

**Universidad Andina Simón Bolívar**

**Sede Ecuador**

**Área de Gestión**

Maestría de Investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo

**Análisis de los procesos de cambio de uso y cobertura del suelo en la  
microcuenca del río Tabacay**

Edson Daniel Pabón Salazar

Tutora: Jheimy Lorena Pacheco Niveló

Quito, 2022

Trabajo almacenado en el Repositorio Institucional UASB-DIGITAL con licencia Creative Commons 4.0 Internacional

	Reconocimiento de créditos de la obra No comercial Sin obras derivadas	
---	--	---

Para usar esta obra, deben respetarse los términos de esta licencia







## Resumen

La consolidación del modelo neoliberal a nivel mundial ha recreado nuevos territorios a partir de la implementación de políticas agrarias como las reformas agrarias en América Latina. La zona Sur del Ecuador, ha estado marcada por los procesos de acaparamiento de la tierra generando efecto en la población como las crisis migratorias, que han impactado el campo y sus formas de producción. Teniendo como unidad de análisis la microcuenca del río Tabacay, se analizaron las relaciones de poder en torno a las problemáticas de abastecimiento de agua en la zona, y se encontró que gran parte de la responsabilidad en relación a estas problemáticas ha sido trasladada a las zonas altas de la microcuenca. Además, a partir de la modelación del cambio en el uso del suelo, se analizó cómo los cambios en las coberturas vegetales han estado relacionados con la expansión de actividades de agricultura y ganadería en la zona.



A todas las personas que me alientan a cumplir con mis metas.  
Al tiempo y el espacio de poder escribir en medio de la pandemia, sé que las  
desigualdades sociales nos afectan de manera diferenciada a todos.  
Finalmente, quiero dedicarle mi trabajo a mi más grande pérdida en esta pandemia mi  
abuela Luz Angelica Mutis, tu alegría siempre va a vivir en nuestras memorias.



## **Agradecimientos**

En primer lugar, me gustaría agradecerle a la ingeniera Jheimy Pacheco por su apoyo en la dirección de mi trabajo de tesis, en especial por su guía en la elaboración de los modelos de cambio de uso y cobertura del suelo. De igual forma a la profesora Melissa Moreano y sus recomendaciones, las cuales me permitieron ampliar mi visión sobre las problemáticas socioambientales de la región.

Finalmente, agradecerle a mi pareja, padres, hermana y sobrinos por su apoyo y cariño.



## Tabla de contenido

Figuras .....	13
Tablas .....	14
Acrónimos .....	15
Introducción.....	17
Capítulo primero: Problemática en torno a la contracción de la tierra en Ecuador.....	19
1. Consolidación del modelo neoliberal en Ecuador .....	19
2. Conflictos alrededor de la concentración de la tierra en el sur del Ecuador.....	21
2.1. Efectos de la crisis del sombrero de paja toquilla en la zona sur del Ecuador.....	22
2.2. Primera reforma agraria del Ecuador, año 1964 .....	23
2.3. Segunda reforma agraria del Ecuador, año 1973 .....	24
2.4. Profundización en las problemáticas relacionadas con la tierra en el siglo XXI.....	25
3. Concentración de la tierra en la provincia del Cañar .....	26
3.1. Configuración y problemática relacionadas con la tierra en la provincia del Cañar y el cantón Azogues .....	27
4. El fenómeno migratorio en Ecuador y la provincia del Cañar .....	28
Capítulo segundo: Modelos de cambio de uso y cobertura de los suelos.....	33
1. Contexto histórico de las modelaciones de cambio del uso y la cobertura de suelo .	34
1.1. Disminución de la escala en los modelos LUCC .....	35
2. El cambio del suelo y su relación con los ecosistemas naturales .....	36
2.1. Clasificación de los tipos de uso y cobertura del suelo.....	36
3. <i>Drivers</i> o impulsores del cambio .....	38
3.1. Implementación de modelos LUCC en la microcuenca del río Tabacay.....	39
4. Modelo de cadenas de Markov .....	40
5. Modelo de autómatas celulares .....	41
6. Modelo integrado de cadenas de Markov y autómatas celulares.....	41
7. Modelo de regresión logística.....	42
Capítulo tercero: Microcuenca del río Tabacay: espacio y relaciones de poder .....	43
1. Microcuenca del río Tabacay.....	43
2. Actividades económicas en las parroquias de Guapán y Bayas .....	45
3. Usos y coberturas del suelo en la microcuenca del río Tabacay .....	47

4. Relaciones de poder en el marco del proyecto de conservación de la microcuenca del río Tabacay .....	50
4.1. Diálogo entre actores en torno a la problemática del agua en la microcuenca del río Tabacay .....	52
4.2. Plan de manejo de la microcuenca .....	55
5. Metodología.....	56
5.1. Metodología para la implementación de los modelos de cambio del uso y la cobertura del suelo.....	56
5.1.1. Conjunto de datos .....	56
5.1.2. Uso del suelo y cobertura vegetal.....	57
5.1.3. <i>Drivers</i> o variables impulsoras .....	59
5.2. Modelaciones de cambio del uso y la cobertura del suelo .....	61
5.3. Modelo integrado CA Markov .....	61
5.4. Modelo de regresión logística .....	63
Capítulo cuarto: Resultados y discusión.....	65
1. Modelaciones de cambio del uso y la cobertura de suelo.....	65
1.1. Modelo integrado CA Markov .....	65
1.1.1. Cambio de uso del suelo y matrices de probabilidad de transición.....	65
1.1.2. Validación del modelo.....	67
1.1.3. Cambio futuro en el uso y la cobertura del suelo .....	69
2. Modelo de regresión logística.....	70
2.1. Validación del modelo .....	73
2.2. Modelo integrado de Markov y regresión logística .....	74
3. Discusión .....	76
3.1. Cambios en el uso y la cobertura del suelo en la microcuenca del río Tabacay ...	76
3.2. Implementación de modelos de cambio de uso y cobertura del suelo en la microcuenca del río Tabacay.....	79
3.2.1. Modelo integrado CA Markov .....	79
2.1. Modelo de regresión logística .....	80
2.2. Modelo de Markov y regresión logística .....	82
Conclusiones.....	85
Lista de referencias .....	87

