobertura de suelo desnudo en este escenario se mantendrán 2,07 ha, con transiciones a bosque (58,23 ha), agricultura (105,75 ha) y cuerpos de agua (199,44 ha).

Finalmente, para el escenario SSP5-8.5 (emisiones muy altas), se mantendrán 236 623,95 ha de bosque, aunque también se dará transiciones de bosque a coberturas como agricultura (74 457,09 ha), matorrales (289,89 ha), urbano (2 820,6 ha) y suelo desnudo (37,8 ha). En la cobertura de matorrales se mantendrán 6 207,84 ha, con transiciones a agricultura (36,24 ha), bosque (1 314,09 ha), y urbano (45,27 ha). En la cobertura de urbano se mantendrán 433,53 ha, con transiciones a agricultura (191,25 ha), y bosque (35,91 ha). Para la cobertura de agricultura se mantendrán 42 643,62 ha, con transiciones a urbano (1 351,53 ha), suelo desnudo (210,24 ha), bosque (29 699,1 ha) y matorrales (115,38 ha). En la cobertura de cuerpos de agua se mantendrán 2 299,68 ha, con transiciones a agricultura (499,14 ha), urbano (21,78 ha) y suelo desnudo (13,86 ha). Finalmente, para la cobertura de suelo desnudo en este escenario se mantendrán 3,78 ha, con transiciones a bosque (37,08 ha), agricultura (134,19 ha) y cuerpos de agua (199,44 ha).

Figura 14

Diagrama de transiciones observadas entre el año 2014, y proyectadas para el año 2080 (escenarios AR6; IPCC, 2022), en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y El Pangui.



Finalmente, en relación a los resultados de los talleres-semiestructurados realizados con los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales de los cantones de Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe, se obtuvieron datos importantes. A través de los tomadores de decisiones, y una serie de papelógrafos como se puede observar en el Anexo 3, se pudo identificar las transiciones proyectadas, en la cobertura del suelo, bajo criterios técnicos, las cuales fueron representadas en un mapa como se observa en la Figura 15.

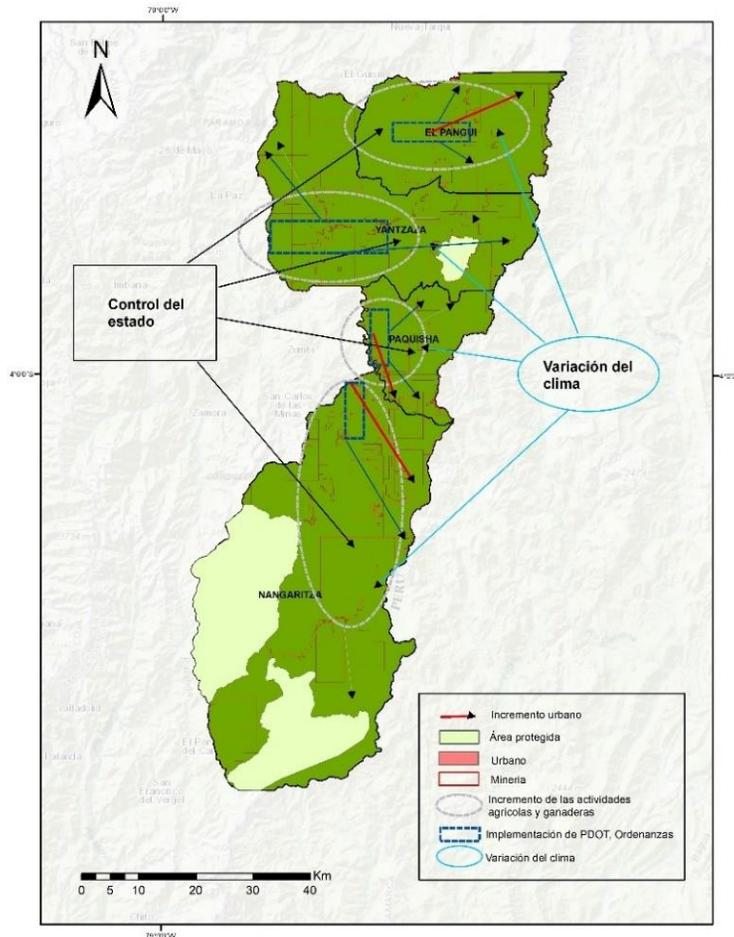
Se determinó que, en los cuatro cantones existe una brecha en términos de implementación y cumplimiento de las políticas estatales para un control más efectivo. Actualmente, en particular en los cantones de Yantzaza, Paquisha y Nangaritza no existe un adecuado control de las actividades como asentamientos humanos ilegales, explotación minera legal o ilegal y actividades agrícolas. Además, ellos perciben una falta de cumplimiento de las ordenanzas o Planes de Ordenamiento Territorial, lo que lleva a la necesidad de fortalecer las políticas y regulaciones para una adecuada gestión sostenible del uso y conservación del suelo.

En los cuatro cantones coincidieron que, a pesar del incremento de la actividad agrícola, que ha resultado en la pérdida significativa de extensiones de bosque natural, otras actividades

también juegan un papel crucial en el cambio de uso de suelo. Estas incluyen la extracción de especies forestales para su aprovechamiento y venta, así como la construcción de nuevas carreteras para facilitar el acceso a los asentamientos mineros ilegales. Estas actividades, aunque necesarias para el desarrollo económico, tiene un impacto considerable en el ambiente y contribuyen a la transformación del paisaje natural del territorio, por lo que los tomadores de decisiones consideran que es esencial encontrar un equilibrio entre el desarrollo y la conservación para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los cantones.

Figura 15

Mapa resultado de los talleres semi-estructurados con los GADS Municipales de los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe.



Además, el crecimiento no regulado de asentamientos urbanos y rurales especialmente en los cantones de Yantzaza y, principalmente en Nangaritza, están generando problemas. Según

palabras textuales de la técnica de riesgos que labora en el Municipio del Cantón Nangaritza, la falta de una adecuada implementación del Plan de Ordenamiento Territorial, está dando lugar a asentamientos en áreas cercanas a quebradas o ríos, ocasionado un alto riesgo de desastre en caso de eventos máximos de precipitación o deslizamientos de tierra. Por lo que primo en la importancia de tomar medidas para controlar el crecimiento de estos asentamientos y garantizar la seguridad de los pobladores.

Finalmente, los técnicos de cada Gobierno Municipal, basándose en su mejor criterio, manifestaron percibir una variación del clima, atribuida al cambio climático, que debiera ser verificada por estadísticos y modelos climáticos en los próximos estudios que se realicen, dado que, han notado que los patrones climáticos han cambiado con meses que solían ser lluviosos en años anteriores, y ahora experimentan altas temperaturas, y viceversa. Estos estudios podrían buscar soluciones en términos de adaptación de cultivos a las nuevas condiciones climáticas, evaluar los riesgos asociados a estos cambios, como la sequía, e implementar sistemas de alerta temporal en caso de inundaciones. De esta manera se podría preparar para los desafíos que el cambio climático podría presentar a futuro.

7. Discusión

7.1. Fuerzas Motrices Impulsoras de Cambio de Uso de Suelo

Como se puede observar en las Figuras 6 y Figura 7, en la presente investigación, se identificó la existencia de fuerzas impulsoras antropogénicas que están influyendo en el cambio de uso de suelo en los cantones de Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe. Estas fuerzas validadas por el test de Cramer's V, incluyen la distancia a poblados (0,22), distancia a la red vial (0,24), distancia a perturbaciones ocurridas entre 1990 – 2000 (0,21), distancia a urbanos (0,25), como se presenta en la Tabla 10.

Estos factores han generado impactos significativos, tales como la deforestación, el desarrollo de infraestructuras y poblados y, en particular la construcción de carreteras. La distancia a la red vial (0,24), se destaca como un *driver* importante para la investigación, puesto que, impulsa la pérdida de cobertura arbórea en la Región Amazónica, en zonas donde se genera una mayor extracción de madera y se desarrollan actividades mineras de manera ilegal. Esto concuerda con un estudio realizado por Arias et al., (2024), en la cuenca hidrográfica media-alta del río Mira en Ecuador, donde el *driver* distancia desde vías, validado por el test de Cramer's V, obtuvo un valor de 0,38, lo que indica que la expansión de carreteras facilita el transporte para actividades no reguladas, como las de extracción forestal y minería ilegal.

Es importante mencionar que el *driver* de distancia a la red vial cumple un rol importante, para asegurar que exista un sistema de conexión entre provincias, ciudades y poblados, sin embargo, en la actualidad dicha actividad se da de manera acelerada sin un proyecto de planificación previo y control (Otavo et al., 2017; Pérez, 2020; Salazar et al., 2022; Uribe et al., 2022).

La fuerza motriz, como distancia a poblados (0,22), impulsa los cambios de uso de suelo en cuanto al incremento de zonas urbanas y rurales, o asentamientos ilegales de los cantones estudiados. Lo que concuerda con el estudio realizado por Chano & Martínez (2023), en el cantón Ibarra, donde se estableció que las áreas antrópicas de carácter urbano, rural o asentamientos de carácter ilegal sin ninguna planificación, pasaron de ocupar una superficie 1 336,66 ha en el año 1993, a 1 989,29 ha en el año 2018.