## Figuras

Figura 1. Tipos de vecinos de un autómatas celular: (a) von Neumann, (b) Moore, (c) von Neumann extendido, (d) Moore extendido.....	41
Figura 2. Localización del área de estudio. ....	45
Figura 3. Localización del área de estudio y parroquias de Guapán y Azogues. ....	47
Figura 4. Uso y cobertura de suelo: (a) 1990, (b) 2000, (c) 2008, (d) 2014, (e) 2018. ...	49
Figura 5. Actores sociales reunidos alrededor de la problemática de escasez y contaminación del agua en la microcuenca del río Tabacay .....	52
Figura 6. Cobertura y uso de suelo: (a) 1990, (b) 2000, (c) 2008, (d) 2014, (e) 2018. ...	58
Figura 7. Factores impulsores: (a) pendiente, (b) elevación, (c) distancia a drenajes, (d) distancia a centros poblados, (e) distancia a vías, (f) evotranspiración anual, (g) precipitación. ....	60
Figura 8. Diagrama de flujo del modelo aplicado CA Markov .....	62
Figura 9. Cambios temporales del uso y la cobertura del suelo (en ha).....	66
Figura 10. Uso / cobertura del suelo simulado vs real en 2008.....	68
Figura 11. Uso / cobertura del suelo simulado vs real en 2008.....	68
Figura 12. Uso / cobertura del suelo simulado vs real en 2018.....	69
Figura 13. Uso / cobertura del suelo simulado vs real en 2018.....	69
Figura 14. Mapas simulados de uso / cobertura futura del suelo: (a) 2035 y (b) 2045. .	70
Figura 15. Cambio en el uso / cobertura del suelo (ha).....	70
Figura 16. Mapas de idoneidad para (a) bosque, (b) páramo, (c) vegetación arbustiva y herbácea, (d) tierra agropecuaria, (e) zona antrópica (0 indica que no hay idoneidad y 1 indica la idoneidad más alta respecto al cambio de pixel de una cobertura a la otra). ...	74
Figura 17. Mapas simulados de uso / cobertura futura del suelo: (a) 2035 y (b) 2045. .	75
Figura 18. Cambio en el uso / cobertura del suelo (ha).....	76
Figura 19. Datos de simulación de uso/cobertura futura del suelo: (a) CA Markov y (b) LCM. ....	83

## Tablas

Tabla 1 Coberturas y usos de la tierra .....	37
Tabla 2 Actividades económicas en Guapán por número de habitantes .....	46
Tabla 3 Usos y coberturas del suelo en la microcuenca Tabacay entre los años 1990, 2000, 2008 y 2018 .....	48
Tabla 4 Características de los datos de teledetección y otros datos usados en el área de estudio.....	57
Tabla 5 Características de los tipos de uso y cobertura del suelo.....	57
Tabla 6 Factores impulsores del cambio de uso y de cobertura del suelo.....	59
Tabla 7 Cambios temporales del uso y la cobertura del suelo (en ha) .....	65
Tabla 8a Matriz de probabilidades de transición del uso y la cobertura del suelo, 1990-2000 .....	66
Tabla 9 Coeficientes de determinación $R^2$ - modelo de regresión logística.....	71
Tabla 10 Variables de la ecuación logística a partir del uso y la cobertura del suelo en el 2018 .....	72
Tabla 11 Coeficientes ROC - modelo de regresión logística .....	72
Tabla 12 Coeficiente ROC - análisis espacial .....	73
Tabla 13 Variables $\beta$ – beta de la ecuación logística a partir del uso y la cobertura del suelo en el 2018 - análisis espacial.....	73
Tabla 14 Cambio en el uso y la cobertura del suelo (en ha) - modelo de Markov y regresión logística.....	75

## Acrónimos

ACORDES – Unidad Académica de la Universidad de Cuenca

CLUE - Modelo de Conversión del Uso de la Tierra y sus Efectos

CA - Autómatas celulares

COPOE - Consejo de Programación de Obras Emergentes del Río Paute

DEM - Modelo Digital de Elevación

EMAPAL – Empresa Pública Municipal de Agua Potable del Cantón de Azogues

ESPAC - Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua

GEOMOD – Modelo de Simulación de Cambio del Suelo

IEE - Instituto Espacial Ecuatoriano

INEC - Instituto Espacial Ecuatoriano

MAE - Ministerio del Ambiente

MAGAP - Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

ROC – Receiver Operating Characteristic

SENAGUA - Secretaría Nacional del Agua

SLEUTH – Programa Simulado de Predicciones de Crecimiento Urbano

UCEM - Unión Cementera Nacional

UPAs - Unidades Productivas Agropecuarias



## Introducción

El estudio del cambio en el uso y la cobertura del suelo en términos temporales y espaciales es de gran importancia para la planificación y la gestión de los recursos naturales (Islam et al. 2018). La cobertura vegetal desempeña un papel primordial en las dinámicas naturales del planeta: por ejemplo, los bosques y los páramos cumplen funciones de regulación con respecto al clima local y mundial, la producción y el almacenamiento de agua, la prevención de la erosión del suelo, entre otros aspectos (García *et al.* 2019, 2; Ferreira *et al.* 2019, 249).

En la actualidad, la consolidación del modelo neoliberal ha exacerbado el cambio en el uso y la cobertura del suelo en varias regiones del planeta, según lo que indica la revisión académica. En América Latina, por ejemplo, la imposición de políticas desarrollistas como las reformas agrarias ha reconfigurado el campo impactando las formas de producción y generando procesos de concentración en la tenencia de la tierra (McMichael 2000). En consecuencia, las zonas rurales han experimentado la expansión de su frontera agrícola y ganadera sobre áreas con cobertura vegetal natural, y han generado nuevos usos del suelo (Larrea 2006).

Estudiar el territorio no es tarea sencilla, entre otras razones debido a que su análisis se encuentra permeado por el contexto histórico, político y económico del observador, definido como la intencionalidad y que propone diferentes lecturas de una misma realidad (Fernández 2009, 7). En este contexto, múltiples disciplinas han planteado marcos de análisis del territorio. Por ejemplo, un campo que ha tomado fuerza desde la década de los ochenta es la ecología política, que reconoce la existencia de un sistema capitalista imperante a escala global, consolidado a partir de la implementación de políticas neoliberales con base en discursos como el de la modernización del campo, la apertura del libre mercado, el consumismo, etc. (Machado 2009, 2).

En ese sentido, la ecología política propone analizar el territorio a partir de la identificación de las relaciones de poder que se ejercen en torno a las dinámicas del modelo capitalista (Giraldo y Rosset 2017). Estas relaciones de poder suelen ser estudiadas en función de las prácticas y las estrategias de acumulación del capital, las cuales generan a su vez procesos de resistencia que en conjunto configuran el territorio y la sociedad (Lasso 2019, 4).

Por otra parte, algunas ciencias aplicadas, como la ciencia de la tierra, han centrado su esfuerzo en lograr medir en términos espaciales y temporales los cambios de uso del suelo, a fin de lograr modelar y proyectar estas dinámicas en escenarios futuros (Martinez y Patiño 2012). En ese orden de ideas el desarrollo de nuevas tecnologías espaciales, como los sistemas de información geográfica (SIG), la teledetección y la implementación de modelos computacionales han permitido la cuantificación y el estudio del cambio en el uso del suelo (Memarian *et al.* 2012, 543).

La presente investigación se ubica en la región sur del Ecuador, que se encuentra permeada por problemáticas sociales relacionadas con las dinámicas de la concentración en la tenencia de la tierra (Torres *et al.* 2017, 36), además de que es una región con la tasa de deforestación más alta del Ecuador (del orden del 2,01 %), que ha afectado en mayor porcentaje el bosque nativo, degradándolo o convirtiéndolo en pastos ( Tapia *et al.* 2015).

La escala de estudio de la investigación se centra en la provincia del Cañar, específicamente en la microcuenca del río Tabacay, debido a la importancia ecológica que tiene para la población y los proyectos de gobernanza colaborativa que se han adelantado en la zona. Como metodología se propuso estudiar el territorio desde un enfoque de la ecología política, principalmente dirigido hacia las problemáticas de concentración en la tenencia de la tierra y sus efectos en el cambio del uso del suelo, además de la implementación de modelos computacionales para cuantificar y analizar los cambios de usos y coberturas de suelo a través del tiempo.

El objetivo general del estudio es analizar el cambio en el uso del suelo en la microcuenca del río Tabacay. Y para eso se plantearon tres objetivos específicos: (1) estudiar la problemática en torno a la concentración en la tenencia de la tierra en la zona sur del Ecuador; (2) identificar a los actores sociales asociados a la problemática del cambio en el uso del suelo en la microcuenca del río Tabacay; (3) implementar modelos computacionales para medir los cambios en la cobertura del suelo en términos espaciales.

En resumen, la primera parte del documento se centra en el análisis histórico (desde la perspectiva de la ecología política) de la problemática que rodea la concentración en la tenencia de la tierra en la región sur del Ecuador. Posteriormente la discusión se centra en la microcuenca del río Tabacay y los principales actores sociales presentes en el marco de la formulación de su plan de conservación. Finalmente, se utilizaron los modelos de CA Markov, autómatas celulares y la regresión logística para analizar los cambios de uso del suelo a nivel espacial.

## Capítulo primero

### Problemática en torno a la contracción de la tierra en Ecuador

El presente capítulo tiene como objetivo abordar la problemática relacionada con la concentración en la tenencia de la tierra en la región sur del Ecuador, a partir de la revisión de información primaria y secundaria, utilizando como marco de análisis la ecología política. La importancia de esta sección es que permite describir el contexto político y social de las medidas que regulan el uso de la tierra, generadas en la zona sur del Ecuador, donde se encuentra ubicada la microcuenca del río Tabacay.

La parte inicial del capítulo se centra en explicar cómo la implementación a través de la historia de las políticas desarrollistas del Ecuador consolidó el modelo neoliberal con base en un modelo primario exportador. Posteriormente, se analizan los efectos del conflicto alrededor de la concentración en la tenencia de la tierra en el sur, especialmente en la provincia del Cañar, donde se encuentra ubicada la microcuenca del río Tabacay, a partir de eventos históricos, como la crisis del sombrero de paja toquilla, las reformas agrarias y la llegada al poder de algunos dirigentes políticos. Finalmente, se abordan tres olas migratorias generadas en el país como efecto de las crisis sociales de cada época.

#### 1. Consolidación del modelo neoliberal en Ecuador

Hacia finales de los años noventa se consolidó el modelo neoliberal a nivel mundial, con la imposición de políticas desarrollistas que permitieron “la transferencia de la industria extractiva y contaminante desde el Norte geopolítico hacia los países del Sur” (Machado, 2009, 2). Lo anterior se daba en el marco de la implementación de políticas económicas generadas después de la Segunda Guerra Mundial, a partir de la aprobación de los Acuerdos Bretton Woods, propuestos por los estadounidenses y que trajeron consigo la creación del hoy llamado Banco Mundial y el establecimiento del dólar como patrón de cambio (R. Martínez y Reyes 2012, 37).