En relación a las fuerzas motrices fisiográficas, como el modelo de elevación (0,44) y pendiente (0,20), tienen un impacto significativo en el cambio de uso de suelo en estos cuatro

cantones, dado que, las actividades agrícolas y el crecimiento urbano están asociados con la pérdida de bosques naturales en terrenos planos o ligeramente inclinados, mientras que, la actividades mineras se están expandiendo en zonas con pendientes más pronunciadas. Esto se relaciona al estudio realizado por Benavidez et al., (2021), para la identificación de motores de cambio en los usos de suelo de Chile, donde las fuerzas motrices como elevación y pendiente, como factores topográficos estáticos, determinaron que las zonas urbanas y agrícolas se expanden en áreas de menor inclinación, sin embargo, en zonas con pendientes más pronunciadas, la deforestación se redujo considerablemente.

Para los *drivers* de precipitación y temperatura, no se realizó un estadístico climático que determine con exactitud la influencia de estos dos *drivers* en la investigación, sin embargo, algunos autores mencionan, que la precipitación y temperatura influye notoriamente en los cambios de uso de suelo. En el caso de las precipitaciones, el estudio realizado por Feng et al., (2020), en la provincia cálida de Shanxi en China, identifica a la precipitación como uno de los factores erosivos del suelo. Esto se debe a la duración e intensidad de los eventos de precipitación. Por otro lado, según el estudio realizado por Jach et al., 2020 en Europa del Este y Escandinavia, la temperatura, puede provocar un enfriamiento de la superficie en caso de una transición de bosque a agricultura, resultando en suelos con alta probabilidad de degradación.

Los *drivers* de cambio de uso de suelo, como la distancia a campos agrícolas (0,14), y distancia a explotaciones (0,12), aunque presentan un valor menor al determinado por el test de Cramer's V cuando se analizaron con la coberturas año 1990 -2000, estos se validaron independientemente con la cobertura de bosque, alcanzado valores de (0,17) campos agrícolas y (0,18) distancia a explotaciones. Esto nos indica que dichos *drivers* impulsan el cambio de cobertura de bosque en la zona de estudio conforme avanzan estas actividades en territorio. Esto se corrobora con el estudio de Sánchez et al., (2023), que analiza y modela los procesos de deforestación en el eje vial interoceánico Sur, durante el periodo 1999 -2030. El estudio reporta un incremento de deforestación por la agricultura hasta el 2013, con la pérdida de 34 417,88 ha de bosque, sin embargo, la minería empieza a extenderse llegando a perderse 65 533,71 ha de bosque hasta el año 2019.

Cabe destacar que el *driver* de distancia a explotaciones en la zona de estudio, está vinculada al 66% de concesiones mineras metálicas de la región, con proyectos significativos como Fruta del Norte y Mirador (Plan Integral para la Amazonía [PIA], 2022). A pesar de ser la fuente

principal de ingresos económicos, la actividad minera a cielo abierto, como artesanal provoca altos cambios del suelo, a causa de la remoción y derrames de materiales tóxicos, y ocasiona desertización y deforestación, sin embargo, las mayores repercusiones se presentan en las fuentes hídricas (Eguiguren et al., 2018; Espinosa, 2021; Pilamunga, 2023; Salinas et al., 2023; Vilela et al., 2020).

A este conjunto de fuerzas motrices analizadas, se sumaron restricciones de cambio de uso de suelo en estos cantones, como áreas o reservas protegidas, las cuales están bajo la administración de entidades públicas, privadas o comunidades nativas, siendo importante su presencia para frenar los índices de deforestación con el objeto de preservar el estado natural del suelo, y bosques naturales (Gamarra, 2022; Márquez et al., 2022; Ortega et al., 2022).

Finalmente, se debe tener en cuenta que el módulo LCM del software TerrSet presenta limitaciones al momento de analizar las fuerzas motrices (Gibson et al., 2018), al existir impedimento de ingresar fuerzas externas dinámicas que ejercen presión constante como el cambio climático a la cadena de Markov. Aunque la potencialidad del LCM es comprobada y validada con el estadístico *kappa*, con un valor de, 0,94 como se presenta en la Tabla 11, hay que tener en cuenta que se necesita trabajar en impulsores sociales, económicos, culturales, y extractivos que actualmente carecen de información completa de su distribución temporal y espacial (Aburas et al., 2017; Girma et al., 2022; Ramos et al., 2021).

7.2. Escenarios Climáticos AR6 (SSP1 – 2.6; SSP3 – 7.0; SSP5 – 8.5), Relacionados a los Cambios de Uso de Suelo.

Al utilizar los escenarios AR6 (SSP1 – 2.6; SSP3 – 7.0; SSP5 – 8.5) para realizar proyecciones en los cantones de Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Panguí, de la provincia de Zamora Chinchipe, se identificó que, con el paso del tiempo, las actividades agrícolas y las zonas urbanas experimentan un incremento, mientras que las zonas de bosque muestran una disminución. Para el año 2030, se proyecta que la agricultura se incrementa a 93 490,020 ha, y que la zona de asentamientos urbanos alcanza las 1 698,930 ha, como se presenta en la Tabla 12. Estas proyecciones asumen que, para cada escenario AR6 utilizado, dicho valor tendrá diferente distribución en el territorio en función de su comportamiento frente al cambio climático, como se observa en la Figura 8, Figura 9 y Figura 10.

Esto se comparó con el estudio realizado por Huala (2023), el cual analizó cambios de uso de suelo en regiones de Chile para el periodo 1990 a 2018, y posteriormente realizó proyecciones futuras basadas en escenarios climáticos, donde se destacó un aumento de más de 200 000 ha de cultivos para el año 2030, en regiones de Araucanía, Maule y Biobío, sin embargo, también se observó una disminución de 100 000 ha de bosque para Araucanía y Biobío. En este estudio la actividad agrícola se identificó como uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero (GEI) durante el año 2030, esto se debe a la significativa pérdida de bosques que actúan como sumideros de carbono. En ambos estudios, se encontraron similitudes, lo que permite considerar que el comportamiento para el año 2030 de los tres escenarios AR6 en la investigación, generara pérdida de bosques provocada por el aumento de la deforestación para el incremento de actividades agrícolas y extractivas, y con ello una concentración notable de GEI.

Para el año 2050, según los tres escenarios AR6 utilizados (SSP1 – 2.6; SSP3 – 7.0; SSP5 – 8.5), se prevé que la agricultura aumente a 107 079,930 ha, mientras que la zona de asentamientos urbanos alcanzará las 2 805,030 ha. Esto se contrasta con un estudio realizado por Saucedo (2023), que utilizó escenarios climáticos en la región de Cajamarca, determinando que en el año 2020 la cobertura de áreas urbanas abarcaría 44,69 ha, y las áreas agrícolas 216,46 ha, sin embargo, para el año 2050, proyecta que las áreas urbanas ocuparían una área de 67,42 ha, y las áreas agrícolas 231,28 ha, enfocados a la disminución de bosques, por el aumento de la deforestación a causa del incremento de actividades agrícolas. Lo que permite considerar que el comportamiento para el año 2050 entorno a los tres escenarios AR6 en la investigación, desencadenara una demanda considerable de energía, recursos, provocando cambios sustanciales en el uso del suelo, enfocados a la disminución de bosques, y el aumento de emisiones de SO₂.

Para el año 2080, en referencia a los tres escenarios AR6 utilizados (SSP1 – 2.6; SSP3 – 7.0; SSP5 – 8.5), se proyecta que la agricultura incremente una área de 118 261,530 ha, y que la zona de asentamientos urbanos alcance las 4 676,400 ha. Es importante destacar que la mayoría de estudios suelen proyectar hasta el año 2050, debido a que existe una incertidumbre asociada con las proyecciones a largo plazo. No obstante, en un estudio realizado Mendoza et al., (2017), se usaron modelos climáticos para determinar el cambio de uso de suelo en México, donde se estimó que para el año 2080, la cobertura de agricultura y asentamientos humanos ocuparía entre el 31 % y el 42 % del territorio mexicano, debido a un crecimiento económico, incremento de actividades y mayor demandas de recursos.

Por lo que podemos determinar que, para la proyección del año 2080, al ser un año con una gran incertidumbre, estará enfocado en la excesiva explotación de recursos naturales, y la falta de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. Lo que llevara a una degradación severa del suelo y una desertificación extrema provocando que las áreas afectadas sean vulnerables a eventos meteorológicos extremos, como crecidas e inundaciones (Martínez et al., 2023; Rodríguez, 2021; Thapa, 2019).

No obstante, es importante considerar lo señalado por el IPCC (2021), en relación a las posibles variaciones de cambio en los usos de suelo. Estas variaciones pueden resultar en un incremento o disminución de las actividades agrícolas, y asentamientos humanos, dependiendo en gran medida de la gestión de las políticas de adaptación y mitigación. Además, se debe tener en cuenta que, a medida que la población aumenta, también lo hace la demanda de alimentos, ocasionando una expansión de tierras agrícolas más allá de las zonas ya consolidadas. Sin embargo, es posible que, a pesar de la demanda de recursos, el uso de zonas agrícolas se vea afectado por la migración de pobladores de asentamientos rurales, a zonas urbanas u otras ciudades, impulsada por factores económicos, para asegurar una mejor calidad de vida.

Es esencial que las políticas implementadas por los tomadores de decisiones de los Gobiernos Autónomos Municipales estén alineadas con los escenarios climáticos AR6. El objetivo de desarrollar estrategias de adaptación y mitigación para los cambios en el uso de suelo en los cantones de Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe, permitirá salvaguardar los recursos naturales y promover la resiliencia ante los impactos del cambio climático.