En los años setenta Ecuador atravesaba el auge del llamado *boom petrolero*, que trajo consigo fuertes medidas de intervención en la economía, como las reformas agrarias. Posteriormente, en los inicios de 1980, se amplía la agenda neoliberal en el país y el Estado asume la deuda privada de banqueros y empresarios mediante una medida

conocida como *sucretización* (que concentró la riqueza). Posteriormente, a mediados de los ochenta, las políticas de liberación del mercado y la caída de los procesos de industrialización que fueron sustituidos por importaciones reforzaban el modelo primario-exportador del país (Minteguiaga 1969, 49).

A partir de los años noventa el modelo neoliberal se consolida en el Ecuador, como consecuencia del traslado de las responsabilidades del Estado hacia la sociedad civil. Lo anterior, con base en la implementación de medidas privatizadoras, como el aumento en las tarifas eléctricas y el costo de la gasolina, que se daban en el marco de la Ley de Modernización del Estado y que tenían como objetivo modificar el papel de este (Vásconez 2006, 367).

Como consecuencia de estos procesos de modernización se generó un estallido social desde sectores populares como el campesino, impulsados por las denuncias a la concentración en la tenencia de la tierra y el aumento en los precios de productos e insumos agrícolas en el país. La solución por parte del Gobierno frente a este estallido social fue una consulta popular, cuyo resultado permitió desacelerar la “profundización” del neoliberalismo (Minteguiaga 2012, 49).

Sin embargo, a finales de los años noventa se desató una fuerte crisis financiera en el Ecuador, resultado de la inestabilidad política de la época causada por la guerra con el Perú, los impactos generados por el fenómeno de El Niño y la suspensión de los créditos extranjeros (Espinoza 2000, 2). Como resultado de esta recesión económica devino la incapacidad del país para asumir la deuda externa, lo que impulsó las medidas de dolarización de la economía en el contexto neoliberal de la época (Minteguiaga 1969, 49).

A comienzos del siglo XXI Latinoamérica se encontraba sumida en un modelo extractivista debido a la expansión de la megaminería, el petróleo y la “modernización” del campo (Seoane 2012, 3). Sin embargo, en esta misma época los grupos históricamente marginados ejercieron resistencia frente a las políticas neoliberales, alegando la llegada de los “límites físicos del planeta” y las problemáticas de la globalización de la producción de alimentos (Acosta y Ordóñez 2017, 141).

En el contexto del Ecuador, esto se tradujo en la llegada al poder del presidente Rafael Correa en el año 2007, lo cual evidenció el agotamiento del modelo neoliberal debido en gran medida a la Gran Recesión y a la crisis alimentaria mundial. El proyecto político de Correa tuvo como pilares los conceptos del *buen vivir* y la soberanía alimentaria; esta última se llevaría a cabo a partir de una revolución agraria (Lasso 2016, 260). Sin embargo, lejos del fin del neoliberalismo, este se agudizó a través de la

implantación de planes de modernización, que en el Gobierno del “buen vivir” impulsaron en el campo la expansión de la agroindustria y la agroexportación, profundizando la dependencia del campesinado a ellos (265).

Posteriormente, en el año 2017, en un contexto de protestas sociales masivas debido al modelo extractivista y los casos de corrupción del Gobierno de Correa, Lenín Moreno es elegido como presidente, irónicamente gracias a su plataforma de continuidad. Lo que siguió fue la reafirmación de la imposición de una agenda de derecha neoliberal, evidenciada en el aumento de la deuda externa y el fortalecimiento de las relaciones con los Estados Unidos a partir de un Acuerdo de Libre Comercio (Frieiro y Sánchez 2021, 148).

Es innegable la consolidación del modelo neoliberal en el contexto ecuatoriano, a partir de sus formas de privatización y concentración del poder. Algunas de estas políticas desarrollistas han impactado el campo, generando procesos de reconfiguración de los territorios a través de la implementación de medidas como las reformas agrarias de los años 1964 y 1973, las cuales a su vez han afectado las formas de vida de la población rural, como lo evidencian el cambio en el uso de su suelo y los procesos de migración generados especialmente en esta región del país.

## **2. Conflictos alrededor de la concentración de la tierra en el sur del Ecuador**

La transformación del territorio ecuatoriano en el último siglo puede ser estudiada a partir de su proceso de modernización agraria, que ha estado influenciado por la implementación de políticas neoliberales en el país. Este proyecto de modernización capitalista ha estado centrado en el mercado mundial de alimentos, que impacta directamente en la agricultura y sus formas de producción (McMichael 2000).

Las provincias del Azuay y Cañar poseen una larga historia de la concentración del poder y de la tierra, consecuencia del modelo neoliberal. La crisis del sombrero de paja toquilla, las reformas agrarias de los años 1964 y 1973, entre otros hitos históricos, permiten analizar cómo se ha configurado el territorio en la región sur de los Andes ecuatorianos a lo largo del tiempo y cómo esto se ve traducido en los cambios en el uso de sus suelos.

## 2.1. Efectos de la crisis del sombrero de paja toquilla en la zona sur del Ecuador

A comienzos del siglo XX la agricultura de gran parte de la Sierra ecuatoriana estaba organizada en haciendas, en las cuales los campesinos cultivaban la tierra para los grandes hacendados sin pagos nominales. Por el contrario, recibían tierras como usufructo en un sistema denominado *huasipungo*,<sup>1</sup> fiel a la dinámica latifundista de la época (CIDA 1965, 16).

Era el caso del cultivo de paja toquilla utilizado para confeccionar sombreros para el mercado internacional, el cual era sostenido por el trabajo de los campesinos y campesinas asentados en las zonas rurales de las provincias del Cañar y el Azuay y que llegó a representar el 10 % del total de las exportaciones del país en el año 1911 (Balarezo 1984, 158). La incursión del sombrero en el mercado internacional permitió que la zona sur del país ingresara en la economía nacional (159).