Entre estos impactos se incluye la deforestación, impulsada por el aumento de actividades agrícolas y extractivas, el crecimiento de asentamientos humanos ilegales y no planificados, la construcción de infraestructura, la explotación de combustibles fósiles no renovables, y, sobre todo, la actividad minera legal o ilegal. Todas estas actividades están contribuyendo al incremento de gases de efecto invernadero (Béné et al., 2019; Chamorro, 2019; Mesías, 2017; Ministerio del Ambiente, 2017; Organización de las Naciones Unidas, [ONU] 2021; Paris et al., 2020; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, [PMUD] 2016; Riahi et al., 2017; Sahagún & Reyes, 2018).

7.3. Cuantificación y Transición de los Cambios de Uso de Suelo Vinculados a Escenarios AR6 (SSP1 – 2.6; SSP3 – 7.0; SSP5 – 8.5).

Los cambios observados en la Figura 12, con respecto a las transiciones de cambio de uso de suelo para el período de 1990 a 2080, en los cantones de Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe, indican un impacto significativo de la actividad agrícola, que se espera aumente hasta el año 2080, para cada escenario AR6 utilizado: 96 931 ha para el escenario SSP1-2.6; 96 868 ha para el escenario SSP3-7.0 y 98 144 ha para el escenario SSP5-8.5. Este aumento está vinculado a la deforestación del bosque natural. Aunque es difícil prever con exactitud, que el incremento de la actividad agrícola, como se observa en la Figura 10, podría generar una mayor demanda de recursos para asegurar la soberanía alimentaria, dado la incertidumbre que existir hasta el año 2080, a medida que se vayan implementando políticas de cambio y conservación.

No obstante, Camacho et al., (2021), en su estudio hace referencia a la disminución promedio de cobertura de bosques de 4, 92 % y un crecimiento de la tasa de deforestación en un 5,02%, entre el periodo de 1990 hasta 2018, en la provincia de Zamora Chinchipe. A medida que la población vaya creciendo, la demanda de recursos será mayor, ocasionando que la actividades agrícolas aumenten en territorio, deforestando grandes extensiones de bosque natural, con el fin de obtener cultivos que sean productivos y se adapten al cambio climático (Aguirre, 2018; Bedoya et al., 2023; Fernández et al., 2023).

Por su parte, Medina, (2021), en su estudio, establece que en el periodo 2015 -2020, ha existido una transición de 1 543,44 ha de bosque a tierras agropecuarias con una tasa anual de deforestación de 58.42 ha/año. Dichas áreas de cobertura arbórea son utilizadas para la ganadería o terrenos dedicado para la agricultura. Este dato es relevante para tener en cuenta lo mencionado por el boletín de la RAISG, (2024), donde menciona que en los últimos 38 años se han perdido más de 80 millones de hectáreas de bosque amazónico, por lo que, si las actividades económicas continúan en crecimiento sin acciones o medidas que aporten en la conservación, para el 2025 la Amazonia podría tener hasta 23.7 millones de hectáreas deforestadas.

En un estudio realizado por Muñoz et al., (2024), se determinó que en el periodo de 1996 -2018 en la cuenca del río Mira, existió una reducción de casi el 70 % de cobertura de uso de suelo, debido a las transiciones causadas por el crecimiento poblacional y el aumento de la demanda de

alimentos (van Dijk et al., 2021). Siendo una tendencia a la disminución de coberturas naturales dentro de los países en desarrollo que se encuentran en el hemisferio Sur (Winkler et al., 2021). Por lo que es común observar en el país como se pierden bosques amazónicos para dar una transición a actividades agrícolas o mineras (Heredia et al., 2021).

Los estudios previos, se han comparado con el presente estudio, nos permiten identificar que los factores dominantes en la transición de suelo serán las actividades agrícolas, y los asentamientos urbanos. Estos factores a través del tiempo, irán modificando los usos de suelo de los cantones. Sin embargo, es razonable asumir que los asentamientos humanos experimentarían una expansión en áreas donde ya existe una mayor concentración de urbanizaciones. En contraste, en las zonas rurales, con menor población, esta expansión será mínima.

Es importante destacar que, durante los talleres semiestructurados, los tomadores de decisiones mencionaron la alta probabilidad de asentamientos humanos ilegales en zonas de riesgo, identificadas en los cantones de estudio. Lo cual implicaría cambios notables en la gestión y planificación del suelo.

En lo que respecta a las áreas frente a la agricultura, se proyectó una pérdida considerable de bosque para los años 2050 y 2080. Estas áreas incluso podrían llegar a ser colindantes con las áreas protegidas, ocasionando una alta preocupación debido a la cantidad considerable de gases de efecto invernadero que podrían agravar aún más la situación del cambio climático. Dada la mala planificación territorial con tendencia a expansión a zonas periféricas y áreas protegidas o reservas naturales (Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos, 2015).

De igual manera, es importante tener en cuenta que, al realizar proyecciones a futuro, existen incertidumbres, a causa de las modificaciones en las políticas públicas, siendo una limitante para conocer los cambios significativos que se darán a corto, mediano y largo plazo en los cambios de uso de suelo (Quintana et al., 2023), dado lo difícil que es incorporar una variable que no se puede prever con certeza como se va a implementar en años posteriores por parte de los tomadores de decisiones para establecer un modelo que cuantifique los cambios de uso de suelo con exactitud (Von Thaden et al., 2019).

8. Conclusiones

- Las fuerzas motrices como el modelo de elevación digital, distancia a la red vial, distancia a perturbaciones, distancia a campos agrícolas, distancia a urbanizaciones, precipitación, temperatura, y pendiente, con coeficientes de Cramer's V superiores a 0,15, han demostrado ser impulsores determinantes del cambio de uso de suelo en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Panguí. En particular, actividades como la deforestación y expansión de la frontera agrícola, juegan un papel crucial en estas transformaciones.
- Los análisis de cambios de uso de suelo en función de escenarios climáticos AR6-IPCC revelan datos relevantes. Para el año 2030, se proyectan coberturas de cambio de uso de suelo que incluyen 93 490,020 ha de agricultura, y 1 698,930 ha de área urbana. Estos valores aumentan en el año 2050 (107 079,930 ha de agricultura, y 2 805,030 ha de área urbana) y año 2080 (118 261,530 ha de agricultura, y 4 676,400 ha de área urbana), indicando un impacto creciente de actividades a través del tiempo en los cantones de Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Panguí.
- Los escenarios proyectados hasta el año 2080, muestran variaciones trascendentales en la pérdida de bosques y la ganancia de campos agrícolas. El escenario SSP1-2.6, que representa bajas emisiones, proyecta una pérdida de 100,374 ha de bosque y una ganancia de 96,931 ha de campos agrícolas. Por otro lado, el escenario SSP3-7.0, que representa emisiones altas, proyecta una pérdida de 100,437 ha de bosque y una ganancia de 96,868 ha de campos agrícolas. Finalmente, bajo el escenario SSP5-8.5, que representa emisiones muy altas, proyecta la mayor pérdida de bosque, con 101,554 ha, y una ganancia de 98,144 ha de campos agrícolas.
- La transición de ganancias de actividades agrícolas y pérdida de bosques entre el periodo comprendido entre el año 1990 a 2080, bajo escenarios AR6 IPCC, en los cantones de Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y El Panguí, nos indican que la actividad agrícola será influyente en el cambio de estos cuatro cantones, sin embargo, no se debe dejar de lado la importancia de otros factores considerados en el modelo que son importantes para establecer planificaciones y análisis futuros.

- Los resultados de la presente investigación confirman que los cambios de uso de suelo en las diferentes coberturas analizadas junto a proyecciones futuras brindan información que puede ser útil para la toma de decisiones y planificación territorial. Sin embargo, es importante que se considere las motivaciones de los actores que conviven dentro de estos territorios, con el fin de incorporar estos datos en los modelos y simulaciones que se realicen en investigaciones futuras, de manera que sean un aporte importante para los planes de ordenamiento territorial y mejoren la gestión de políticas entorno al control de los usos de suelo.

9. Recomendaciones

- Es importante seguir trabajando con el módulo Land Change Modeler de TerrSet, para analizar las transformaciones y cambios de uso del suelo a lo largo del tiempo. A más de conocer cuanta área de cobertura de bosque se perderá y cómo se desarrollarán la transición de las actividades antropogénicas (como la agricultura, la minería y el urbanismo) con respecto al cambio de uso de suelo.
- Estas proyecciones, realizadas en esta investigación, proporcionarán a los Gobiernos Autónomos Descentralizados de los cantones Nangaritza, Yantzaza, El Pangui y Paquisha una herramienta gráfica valiosa, a través de mapas de proyección para los años 2030, 2050 y 2080, permitiendo generar estrategias de cambio y planificación a nivel territorial.
- Se recomienda establecer una colaboración sólida entre la academia y las instituciones públicas. Esta colaboración puede resultar en proyectos conjuntos que beneficien a la comunidad en general, incluyendo tanto a estudiantes como a técnicos. Además de proporcionar a los tomadores de decisiones herramientas analíticas que les permitan trazar el camino hacia una planificación y desarrollo adecuado.
- Es indispensable implementar medidas urgentes para controlar y regular tanto la actividad agrícola como minera en los cantones de Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe, fortaleciendo la aplicación de políticas estatales y haciendo cumplir las ordenanzas establecidas por los GAD Municipales, para evitar el crecimiento no controlado de asentamientos urbanos y rurales, especialmente cerca de fuentes de agua, reduciendo así el riesgo de desastres.