Sin embargo, al inicio del año 1950 las exportaciones del sombrero de paja toquilla empezaron a decaer como consecuencia del fin de la Segunda Guerra Mundial y la liberación del mercado mundial, lo que generó un aumento en las exportaciones del sombrero desde Asia hacia otras partes del mundo a más bajos costos (Castro y José 2018, 18). Ello se tradujo en la reducción del porcentaje de exportación del sombrero ecuatoriano, que pasó del 12,3 % al 1,6 % del total de exportaciones nacionales entre los años 1949 y 1954 (19). La disminución en las exportaciones del sombrero desencadenó una crisis en el mercado nacional que impactó especialmente a las provincias del Azuay y del Cañar.

Esta crisis generada por la caída en el mercado del sombrero de paja toquilla y el estancamiento de la agricultura afectó a las familias rurales campesinas del Cañar, que para el año 1950 representaban el 86,59 % de la población (Salgado 1978, 27). Además, el número de tejedores, que en su mayoría eran mujeres, disminuyó de 27.260 a 5.000 entre los años 1950 y 1961 (28). El descenso en las exportaciones incrementó la emigración campesina e indígena interna e internacional, y reconfiguró el territorio.

En este contexto, para el año 1954 la agricultura de la región ya tenía una tendencia creciente a la ganadería en pequeña escala y a los monocultivos de maíz y caña

---

<sup>1</sup> El *huasipungo* era considerado en Ecuador una parcela de tierra propiedad de una hacienda, en la cual el peón —el *huasipunguero*— cultivaba la tierra para el propietario de esta y recibía a cambio una pequeña compensación salarial, el derecho al uso del agua y una determinada porción de tierra para la cría de ganado (Oberem, 1978).

de azúcar (Salgado 1978, 28), lo que se tradujo en la disminución de los rendimientos y el estancamiento de la producción debido a la falta de competitividad contra el mercado estatal, además de la baja eficiencia técnica de la agricultura debido a la ausencia de buenas prácticas de manejo del suelo, como la rotación de cultivos y el inadecuado almacenamiento del grano, etc. (29).

## **2.2. Primera reforma agraria del Ecuador, año 1964**

En 1964 la Junta Militar del Gobierno ecuatoriano sancionó la primera Ley de Reforma Agraria y Colonización en el Ecuador, que nació en conjunto con muchas otras reformas agrarias latinoamericanas, a partir de la concepción de ideales neoliberales y desarrollistas que buscaban frenar las movilizaciones campesinas y la amenaza comunista despertada por la Revolución cubana en el año 1959 (Grindle 1985, 140).

Esta reforma agraria en el Ecuador buscaba apaciguar el estallido social de la época y tenía como eje fundamental “un cambio en la estructura de la tenencia de la tierra” y la supresión del huasipungo (Rhon y Pástor 2016). Lo anterior a partir de la entrega de tierras por parte del Estado a las comunidades que las habitaban, en el marco de la implantación de medidas en el ordenamiento territorial, como fijar en 600 el número máximo de hectáreas por persona en la Sierra. Sin embargo, muchas de estas medidas venían acompañadas de excepciones que favorecían a los grandes hacendados (119).

Después de la implementación de esta primera reforma agraria, entre los años 1964 y 1971, se adjudicaron 17.000 títulos parcelarios con áreas aproximadas de 3,5 hectáreas (Zevallos 1964, 26). La división de la tierra influiría posteriormente en los procesos de privatización y minifundización de la zona, y su efecto en la “descomunización” o pérdida de las tierras comunales (Martínez 2006, 166).

Es así como el cambio del manejo comunal de la tierra por uno familiar influyó en la privatización de la tierra, debido a la imposición de un sistema de tierras heredadas. Como consecuencia los territorios se fragmentaron y desvalorizaron en el mercado, favoreciendo la compra de terrenos por parte de los más ricos, lo que concentró la tierra y el poder en las zonas bajas, más aptas para la agricultura y más fértiles, y empujó a la población campesina e indígena hacia las zonas altas de los páramos, expandiendo la frontera agrícola (Larrea 2006).

### 2.3. Segunda reforma agraria del Ecuador, año 1973

La segunda reforma agraria, expedida en el año 1973, tenía como manifiesto objetivo el de conseguir “justicia social” y el crecimiento agrícola (MAG 1974, 5). Sin embargo, de acuerdo con Janvry (1981), el real objetivo de la reforma se centraba en el “sector no reformado”, entendido como la tierra cultivable, que no había sido expropiada ni adjudicada a los campesinos.

La política de promoción agrícola de esta segunda reforma en cabeza del Gobierno militar del presidente Rodríguez Lara se enfocó en la asistencia técnica, la disminución de impuestos, el crédito subsidiado y la expansión de la infraestructura (Zevallos 1964, 35). Además, a partir de las exportaciones de petróleo que crecieron en el mismo año en que fue sancionada la segunda reforma, los programas agrícolas del Gobierno también crecieron. Sin embargo, la mayoría de estos solo implicó el crecimiento burocrático, con casi ningún beneficio para el sector rural (36).

La implementación de la segunda reforma agraria en el Ecuador tuvo como consecuencia el desarrollo de procesos de tecnificación de la agricultura que afectaron la calidad de la tierra. Además, la implementación de políticas de comercialización agropecuarias, afectadas por la falta de competitividad en el mercado, generó efectos sobre las zonas rurales y precarizó el trabajo de los campesinos (Janvry, 1981).

En resumen, las reformas agrarias implementadas en Ecuador no tuvieron el impacto de redistribución esperado; el índice de Gini en 1974 era de 0,85, y en el 2001, de 0,80, de acuerdo con los censos de población reportados y que demostrarían el bajo efecto de la implementación de estas reformas respecto a la concentración de la tierra. En la zona sur del Ecuador, los hogares más pobres representaban el 40 % de la población para esta época (Uquillas 2007, 70).