10. Bibliografía

- Abad, K. (2020). El cambio de uso de suelo y la utilidad del paisaje periurbano de la cuenca del río Guayllabamba en Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 68-91. <https://doi.org/10.15359/rca.54-2.4>
- Aburas, M. M., Ho, Y. M., Ramli, M. F., & Ash'aari, Z. H. (2017). Improving the capability of an integrated CA-Markov model to simulate spatio-temporal urban growth trends using an Analytical Hierarchy Process and Frequency Ratio. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 59, 65-78. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.03.006>
- Agudelo, W. (2020). *Impactos regionales del cambio climático y de los cambios de uso del suelo sobre el riesgo de extinción de anuros en los andes de Colombia* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75751>
- Aguirre, Z. (2018). Estructura y composición florística del bosque siempreverde montano bajo de la parroquia San Andrés, cantón Chinchipe, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. *Arnaldoa*, 25(3). <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25306>
- Almeida, M. (2019). Estudio de caso sobre la gobernanza del sector minero en el Ecuador. *CEPAL*, 117. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/3faec34e-6685-4d06-8d76-d8dc65705836/content>
- Amasifuén, A. (2022). “*DESIGNIFICACIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y AGROINDUSTRIALES, MEDIANTE UN PROCESO QUÍMICO PARA OBTENER PULPA DE CELULOSA EN LA REGIÓN UCAYALI*” [TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL.
- Andrago, R., Romero, K., & Maza, J. (2022). Dinámica de cambio de cobertura/uso de suelo: Escenarios prospectivos en la subcuenca del río Chillayacu. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 228-236. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- Arendt, C. A., Hyland, E. G., & Piliouras, A. (2021). The Geological Consequences of Global Climate Change. En *Encyclopedia of Geology* (pp. 510-522). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12499-6>

- 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. <https://doi.org/10.14198/INGEO.23541>
- Arias, P., Saz, M., & Escolano, S. (2024). Tendencias de cambio de usos y coberturas de suelo en la cuenca hidrográfica media-alta del río Mira en Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, 81, 155-179. <https://doi.org/10.14198/INGEO.25248>
- Ayala, R. (2019). *Evaluación y propuesta de conservación de espacios agropecuarios amenazados por la expansión urbana en el Ecuador continental* [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/3b3e7e1f-576a-42b2-919f-373f7bac6fa9>
- Bedoya, E., Aramburú, C., & López De Romaña, A. (2023). El cultivo de la coca en el Huallaga y en el VRAE: Un enfoque comparativo sobre sistemas productivos y su impacto en los bosques (1978- 2003). *Anthropologica*, 41(50), 139-166. <https://doi.org/10.18800/anthropologica.202301.006>
- Beltrán, J. (2022). *Ecuador: La minería está destruyendo la riqueza ambiental del río Nangaritza*. Mongabay. <https://es.mongabay.com/2022/03/ecuador-la-mineria-esta-destruyendo-la-riqueza-ambiental-del-rio-nangaritza/>
- Benavidez, C., Jensen, M., & Pliscoff, P. (2021). Future Scenarios for Land Use in Chile: Identifying Drivers of Change and Impacts over Protected Area System. *Land*, 10(4), 408. <https://doi.org/10.3390/land10040408>
- Béné, C., Oosterveer, P., Lamotte, L., Brouwer, I., De Haan, S., Prager, S., Talsma, E., & Khoury, C. (2019). When food systems meet sustainability – Current narratives and implications for actions. *World Development*, 113, 116-130. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.08.011>
- Bustamante, C., Redondo, J., Roa, S., Melo, S., Márquez, M., Lozano, N., García, J., Díaz, J., Pereira, M., Torres, M., Andrad, O., & Soto, A. (2022). *Análisis de la sostenibilidad de paisajes agropecuarios: Aproximación conceptual y metodológica* (Primera). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.5183544>

- Cadilhac, L., Torres, R., Calles, J., Vanacker, V., & Calderón, E. (2017). Desafíos para la investigación sobre el cambio climático en Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 3(1), 168-181. <https://doi.org/10.1080/23766808.2017.1328247>
- Calderón, V. (2020). *Estado actual de la minería de oro en Ecuador: gran minería vs minería artesanal* (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Camacho, C., Carrión, N., & Jaramillo, A. (2021). Análisis multitemporal de la deforestación y cambio de la cobertura del suelo en Zamora Chinchipe. *Pol. Con. (Edición núm. 63)*, 6, 1228-1241. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i11.332>
- Candelaria, B., Ruiz, O., Gallardo, F., Pérez, P., Martínez, Á., & Vargas, L. (2011). Aplicación de modelos de simulación en el estudio y planificación de la agricultura, una revisión. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(3), 999-1010.
- Cartuche, J. (2022). *Conflictos sociales por el cambio de uso de suelo en la microcuenca del río Mataquí, subcuenca del río Chota* (Bachelor's thesis).
- Carrasco, A. (2023). *Evaluación del financiamiento climático de REDD+ Ecuador, período 2017-2020* (Master's thesis, Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador).
- Chamorro, W. (2019). Minería ilegal en Imbabura [<https://rainforestactiongroup.org/es/illegal-mining-in-imbabura/>]. *Rainforest Action Group*
- Chano, N., & Martínez, J. (2023). *Análisis del cambio de uso de suelo y proyección futura para el cantón Ibarra* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14663>
- Chuquín, O., & Muñoz, A. (2022). Análisis de los efectos del cambio de uso de suelo en el paisaje del bosque húmedo: Una visión al año 2022 en la cuenca del río Cayapas-Ecuador. *SATHIRI*, 17(1), 288-311.
- Cuenca, F. (2022). Historia, situación actual y desafíos de la minería aurífera artesanal y pequeña escala en la región amazónica del Ecuador.
- Cui, F., Wang, B., Zhang, Q., Tang, H., De Maeyer, P., Hamdi, R., & Dai, L. (2021). Climate change versus land-use change—What affects the ecosystem services more in the forest-

- steppe ecotone? *Science of The Total Environment*, 759, 143525.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143525>
- De Antueno, L., Gaspari, J., & Guaraca, G. (2020). Análisis del efecto del cambio en el uso del suelo sobre el escurrimiento en la cuenca alta del río Sauce Chico, Argentina: Use changes effect analysis on runoff in the upper basin of the Sauce Chico River, Argentina. *Revista Estudios Ambientales-Environmental Studies Journal*, 8(1), 20-42.
- Delgado, A., Matteucci, S., Acevedo, M., Valeri, C., Blanca, R., & Márquez, J. (2017). Causas directas que inducen el cambio de uso el suelo y de la cobertura boscosa, a escala de paisaje, en el sur de Venezuela. *Interciencia*. 42(3):148-156.
- Deng, X., Li, Z., Huang, J., Shi, Q., Li, Y., Zhang, R., & Huang, J. (2015). Reviews on Impact Assessments of Land-Use Change on Key Ecosystem Services. In *Impacts of Land-Use Change on Ecosystem Services*; Zhan, J., Ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2015; pp. 1–35.
- Dupar, M. (2020). Informe especial del IPCC sobre el cambio climático y la tierra: qué significa para América Latina.
- Eastman, J. (2012). *IDRISI Selva GIS and image processing software released. Version 17.0* (Clark University. Worcester, MA, USA).
- Eastman, J. (2016). TerrSet Tutorial, Geospatial Monitoring and Modeling System. *CLARK LABS*, 470. Geophysical Monograph 153. American Geophysical Union, Washington D.C., pp 1–9.
- Eguiguren, M., Reyes, M., Espinosa, M., Vera, A., Puchaicela, C., & Luzuriaga, E. (2018). PERCEPCIÓN DE PROBLEMÁTICAS SOCIOAMBIENTALES EN LA COMUNIDAD MINERA DE CONGUIME.
https://sica.utpl.edu.ec/media/uploads/material/BOLETIN_CONGUIME_6_2.pdf.
- Espinosa, C. (2021). Conocimiento como Causa y Medio de Resistencia a la Minería de Gran Escala: Casos Heurísticos del Ecuador [Knowledge as cause and tool for resistance against large scale mining: heuristic cases in Ecuador]. *Íconos - Revista de Ciencias Sociales*, 69, 53–75. <https://doi.org/10.17141/ICONOS.69.2021.4481>
- Estupiñán, R., Romero, P., García, M., Garcés, D., & Valverde, P. (2021). La minería en Ecuador. Pasado, presente y futuro. *Boletín geológico y minero*, 533-549.

- Feng, D., Yang, C., Fu, M., Wang, J., Zhang, M., Sun, Y., & Bao, W. (2020). Do anthropogenic factors affect the improvement of vegetation cover in resource-based region? *Journal of Cleaner Production*, 271(122705). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122705>
- Fernández, R., Leiva, M., Castillo, J., Mancilla, J., Gallego, J., Cambrolle, J., & Muñoz, J. (2023). *Ecología para la Agricultura* (2^a edición). Ediciones Mundi-Prensa. [https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=VBPTTEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Fern%C3%A1ndez,+R.,+Leiva,+M.,+Castillo,+J.,+Mancilla,+J.,+Gallego,+J.,+Cambrolle,+J.,+%26+Mu%C3%B1oz,+J.+C.+\(2023\).+Ecolog%C3%ADa+para+la+Agricultura+2%C2%AA+edici%C3%B3n.+Ediciones+Mundi-Prensa&ots=IJZDstuZ5H&sig=yaV9y4bNtUeKaxTcPC2uBnOqsQE#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=VBPTTEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Fern%C3%A1ndez,+R.,+Leiva,+M.,+Castillo,+J.,+Mancilla,+J.,+Gallego,+J.,+Cambrolle,+J.,+%26+Mu%C3%B1oz,+J.+C.+(2023).+Ecolog%C3%ADa+para+la+Agricultura+2%C2%AA+edici%C3%B3n.+Ediciones+Mundi-Prensa&ots=IJZDstuZ5H&sig=yaV9y4bNtUeKaxTcPC2uBnOqsQE#v=onepage&q&f=false)
- García, J. (2011). *Aplicación de las nuevas competencias en materia de tránsito y transporte terrestre que asume el Gobierno Autónomo Seccional del cantón Riobamba* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Galicia, L., García, A., Gómez, L., & Ramírez, M. I. (2007). Cambio de uso del suelo y degradación ambiental. *Ciencia*, 58(4). <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antteriores/82-vol-58-num-4octubre-diciembre-2007/comunicaciones-libres/135-cambio-de-uso-del-suelo-ydegradacion-ambiental>
- Gamarra, D. (2022). *Nuevas instituciones para la gestión de los recursos naturales en la Amazonía peruana, el caso de las Comunidades Nativas del Bajo Urubamba* [Pontificia Universidad Católica del Perú]. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/24844/GAMARRA_MIY%c3%81N_DIEGO_ALFONSO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gibson, L., Münch, Z., Palmer, A., & Mantel, S. (2018). Future land cover change scenarios in South African grasslands—implications of altered biophysical drivers on land management. *Heliyon*, 4(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00693>.
- Girma, R., Fürst, C., & Moges, A. (2022). Land use land cover change modeling by integrating artificial neural network with cellular Automata-Markov chain model in Gidabo river

- basin, main Ethiopian rift. *Environmental Challenges*, 6, 100419. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100419>.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Cantonal de El Pangui. (2019). Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Yantzaza. G.A. Cantonal de El Pangui. 175.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Cantonal de Nangaritza. (2019). Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Yantzaza. G.A. Cantonal de Nangaritza. 669.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Cantonal de Paquisha. (2019). Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Yantzaza. G.A. Cantonal de Paquisha. 343.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Cantonal de Yantzaza. (2019). Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Yantzaza. G.A. Cantonal de Yantzaza. 153.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Zamora Chinchipe. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Zamora Chinchipe*. <https://zamora-chinchipe.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/PDOT-2019-2023-ZAMORA-CHINCHIPE.pdf>
- Gómez, L., Gallego, B., & Naranjo, (2017). Atlas socioambiental de las cuencas transfronterizas Mira y Mataje: aportes para su ordenamiento y gestión integral Colombia - Ecuador. Cali: WWF-Colombia.
- Gómez, B. (2022). Transformaciones territoriales y gobernanza: El caso del Municipio de Mitú.
- González, A., Silva, D., Sánchez, V., Anguisaca, X., Sotomayor, F., Álvarez, L., & Reyes, F. (2011). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Cantón Chinchipe. Obtenido de <file:///C:/Users/HP/Downloads/PDOT%20CANTON%20CHINCHIPE.pdf>
- González, M. (2022). *Análisis de las causas económicas de la deforestación en Zamora Chinchipe, periodo 2008-2018* (Bachelor's thesis, PUCE-Quito).
- Gonzabay, G., & Wladimir, N. (2021). *Análisis del cambio y uso del suelo en el transcurso de dos décadas parroquia Manglaralto-cantón Santa Elena* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021).
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystem

- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2021). Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Valérie Masson-Delmotte, P. Zhai, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, J. B. R. Matthews, S. Berger, M. Huang, O. Yelekçi, R. Yu, B. Zhou, E. Lonnoy, T. K. Maycock, T. Waterfield, K. Leitzell, & N. Caud (eds.)). https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Anexo II. https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_Annex-II.pdf.
- Hausfather Z. (2019). CMIP6: the next generation of climate models explained. Carbonbrief clear on climate. Recuperado el 09 de diciembre de 2021 en <https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained>
- Henríquez, L. (2012). Escenarios futuros de uso de suelo para el análisis del efecto del cambio global en los recursos hídricos aplicado al acuífero de la Mancha Oriental. Universidad Politécnica de Valencia. 225 p.
- Henríquez, C (2014). Modelando el Crecimiento de Ciudades Medias. Hacia un desarrollo urbano sustentable. Ediciones Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Henríquez, D., Usón, T., Vicuña, S., Henríquez, C., Gironás, J., & Meza, F. (2018). *Integrating strategic land use planning in the construction of future land use scenarios and its performance: The Maipo River Basin, Chile.* 78, 353-366. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.06.045>
- Heredia, M., Torres, B., Cabrera, F., Torres, E., Díaz, C., & Pappalardo, E. (2021). Land Use and Land Cover Changes in the Diversity and Life Zone for Uncontacted Indigenous People: Deforestation Hotspots in the Yasuní Biosphere Reserve, Ecuadorian Amazon. *Forests*, 12(11), 1539. <https://doi.org/10.3390/f12111539>
- Huala, A. (2023). Análisis crítico de los compromisos climáticos de Chile en el ámbito del uso de suelo.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2018). Calidad del aire. Bogota.

- Jach, L., Warrach, K., Ingwersen, J., Kaas, E., & Wulfmeyer, V. (2020). Land Cover Impacts on Land-Atmosphere Coupling Strength in Climate Simulations with WRF Over Europe. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125(18). <https://doi.org/10.1029/2019JD031989>
- Jaimurzina, A., & Wilmsmeier, G. (2017). La movilidad fluvial en América del Sur: avances y tareas pendientes en materia de políticas públicas.
- Lambin, F. & B. Turner. (2001). The causes of land-use- cover change. *Global Environmental Change*, (11)4, 261-269. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3)
- Larrea, G., Vazquez, I., and Gallice, G. (2017). Life cycle assessment of the construction of an unpaved road in an undisturbed tropical rainforest area in the vicinity of Manu National Park, Peru. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(7). ISSN 0948-3349. doi: 10.1007/s11367-016-1221-7. URL <http://link.springer.com/10.1007/s11367-016-1221-7>.
- López, V., Balderas, M., Chávez, M., Pérez, J., & Gutiérrez, J. (2015). Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano. *CIENCIA Ergo-Sum*, 22(2), 136–144.
- López, N. (2019). Tabasco es el edén de los humedales. Tabasco, México. *Kuxulkab'*. 52(25):39-51. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a25n52.2969>.
- Maldonado, Y. (2022). *La historia a través de las narradoras: medios y mediaciones en los relatos de vida de las mujeres shuar en la parroquia Los Encuentros* (Master's thesis, Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador).
- Manzoor, A., Griffiths, G., & Lukac, M. (2021). Land use and climate change interaction triggers contrasting trajectories of biological invasion. *Ecological Indicators*, 120, 106936. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106936>
- Marcillo, M., Gentili, J., & Cara, B. (2020). Uso agrícola del suelo y demanda de agua para riego en la cuenca del río Vinces (Ecuador) durante el período 1990–2014. *Investigaciones Geográficas*, (59), 91-104.
- Márquez, G., Saturnino, J., Gámez, E., Márquez, J., & Salomón, B. (2022). El Cerro de La Virgen, Culiacán, Sinaloa como propuesta de área natural protegida: Conservando los bosques secos. *Ra Ximhai*, 339-363. <https://doi.org/10.35197/rx.18.04.2022.15.gm>

- Martínez, J., Olcina, J., Castillo, M., Guirado, E., Borja, E., & Maestre, T. (2023). La planificación territorial como herramienta preventiva de la desertificación. El caso de los recursos hídricos.
- Masson, V., Pörtner, O., Skea, J., Slade, R., Ferrat, M., Neogi, S., & Malley, J. (2020). El cambio climático y la tierra: informe especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres: resumen para responsables de políticas.
- Medina, G. (2021). Análisis multitemporal de la cobertura boscosa empleando imágenes satelitales en la parroquia La Paz, Yacuambi, provincia de Zamora Chinchipe, en el período 2015-2020.
- Menard, S. (2011). *Applied Logistic Regression Analysis*. Second. California: SAGE Publications.
- Mendoza, P., Galicia, L., & Corona, O. (2017). Cambios de usos y cobertura del suelo bajo diferentes escenarios socio-económicos y climáticos en México: la perspectiva de la modelación. ISBN: 978-607-02-9687-1.
- 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]. <https://core.ac.uk/download/pdf/200328729.pdf>
- Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca, [MAGAP]. (2016). *Instructivo de gabinete para técnicos del proyecto de “Reconversión Agroproductiva Sostenible de la Amazonía Ecuatoriana”*
- Ministerio de Ambiente [MAE] (2012). “Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025”, Ministerio de Ambiente.
- Ministerio del Ambiente [MAE] (2017). Deforestación del Ecuador continental periodo 2014-2016. Quito, Ecuador
- Miranda, D. (2021). Efeito de cenários futuros da conversão da vegetação nativa no Bioma Pampa em serviços ecossistêmicos.
- Mishra, N., & Rai, A. (2016). *A remote sensing aided multi-layer perceptron-Markov chain analysis for land use and land cover change prediction in Patna district (Bihar)*. 249. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2138-3>