Por su parte, las provincias del Cañar y Azuay, influenciadas históricamente por el sistema latifundista y los efectos de las reformas agrarias, sufrieron un proceso de “minifundización” de la tierra y la monopolización de sus cultivos para la producción de cacao, banano y café en las zonas más bajas (Lasso 2019, 8; Martínez 2006, 170). Lo anterior tuvo como efecto la concentración en la tenencia de tierra debido a la compra o a los arrendamientos de terrenos, e influyó a su vez en el aumento de los índices de pobreza en la zona rural.

Posteriormente, en el año 1979, se plasma la Ley de Fomento y Desarrollo Agropecuario, que garantiza la propiedad agraria, reforzando el modelo empresarial

agrícola promovido por las reformas agrarias (Jordán 2003, 20). A finales del siglo XX se hizo presente el proceso de “privatización del espacio comunal” y la liberación del mercado disparó la venta de la propiedad debido a las condiciones de pobreza de las comunidades indígenas y campesinas (Martínez 2006, 4).

Como consecuencia, los procesos de emigración se acentúan a finales del siglo XX y dan paso al envío de remesas económicas hacia provincias como el Cañar. Estas remesas no necesariamente aportaban al desarrollo local, sino que más bien hicieron posible la sustentabilidad de las familias beneficiarias y la inversión en la construcción de viviendas que se diseñaban a partir de materiales como el ladrillo y que demostraban la influencia del concepto de desarrollo traído desde Occidente por la emigración (Rebañ 2009, 9).

#### **2.4. Profundización en las problemáticas relacionadas con la tierra en el siglo XXI**

Por su parte, el siglo XXI estuvo marcado por la llegada de Rafael Correa al poder. En este periodo se reconoce el buen vivir dentro de la Constitución del 2008; un logro para los movimientos de resistencia indígenas y campesinos (Lasso 2019, 10). Sin embargo, las políticas de modernización y el encadenamiento productivo de este nuevo modelo de desarrollo estuvieron acompañados por el surgimiento de los llamados “cultivos comodín”, influenciados por la alta demanda y por los múltiples usos (Torres *et al.* 2017, 17). Este modelo, mucho más expansivo en términos de “acaparamiento de tierras”, generó procesos de “desterritorialización de la soberanía alimentaria y la marginalización del territorio” (18).

Para ese mismo periodo, entre los años 2000 y 2012, la provincia del Cañar siguió arrastrando problemáticas en términos de desigualdad social, lo que la posicionó como la segunda provincia más desigual respecto al acceso a la tierra en el país, con un índice de Gini de 0,82, de acuerdo a los datos del INEC (2012). La subdivisión de la tierra vía herencia sigue desvalorizando los terrenos e impulsando la concentración de la tierra a partir de su compra o su arrendamiento (Torres *et al.* 2017, 36).

Para el año 2015 se aprueba la Ley Orgánica de Incentivos para Asociaciones Público-Privadas y la Inversión Extranjera, que a través de incentivos de extensión de impuestos estimula la inversión privada (Torres *et al.* 2017, 109). Además, en el año 2017 se expide la Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales, que restringe cualquier política de expropiación de grandes propiedades en el país (120). Ambas leyes se expiden sin considerar la posible problemática de la concentración de tierras de origen

privado por parte de empresas extranjeras que impactarían al mediano y al pequeño productor en el territorio.

Finalmente, la llegada de Lenín Moreno al poder profundizó aún más las inequidades a partir de la implementación de políticas de gobierno que fortalecieron la extracción minera, la petrolera y el agronegocio. La firma de acuerdos con el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el crecimiento de la deuda externa ponen en evidencia la implementación de políticas neoliberales. Además, el avance del capital transnacional a partir de políticas extractivas a gran escala y los monocultivos trajo consigo impactos ambientales, sociales y económicos sobre los territorios indígenas y campesinos. Por otro lado, pone en duda la intención del Gobierno de apoyar la implementación de la soberanía alimentaria como derecho (Chamba 2020, 8).

### **3. Concentración de la tierra en la provincia del Cañar**

Los censos nacionales agropecuarios realizados entre los años 2000 y 2012 revelan interesantes datos en relación con la desigualdad en el acceso a la tierra en el Ecuador. El análisis de las unidades productivas agropecuarias (UPA)<sup>2</sup> para el año 2000 muestra cómo las fincas más pequeñas (con menos de 10 hectáreas) representaban el 75,39 % del total de las fincas, pero solo poseían el 11,82 % del total de la superficie agraria. Por su parte, las fincas más grandes (de 50 hectáreas en adelante) representaban el 6,52 % de las fincas totales, pero poseían el 60,75 % de la tierra cultivable (Torres *et al.* 2017, 36).

Posteriormente, en el año 2012, las fincas más pequeñas pasaron a representar el 80,76 % del total de fincas y a poseer el 15,55 % de la tierra cultivable. Por su parte, las fincas más grandes pasaron a representar para el mismo año el 3,69 % del total de fincas y a poseer el 49,31 % de la tierra cultivable (Torres *et al.* 2017, 36).

En resumen, en los datos de los años 2000 a 2012 se observa un aumento en el crecimiento de las fincas más pequeñas, lo que podría estar relacionado con la fragmentación del territorio por vía herencia y con otros procesos de minifundización de la tierra (Torres *et al.* 2017, 36). Además, a pesar de que se observa para el año 2012 una

---

<sup>2</sup> Las unidades de producción agropecuarias (UPA) “son extensiones de tierra de 500 m<sup>2</sup> o más, dedicadas total o parcialmente a la producción agropecuaria, consideradas como unidades económicas, que desarrollan su actividad bajo una dirección o gerencia única, independientemente de su forma de tenencia o ubicación geográfica, utilizando los mismos medios productivos. También, superficies inferiores a 500 m<sup>2</sup> que mantienen las características de las UPA descritas, pero que han comercializado un producto agropecuario obtenido de su UPA, durante el periodo de referencia” (INEC 2013).

disminución en la concentración de la tierra por parte de las fincas más grandes, esta sigue siendo alta en términos de extensión de tierra cultivable.

Por otro lado, cabe señalar que la desigualdad en el acceso a la tierra es diferente en cada una de las provincias del Ecuador. Sin embargo, es evidente que gran parte de las problemáticas relacionadas con la concentración de la tierra se han trasladado hacia la zona sur. Por ejemplo, la provincia del Cañar en el año 2010 contaba con uno de los índices de desigualdad en el acceso a la tierra más altos del país (0,82), el cual disminuyó solo tres puntos para el año 2012 (0,78), de acuerdo con los datos de los censos nacionales.

Es importante señalar que esta disminución en los índices de desigualdad en el acceso a la tierra en la provincia entre los años 2000 y 2012 se debe en buena medida a la desvinculación de las actividades ligadas a la tierra por parte de los habitantes, quienes ahora se encuentran vinculados a las artesanías, el comercio o el turismo (Torres *et al.* 2017, 36). Además, las remesas enviadas por familiares que emigraron habrían posibilitado el aumento en la capacidad de adquisición de nuevos terrenos y la construcción de obras civiles (Torres *et al.* 2017, 36).

Por su parte, el análisis de las unidades productivas agropecuarias (UPA) en la provincia del Cañar muestra cómo las fincas más pequeñas representaban el 89 % del total de las fincas y ocupaban el 14 % de la tierra cultivable para el año 2012. Además, las fincas más grandes representaban para el mismo año el 1 % del total de fincas y ocupaban el 46 % de la tierra cultivable (ESPAC 2012). Lo anterior pondría en evidencia las dinámicas de concentración en la tenencia de la tierra que se presentaban en la región sur, en particular en la provincia del Cañar.

### **3.1. Configuración y problemática relacionadas con la tierra en la provincia del Cañar y el cantón Azogues**

La provincia del Cañar tiene una extensión de 3.855,69 kilómetros cuadrados y una población de 225.184 habitantes, de los cuales el 58,02 % vive en la zona rural, de acuerdo con el Séptimo Censo de Población y el Sexto de Vivienda, del año 2010. Respecto a su economía, el 45,2 % se dedica a actividades de agricultura, silvicultura, caza y pesca; el restante, a actividades de servicios (13,9 %), comercio (10,7 %), manufactura (10 %) y construcción (8,3 %) (INEC 2010).

Se sabe que el 39 % de la población que vive en la provincia del Cañar se encuentra bajo condiciones de pobreza extrema (Ministerio de Coordinación de la

Producción, Empleo y Competitividad, 2011). Además, se estima que entre el 2001 y el 2006 casi 6.000 personas emigraron hacia el exterior; la mayoría de ellas, hombres entre los 20 y los 40 años de edad (ODNA, 2007), con lo cual las mujeres quedaron a cargo de las actividades del campo, y en la mayoría de los casos se concentraron en actividades de ganadería (Martínez 2006, 157).

La provincia del Cañar se encuentra subdividida en siete cantones: Azogues, Biblián, Cañar, Déleg, El Tambo, La Troncal y Suscal. El cantón de Azogues concentra el 31,4 % del total de personas de la provincia y cuenta con una población total de 64.910 habitantes; 35.730 (55 %) de ellas son mujeres (INEC, 2010). Además, cuenta con uno de los coeficientes de Gini más altos de la provincia (0,38) y con un porcentaje de pobreza por consumo entre el 21 % y el 28 % (Molina *et al.* 2015).

La ciudad de Azogues, capital del cantón del mismo nombre y de la provincia del Cañar, es uno de los lugares más emblemáticos de la región, gracias a los vestigios que se encuentran de los asentamientos de la comunidad étnica preincaica cañari. Sus ruinas arqueológicas, Ingapirca y Cojitambo, son trazas de estas culturas prehispánicas que la habitaban (Cárdenas 2005, 74).

Azogues cuenta con una población de 37.044 habitantes, correspondiente al 57 % del total de la población del cantón (INEC, 2010). Además, cuenta con uno de los coeficientes de Gini más altos del cantón, en relación con las demás ciudades (0,36-0,37), que pone en evidencia los procesos de concentración y de tenencia de la tierra (Molina *et al.* 2015).

La microcuenca del río Tabacay ha abastecido de agua a la ciudad de Azogues y a las parroquias de Guapán y Bayas desde la época en que los cañari habitaban la zona (Zúñiga 2010, 94). Además, la microcuenca es un escenario de conflictos territoriales, debido a la variedad de actores sociales que interactúan reconstruyendo el territorio.

#### **4. El fenómeno migratorio en Ecuador y la provincia del Cañar**

La migración en Ecuador es una constante histórica que se acentuó desde finales de 1970, concentrando un mayor flujo migratorio de personas en la zona sur del país, principalmente en las provincias de Cañar y Azuay (Jokisch y Kyle 2005, 58). Lo anterior, como consecuencia de problemáticas sociales ya revisadas, como la crisis de la producción de paja toquilla en el año 1950 (Balarezo 1984, 161). A partir de esta crisis

migratoria se pueden identificar los patrones de tres olas migratorias más en las décadas de los años sesenta y ochenta, a finales de los noventa y a principios de los dos mil.

Existen datos que indican que un buen número de ecuatorianos emigró en los años sesenta como consecuencia de la crisis de la paja toquilla, teniendo como destinos Estados Unidos, Canadá y Venezuela y muchos de los cuales lograron obtener la residencia legal (Jokisch y Kyle 2005, 17). Posteriormente, entre 1980 y 1998, la ola migratoria se generalizó por América Latina hacia los países del Norte, referenciada como “la nueva migración”, que se encontró fuertemente influenciada por la contratación transnacional, congruente con el liberalismo económico de la época y que trajo consigo un fuerte componente de emigración rural en la zona sur del Ecuador (Novak 1995, 137).