- Molina, P. G. (2019). *Impacto ambiental en las actividades humanas*. UF0735. TUTOR FORMACIÓN.
- Muñoz, F. A., Galicia, L., & Humberto, E. (2018). Agricultura migratoria conductor del cambio de uso del suelo de ecosistemas alto andinos de Colombia. *Bioteología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 16(1), 15-25.
- Muñoz, M., Gentili, J., & Cara, B. (2020). Uso agrícola del suelo y demanda de agua para riego en la cuenca del río Vinces (Ecuador) durante el período 1990–2014. *Investigaciones Geográficas*, (59), 91-104.
- Muñoz, A., Sánchez, S., & Utrilla, E. (2024). Tendencias de cambio de usos y coberturas de suelo en la cuenca hidrográfica media-alta del río Mira en Ecuador. *Investigaciones Geográficas (España)*, (81), 155-179.
- Nájera, O., Bojórquez, J., Cifuentes, J., & Marceleño, S. (2010). Cambio de cobertura y usos del suelo en la cuenca del Río Mololoa, Nayarit. *Biociencias*. 1(1):19-29. <http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/Biociencias>.
- Ochoa, G., & Vásquez, F. (2022). *Impactos ambientales de la minería: estudio de caso transnacional" Lundin Gold" en la comunidad Shuar de Nankais en Zamora Chinchipe entre 2019 a 2021* (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Olson, J., Alagarswamy, G., Andresen, J., Campbell, D., Davis, A., Ge, J., Huebner, M., Lofgren, B., Lusch, D., Moore, N., Pijanowski, B., Qi, J., Thornton, P., Torbick, N., Wang, J. (2008). Integrating diverse methods to understand climateland interactions in East Africa. *Geoforum* 39, 898 – 911 p.
- Ordoñez, M. C., Galicia, L., Figueroa, A., Bravo, I., & Peña, M. (2015). Effects of peasant and indigenous soil management practices on the biogeochemical properties and carbon storage services of Andean soils of Colombia. *European Journal of Soil Biology*, 71, 28-36.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2019). Sistemas de información geográfica, sensores remotos y mapeo para el desarrollo y la gestión de la acuicultura marina. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a0906s/a0906s.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2020). Conservación de suelos y agua en América Latina y el Caribe. Oficina Regional de la FAO

- para América Latina y el Caribe. Disponible en: <https://www.fao.org/americas/regional-initiatives/soil-and-water-conservation-in-latin-america-and-the-caribbean/es>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2022). *Estado de los bosques del mundo, Vías forestales hacia la recuperación verde y la construcción de economías inclusivas, resilientes y sostenibles*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9360es>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2021). Cambio Climático. Recuperado el 03 de febrero de 2022 de <https://www.un.org/es/global-issues/climate-change>
- Otavo, S., y Echeverría, C. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(4), 924-935. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.041>
- Ortega, J. (2017). *Cadenas de Markov*.
- Ortega, J., & Arias, D. (2022). Análisis de los efectos del cambio de uso de suelo en el paisaje del bosque húmedo: Una visión al año 2022 en la cuenca del río Cayapas-Ecuador. *SATHIRI*, 17(1), 288-311. <https://doi.org/10.32645/13906925.1116>
- Ortiz, A., Outhwaite, C., & Dalin, C., et al. (2021). A review of the interactions between biodiversity, agriculture, climate change, and international trade: research and policy priorities. In *One Earth* 4(1), 88-101.
- Pacheco, J., Ochoa, S., Ordoñez, J. & Izquierdo, L. (2018). Agricultural diversification and economic growth in Ecuador. *Sustainability*, 10(7), 2257. <https://doi.org/10.3390/su10072257>.
- Palomeque de la Cruz, M. Á., Ruiz Acosta, S. D. C., Ramos Reyes, R., Magaña Alejandro, M. A., & Galindo Alcántara, A. (2021). Modelación de cambios de coberturas y uso de suelo en Nacajuca, Tabasco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(4), 655-669.
- Paris, M., Civit, B., & Corica, L. (2020). Valoración económica de los impactos ambientales por el uso del suelo con enfoque de ciclo de vida: Estado del arte. *Ambiente Construído*, 20(2), 367-383. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000200404>
- Parker, C., Manson, M., Janssen, A., Hoffman M., & Deadman, P. (2003). Multi-agent systems for the simulation of land-use and landcover change: A review. *Ann Assoc Am Geogr* 93:314–337.

- Peña, F. y González, E. (2018). Análisis multitemporal para la detección de cambios de uso del suelo, en el cantón Catamayo, provincia de Loja, Loja (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Loja. Ecuador
- Pérez, P., Gonzalez, J., & Palazón, J. (2004). La teledetección en la planificación territorial. Aplicación de técnicas de clasificación para la elaboración de cartografía de los usos del suelo. El empleo de los SIG y la teledetección en planificación territorial. *Universidad de Murcia, Departamento de Geografía*, 27-41.
- Pérez, G. (2020). Caminos rurales: vías claves para la producción, la conectividad y el desarrollo territorial.
- Plan Integral para la Amazonía [PIA] (2022). Obtenido de Plan Integral para la Amazonía Actualizado (2021-2025): https://www.secretariadelamazonia.gob.ec/wpcontent/uploads/2022/09/PIA_Digital-2022.pdf.
- Pilamunga Gualoto, B. P. (2023). *Consecuencias socioambientales de la minería ilegal en la provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador, durante el periodo 2018-2020* (Doctoral dissertation, PUCE-Quito).
- Pinos, N. J. (2016). Prospectiva del uso de suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial -Caso cantón Cuenca. *Estoa*, 5(9). <https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.02>
- Pineda, Jaimes, Joaquín Bosques, Monsterrat Gómez, y Wenceslao Plata. 2008. “Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes.” *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*.
- Pita, L. (2020). Análisis y modelización de la evolución de patrones globales y regionales en los conflictos socio ambientales. Aplicación a la Amazonia Ecuatoriana.
- Pontius, G., Huffaker, D., & Denman, K. (2004). Useful techniques of validation for spatially explicit land-change models. *Ecological Modelling*, 179(4), 445–461.
- Puertas, L., Henríquez, C., & Meza, J. (2014). Assessing spatial dynamics of urban growth using an integrated land use model. Application in Santiago Metropolitan Area, 2010-2045. *Land Use Policy*, 38, 415–425

- Prevedello, J., Winck, R., Weber, M., Nichols, E., & Sinervo, B. (2019). Impacts of forestation and deforestation on local temperature across the globe. *PLOS ONE*, 14(3), e0213368. doi: 10.1371/journal.pone.0213368.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, [PNUD]. (2016). *La Amazonía y la Agenda 2030. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. <http://www.undp.org/content/dam/rblac/docs/Research%20and%20Publications/Energy%20and%20Environment/UNDP-RBLAC-AmazonAgenda2030ES.pdf>
- Quiroz, M. (2022). *Análisis multitemporal de cambios de uso del suelo en la isla Santa Cruz-Galápagos de 1991, 1993, 2009, 2010, 2017, 2019 Y 2020 mediante sistemas de información geográfica* (Doctoral dissertation, Universidad Agraria del Ecuador).
- Quintana, M. & Solís, M. (2023). Análisis de diferentes tipos de agricultura para la conceptualización de una nueva ruralidad en el norte de México: el caso de Chihuahua. Documentos de Proyectos (LC/TS.2023/68-LC/MEX/TS.2023/12). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). <https://repositorio.cepal.org/items/ec45580c-b459-4836-8940-0aeadaec3c4b>.
- Ramos, R., Palomeque, Á., Megia, J., & Pascual, D. (2021). Modelo del cambio de uso de suelo en el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, México. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.587>.
- Red Amazónica de Información Socioambiental Georeferenciada [RAISG] (2024). Amazonia en Foco. Enero, 2024. Cuarta edición. 18 p.
- Rengifo, S. (2022). Deslignificación de residuos agrícolas y agroindustriales, mediante un proceso químico para obtener pulpa de celulosa en la región Ucayali.
- Reynoso, R. Valdez, J. Escalona, M., & Pérez, M. (2016). Cadenas de Markov y autómatas celulares para la modelación de cambio de uso de suelo. *Rev. Ing. Hidrául. Amb.* 37: 72-81.
- Reyes, D. (2021). Optimización de los procesos de explotación en la zona minera de áridos y pétreos del Río Upano.
- Riahi, K., Van Vuuren, D., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Cuaresma, J., Kc, S., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., ... Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions

- implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153-168.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>
- Rodríguez, I., Pérez, H., & García, R. (2021). Degradación del Suelo en Sistemas Agrícolas de la Granja Santa Inés, provincia de el Oro, Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 13, 557-564.
- Rodríguez, J. (2021). Perspectivas de la agricultura venezolana y la adaptación al cambio climático. Proyecto 74865-TOTAL. Nueva York, EE.UU.: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD. Recuperado de https://venezuela.fes.de/fileadmin/user_upload/documentos/AgriculturaCambioCLIMÁTICOJRodriguez.pdf
- Romero, J., & Rivera, A. (2020). La hidrosiembra, técnica de bioingeniería para la restauración de suelos producto de actividades mineras: experiencia en el proyecto minero mirador, Zamora Chinchipe - Ecuador. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 5(1), 11-21. Recuperado en 26 de febrero de 2023, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522020000100002&lng=es&tlng=es.
- Rojas, C., & Wenseslao, P. (2010). “Área Metropolitana de Concepción: Factores espaciales explicativos de su crecimiento urbano reciente (2001-2009) por medio de un Modelo de Regresión Logística Espacial”. *Postgrados UNAH*.
- Salazar, C., & Florián, J. (2022). Conectividad vial y economías ilícitas en la Amazonía peruana. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, (10).
- Salinas, L., & Delgado, M. (2023). Estudio del impacto socioeconómico de la empresa minera Ecuacorriente SA en la parroquia Tundayme, cantón el Pangui, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador.
- Sahagún, F., & Reyes, H. (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México Impact of land use cover change on protected natural areas in central region of Sierra Madre Oriental, Mexico. *CienciaUAT*, 6-21.

- Sánchez, P. (2021). Apoyo en las actividades del sector ambiente y desarrollo sostenible para el cumplimiento de las metas propuestas en el Plan de Desarrollo Municipal de Une, Cundinamarca.
- Sánchez, G., & Sánchez, L. (2023). Análisis y modelación de los procesos de deforestación en el eje vial Interoceánico Sur (Puerto Maldonado-Inambari) Madre de Dios, periodo 1999-2030.
- Santillán, V., Quitián, M., & Tinoco, B. (2020). Direct and indirect effects of elevation, climate and vegetation structure on bird communities on a tropical mountain. *Acta Oecologica*, 102, 103500.
- Saucedo, A. (2023). Análisis de la deforestación del Distrito Huabal–Región Cajamarca durante el periodo 2005–2020 y su proyección al año 2050 con teledetección.
- Servicios de Información y Noticias Científicas, [SINC]. (2022). *Las áreas protegidas sufren el impacto de los humanos*. Obtenido de <https://www.ambientum.com/ambientum/medio-natural/areas-protegidas-impacto-humanos.asp>.
- Segura, P. (2020). *EVALUACIÓN EN EL CAMBIO DEL USO DE SUELO Y SU RELACIÓN CON LA OFERTA HÍDRICA, EN LA MICROCUENCA LAS CAÑAS DEL PÁRAMO SISCUNSI* [Maestría en Ingeniería Civil con Énfasis en Hidroambiental, Universidad Santo Tomas]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/32010>
- Segura, J. (2023). Medición y comparación del rendimiento de cuatro algoritmos de aprendizaje supervisado para formular modelos predictivos sobre la rotación temprana de personal. *ESIC Market. Economic & Business Journal*, 54(2).
- Soto, M., Arriagada, J., Castro, C., Maerker, M., & Rodolfi, G. (2011). Relación entre el cambio de uso del suelo en la cuenca del Aconcagua y su litoral arenoso correlativo: Chile central. *Revista de geografía Norte Grande*, 50, 187-202. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022011000300011>
- Shukla, P., Skea, J., Slade, R., van Diemen, R., Haughey., Malley, J., Pathak, M., & Portugal, J. (2019). Technical Summary. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*.

- Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos. (2015). “Informe Nacional del Ecuador para la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible HABITAT III”. 2015
- Terraza, E. (2022). Estimación del crecimiento urbano de ciudades medias a partir del aporte de las zonas francas y la concentración de polinúcleos económicos: casos de estudios de Iquique y Punta Arenas.
- Tewabe, D., & Fentahun, T. (2020). Assessing land use and land cover change detection using remote sensing in the Lake Tana Basin, Northwest Ethiopia. *Cogent Environmental Science*, 6(1), 1778998.
- Thapa, P. (2019). A Review on Relationship between Land Use and Climate Change.
- Uribe, F., & Tôrres, E. (2022). Territorios en mutación. Inflexiones de la Ley Orgánica para la Planificación Integral de la Circunscripción Territorial Especial Amazónica-Ecuador.
- van Dijk, M., Morley, T., Rau, M. L., & Saghai, Y. (2021). A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. *Nature Food*, 2(7), 494-501. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00322-9>
- Veldkamp, A., & Lambin, F. (2001) Editorial: predicting landuse change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 85, pp. 1–6.
- Veloza, J. (2017). Análisis multitemporal de las coberturas y usos del suelo de la reserva forestal protectora productora “Casa Blanca” en Madrid Cundinamarca entre los años 1961 y 2015: aportes para el ordenamiento territorial municipal [Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Veloza-TorresJenny-Patricia.pdf
- Vera, J. (2020). Análisis de uso de suelo a partir de imágenes satelitales sentinel 2 en el cantón Buena Fe, provincia de Los Ríos.
- Verburg, P., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, V., & Mastura, S. (2002). *Modeling the spatial dynamics of regional land use: The CLUE-S model*. 3, 391-405. <https://doi.org/10.1007/s00267-002-2630-x>
- Verburg, H., van Berkel. B., van Doorn. M., van Eupen. M., & van den Heiligenberg, M. 2010. Trajectories of land use change in Europe: a model-based exploration of rural futures. *Landscape Ecol.* 24(2). 217-232.

- Vilela, W., Espinosa, M., & Bravo, A. (2020). La Contaminación Ambiental Ocasionada por la Minería en la Provincia de El Oro [Environmental Pollution as a Result of Mining in the Province of El Oro]. *Estudios de la Gestión. Revista Internacional de Administración*, 8(8), 215–233. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.8>
- Villacrés, D. (2007). Situación del manejo forestal sostenible en la Amazonia ecuatoriana. *Recursos Naturales y Ambiente*, (49-50).
- Volante, N. (2014). *Dinámica y consecuencias del cambio en la cobertura y el uso del suelo en el Chaco Semi-Árido* (Doctoral dissertation, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires).
- Von Thaden, J., Manson, R. H., Congalton, R. G., López-Barrera, F., & Salcone, J. (2019). A regional evaluation of the effectiveness of Mexico's payments for hydrological services. *Regional Environmental Change*, 19, 1751–1764. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01518-3>
- Vuille, M., Carey, M., & Huggel, C. (2018). Rapid decline of snow and ice in the tropical Andes – Impacts, uncertainties and challenges ahead. *Earth Science Reviews*, 176, 195-213
- Winkler, K., Fuchs, R., Rounsevell, M., & Herold, M. (2021). Global land use changes are four times greater than previously estimated. *Nature communications*, 12(1), 2501. <https://doi.org/10.1038/s41467-02122702-2>
- Young, B., Young, K. R., & Josse, C. (2011). Vulnerability of tropical Andean ecosystems to climate change. *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. SCOPE, IAI, 170-181.

11. Anexos

Anexo 1. *Planificación de los talleres realizados en el cantón Nangaritza, Yantzaza, Paquisha y el Panguí.*



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE LOJA**



COMUNIDEC

Taller proyecto: Análisis, modelamiento y simulación espacial del cambio de uso de suelo en los cantones Nangaritza, Yantzaza, Paquisha y el Panguí, de la provincia de Zamora Chinchipe, periodo 1990 – 2070.

29 de marzo de 2023

I. Descripción de la actividad

La actividad se desarrollará en el cantón Yantzaza, en donde participaran integrantes del equipo de investigación y tomadores de decisiones que permitirán construir un modelo de cambio de uso de suelo en distintos contextos de cambio climático, para así garantizar una planificación territorial sustentada en avances científicos actuales y enfoques de modelamiento participativo.

II. Objetivo

- Socializar el proyecto "Análisis, modelamiento y simulación espacial del cambio de uso de suelo en los cantones Nangaritza, Yantzaza y el Panguí, de la provincia de Zamora Chinchipe, periodo 1990 – 2070."
- Levantar información de las perspectivas territoriales relacionadas con las dinámicas de cambio de uso de suelo observadas y esperadas en el cantón Yantzaza.

III. Participantes:

- Alcalde vigente del I. Municipio de Yantzaza
- Consejales vigentes del I. Municipio de Yantzaza
- Alcalde electo del I. Municipio de Yantzaza
- Consejales electos del I. Municipio de Yantzaza
- Director de planificación del I. Municipio de Yantzaza
- Director de Gestión Ambiental
- Jefe de control y regulación urbana
- Integrantes de la comunidad: presidentes barriales, rectores de colegios.
- Representante del MAATE
- Representante del MAG
- Representante de Gestión de Riesgos
- Representante de la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM)

IV. Metodología

1. Conformación de mesas de trabajo para conversatorio sobre:

Mesa 1

- ¿Hacia dónde se dirigirán los principales cambios de uso de suelo en los próximos 30 años?
- ¿Qué sectores y zonas serían las primeras en observar estos cambios?

Mesa 2

- ¿Qué conflictos o tensiones se podrían esperar de estos cambios de uso de suelo?
- ¿En la actual planificación territorial del GAD cantonal, se involucra a los cantones vecinos?

Mesa 3

- ¿Cuáles son los actuales instrumentos de planificación que determinan áreas de expansión urbana, donde se localizan?



- ¿Qué recomendaciones propondría para controlar y planificar de mejor modo el crecimiento urbano?

Las preguntas serán respondidas, en función de cambios de uso de suelo observados y distintas dinámicas territoriales relacionadas con minería, deforestación, crecimiento urbano, crecimiento de frontera agrícola y cambio climático.

2. Plenaria

A cargo del equipo de investigación

V. Agenda

Hora	Tema	Responsable
09H30 - 10H00	Bienvenida y contextualización	César Benavidez Silva
10H00 - 10H30	Socialización del Proyecto	Christian Cueva Pacheco
10H30 - 12H00	Construcción de la visión de Yantzaza al 2030, 2050 y 2080 – relaciones cambio de uso de suelo y cambio climático.	Guillermo Chunchu Morocho
12H00 - 12H30	Plenaria	Equipo de investigación

VI. Insumos

- Infocus
- 3 pizarras
- Papelógrafos
- Marcadores
- Cartulinas (tamaño A5) de 3 colores distintos
- Coffe Break
- Identificadores
- Extensiones eléctricas
- Cinta o tachuelas
- 3 mapas base del cantón Yantzaza en formato A1.

VII. Resultados esperados

Información relacionada con la visión cantonal frente al crecimiento urbano, crecimiento de la frontera agrícola, deforestación y avance minero en el cantón. Esta información permitirá construir modelos de uso de suelo participativos que serán socializados en el cantón una vez finalizada la investigación.

Anexo 2. *Fotografías de los Talleres semi-estructurados ejecutados en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe.*



Fotografía 1. Taller con tomadores de decisión en Yantzaza.



Fotografía 2. Taller con tomadores de decisión en Yantzaza.



Fotografía 3. Retroalimentación de datos con tomadores de decisión en Yantzaza.



Fotografía 4. Socialización de información con tomadores de decisión en Yantzaza.



Fotografía 5. Taller con tomadores de decisión en Paquisha.



Fotografía 6. Taller con tomadores de decisión en Paquisha.

Anexo 3. Papelógrafos resultados de las preguntas propuestas en los talleres semi-estructurados en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe.

1) Indicadores

- ↑ Amp
- ↑ Población
- ↓ Servicios Básicos - Datos infraestructura yb/ minería
- Desorganización del Cantón
- Contaminación → H2O - Educación ↓
- ↓ Suelo Agrícola → Ambiente
- ↓ Flora - Fauna

2)

- Zamora
- Centinola
- Yacuambai
- Los Encuentros
- Inundaciones
- Guadalupe
- Río Yacuambai

Guerra Río Zamora

- Afectaciones Minería
- ↑ Injusticia Alimentaria
- ↑ Salud
- ↓ Calidad H2O
- ↓ Seguridad

Inundaciones → ↓ Sistemas Agrícolas

- ↓ Infra Vial
- ↓ Habitaciones
- Ordenamiento Territorial → apto por leyes

2) ↑ Dirección Política

- ↓ Bases Teóricas / Políticas considerar.
- Compromiso Social
- Difundir
- Educación Ambiental / Social ↑
- R. S. ↓
- Verano - Julio } Antes
- Lluvias - Enero } Act.
- Verano - Diciembre
- Lluvias - No hay potón

Pregunta 1

Ub - Norte - Este

40% 20%

Oeste - Área cosecha 100 ha. Lo No crecimiento

Los Encuentros - crecimiento al Este.

Chicra - Oeste

Pregunta 2. Minería Fuerte del Norte.

Población Rural > 50 años.

+ Minería por - Agricultura y Cauderías

Zonas turísticas para conservar y expandir

Predicción - solo var biotónicas.

Agricultura - Grand - Norte y Este

Hacia donde se dirigen los Ucos?

Conurbación → Pangui - Pachicofza

Pangui - Guisani

Guisani - Tundayme

Pangui - cosecha ↑ → 100% - 300%

Guisani → Sur-este → 100% - 200% - 35%

Tundayme → ↑ 50% Al rededor de la vocal Andinista

Agricultura → > 60 años / Mejores Agricultura.

Cauderías → < Cauderías

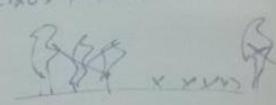
Valles - Agricultura

2. E / Guisani - Tundayme - Pangui

↳ Cauderías

Mesa

- ↓ Biodiversidad
 - Restauración
 - ↓ H₂O
 - ↓ temperatura
 - Noche ↓ Temp
- Vegetación
 - ↓ Fauna
 - ↓ Calidad Suelo
 - Meteoración Urbana
 - Cambios patrones precipitación



2) Si. a. perlate

- Ordenanzas
- Convenios
- Manos a sueltas
- Bomas para productores

¿Hacia donde se dirigen los usos de suelo en 30 años?

Urbano → ↑ 50% Guayzini
 Nancey — ↑ 25%
 Nuevo Pararso — ↓ 30%
 Zurumi — ↑ 50%

1) Agricultura - Ganadería → < Ganadería.
 ↳ Sobre las montañas

Guayzini → primero en cambiar. Luibano

2) Agricultura → riberas de río.
 ↳ potencial terreno → 5-10 años

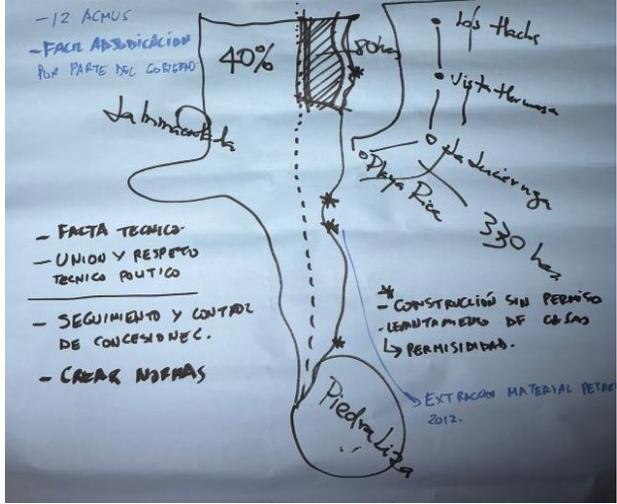
Guayzini - Municipio y propietarios al ↑ del centro Urb.

3) Parroquias - Minería - Agricultura - Rios
 Viabilidad - Tensiones con propietarios.
 ↳ Parroquias barrios

MESA 3

PROYECCION ORDENANZA — GAD — PARA CRECIMIENTO POPULACIONAL A LARGO PLAZO

- ORDENANZAS QUE REGULAN LA EXPANSION URBANA Y RURAL
- ↳ FOMENTAR EL CUMPLIMIENTO
- ESTUDIOS DE SUELO
- EVALUACION DE RIESGOS
- PLAN DE USO Y GESTION DE SUELO. 2020 - 2032
- ↳ O. DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, ORDENAMIENTO URB. CONSTRUCCIONES Y DISEÑO DEL CANTON YANZANI 10 Nov 2020.
- ↳ SOSTENER AREAS DE PRODUCCION Pta. Alto
- EXTRACCION DE MATERIAL PIEDRA
- 12 ACUMUS
- FACIL ADSCRIPCION POR PARTE DEL GOBIERNO



- FACTA TECNICA
- UNION Y RESPETO TECNICO POLITICO
- SEGUIMIENTO Y CONTROL DE CONCESIONES.
- CREAR NORMAS
- CONSTRUCCION SIN PERMISO
- LEVANTAMIENTO DE CASAS
- ↳ PERMISIBILIDAD.

3) INSTRUMENTOS DE PLANIFICACION AGUALES (EXPANSION URBANA)

- PDOT
- PUGS
- ORDENANZA (2) ← SE CUMPLE
- INSPECCIONES
- ↳ GASTOS PARA LOTIFICACION
- ↳ LOTIFICACION SIN PERMISOS

3) RECOMENDACIONES CONTROL Y PLANIFICACION

- ↳ CONTROL EN ZONAS DE PISO (AGUANTAMIENTOS)
- ↳ CALIFICACION
- ↳ REFORMAS DE ORDENANZA PARA CONTROL (MORANDOS) ↳ SAUCOSUE
- ↳ ORDENANZA (MODELOS HIDROLOGICOS) - PROGRAMACION
- ↳ IMPLEMENTAR FACTA TECNICA

Meta 2

1) Alteración Ambiental = CC

↑ Temp + contaminación ↓ Biodiversidad

Contaminación H₂O → Deforestación

- Problema social/Económico
- Contaminación ↓ precipitación
- ↓ Calidad de suelos años largo ahora junio

2) Si importante

- Actividades de deforestación
- Planificación entre instituciones
- Política
- Cumplimiento de Ordenanzas
- Socialización Ordenanzas
- Acordados de PDDOT
- Mantener Cultural

¿Hacia donde se dirigen los usos de suelo en 30 años?

Urbano → ↑ 50% Guaymín

Nareay — ↑ 25%

Nuevo Paraiso — ↓ 30%

Zurumi — ↑ 50%

Agricultura - Ganadería → < Ganadería

↳ Sobre las montañas

Guaymín → primero en cambiar. Urbano

2) parroquias en ganadería

Agricultura → riberas de río.

↳ potencial desarrollo 5-10 años

Guaymín - Municipio y propietarios al ↑ del centro urb.

3) Parroquias - Minería - Agricultura - Ríos

Vialidad - Tensiones con propietarios.

↳ Parroquias barrias

¿CUALES SON LOS ACTUALES INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN QUE DETERMINAN ÁREAS DE EXPANSIÓN URBANA, ?

- ORDENANZA QUE REGULA LA EXPANSIÓN DE TERRITORIO URBANO
- ↳ FALTA CUMPLIR
- CONTROL TÉCNICO. ← FALTA PERMANENTE
- PDDOT - NO SE CUMPLE

APLICACIÓN DE PDDOT → CUMPLIMIENTO A CAPACIDAD

→ DETERMINACIÓN DE ÁREAS

- CREACIÓN DE ORDENANZAS → CUMPLIMIENTO
- ↳ CUIDADO DE AGUA
- ↳ PÉRDIDAS
- CREACIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS
- MAYOR CONTROL TÉCNICO → MINERÍA — URBANO
- ↳ REGULACIÓN
- AYUDA DEL GOBIERNO

Anexo 4. Certificación de traducción del resumen.

CERTIFICADO

Loja, 9 de mayo del 2024

Yo, Lilibeth Johana Bravo Fajardo, con documento de identidad Nro. **2100510854**, poseedora del certificado **NIVEL INTERMEDIO AVANZADO B2-INGLÉS**, avalado por Cambridge Assessment English, Número de Verificación: C0018683.

CERTIFICO:

Que el documento aquí compuesto es fiel a la traducción del idioma Español al idioma Inglés de un resumen de Tesis de Postgrado, la misma que se realizó en base a los documentos originales entregados por el autor, el ingeniero **CHRISTIAN VINICIO CUEVA PACHECO**, con cédula de identidad Nro. **1105651457**, con el tema denominado “Dinámica y perspectivas de cambio de uso de suelo, en los cantones Nangaritza, Paquisha, Yantzaza y el Pangui, de la provincia de Zamora Chinchipe”.

Lo certifico en honor a la verdad, y, a su vez autorizo al interesado a hacer uso del presente documento para los fines que considere pertinentes.

Atentamente,



Ing. Lilibeth Bravo Fajardo

C.I: 2100510854



lili06.fajardo@gmail.com
Cell: 098 806 3108