La tercera ola migratoria comenzó hacia finales de los noventa y afectó a todo el territorio ecuatoriano, que se encontraba inmerso en la fuerte crisis política y económica de la época, lo que derivó en cinco presidencias en solo cinco años (1996-2000), consecuencia del estallido social (Jokisch y Kyle 2005, 58). Además, las fuertes medidas impuestas por el FMI al Ecuador, por el no pago de la deuda externa, generarían un aumento en los índices de inflación, desempleo y pobreza, y obligarían a emigrar a casi 200.000 personas a Europa a finales de 1990; esta cifra se habría duplicado en el año 2005, cuando emigraron 400.000 personas (64).

En este contexto de las 377.908 personas que emigraron del país entre 1996 y el 2001 el 21 % correspondía a la sierra: Azuay, Cañar y Loja. Además, cabe resaltar que Estados Unidos fue el principal país a donde se emigró, con la llegada de un porcentaje de 43,2 % de personas de origen rural, según los datos del INEC en el año 2001 (Flacso Ecuador 2008, 35). En este punto se puede entender cómo la implementación de políticas neoliberales influía en la precarización del trabajo y afectaba de manera directa las formas de vida de la población de la zona sur a través de las dinámicas migratorias.

Para el año 2001 la provincia del Cañar ya encabezaba los índices de migración más altos del país, con un porcentaje del 8,5 % de la población de la provincia respecto al dato nacional del 3,1 % del total del territorio ecuatoriano (INEC 2001). Posteriormente el porcentaje de migración de esta zona disminuiría al 5,97 % para el año 2010 (INEC 2010). Pese a la disminución, este último valor sigue siendo elevado en relación con el resto del país. Además, se cree que esta disminución podría deberse a las restricciones impuestas por Estados Unidos para el ingreso de migrantes a su país en el año 1993 y a la imposición del visado por parte de la Unión Europea en el año 2003 (Rodríguez 2003).

El éxodo de ecuatorianos de la zona rural del sur del país ha sido una de las causas de la disminución de la competitividad campesina frente al mercado, debido a la pérdida de mano de obra campesina, lo cual a su vez ha permitido la devaluación del costo del terreno en el mercado nacional, influyendo en su venta y generando dinámicas de concentración de la tierra y minifundización de la propiedad (Martínez 2005).

Un ejemplo de los efectos de la emigración en la población asentada al sur del país es el pueblo cañari; de acuerdo con el último censo del año 2010, de los 59.323 habitantes de la provincia del Cañar, 23.153 se consideraban como indígenas, y el 25,02 % de la población, que aproximadamente correspondía a 14.952 habitantes, se reconocían como cañaris (INEC 2010). El pueblo cañari habitó desde la era precolombina el sur del Ecuador, y sus costumbres en relación con su gastronomía, su lenguaje, su vestuario y su forma de vida persisten hasta hoy (Zúñiga 2010, 94).

A pesar de que no se cuenta con cifras oficiales sobre el número de indígenas que emigraron, en parte se debe a que muchos de ellos se desplazaron al margen de lo que establecen las normas legales. Se cree que el 90 % de las familias que habitan en zonas rurales de la provincia del Cañar tienen al menos un integrante en el exterior (Galán 2016, 127). A partir de la crisis generada a finales de los noventa, los cañaris viajan principalmente a los Estados Unidos (Ramírez y Ramírez 2005, 23). Entre las labores que realizaban en el lugar de destino, las de mayor auge fueron las relacionadas con la agricultura y la construcción. La emigración generó el traslado de la fuerza de trabajo de los ecuatorianos hacia otros países, lo que afectó principalmente el campo y la ruralidad (Kyle 2000).

Es evidente que la consolidación del modelo neoliberal a partir de la implementación de políticas alrededor de la tenencia de la tierra afectó de manera directa las formas de vida de los habitantes del Ecuador. En relación con la zona sur, la emigración no es más que un efecto de las políticas desiguales que reconfiguran el territorio en razón del modelo capitalista y desarrollista del agro.

En resumen, el último medio siglo ha estado marcado por la imposición de políticas neoliberales en el Ecuador, y como consecuencia de ello gran parte de las responsabilidades del Estado han sido trasladadas a la población civil. A pesar de eso se han generado procesos de resistencia a partir de las luchas sociales de comunidades como las campesinas, afectadas por la desigualdad, el hambre y la pobreza. Lo anterior ha derivado en la llegada al poder de dirigentes políticos cuyos discursos han abanderado las luchas sociales. Sin embargo, lejos del fin de las inequidades sociales generadas por las

políticas económicas desarrollistas, se observa la imposición de una agenda de derecha neoliberal por parte de sectores dominantes que consolidan la hegemonía del sistema capitalista imperante.

Parte del proceso de transformación del territorio ecuatoriano a partir de la imposición del modelo neoliberal puede ser analizada en relación con las dinámicas de modernización del campo, centradas en el mercado mundial de alimentos. La subdivisión de la tierra a partir de las reformas agrarias y los efectos de las crisis sociales y económicas derivadas de la liberación del mercado global han afectado particularmente a la región sur del Ecuador, que ha estado afectada por los procesos de concentración en la tenencia de la tierra por parte de las clases dominantes, y ha generado a su vez el crecimiento del monopolio de los cultivos y el encadenamiento productivo.

En la provincia del Cañar estos procesos de concentración en la tenencia de la tierra se pueden identificar a partir de los censos nacionales, que demuestran cómo las fincas de mayor tamaño han pasado a ocupar la mayor parte de las tierras cultivables en las últimas décadas. Como consecuencia, gran parte de la población que habita la provincia y en particular las zonas rurales se encuentran bajo condiciones de pobreza, influenciando las dinámicas de migración de la región, que encabeza los índices de migración del país, y afectando la forma de vida de las comunidades que han hecho parte de la zona desde épocas precolombinas.

Se pueden observar los efectos generados por la consolidación del modelo neoliberal en el sur del Ecuador, que han afectado principalmente a las provincias del Cañar y del Azuay. A pesar de que se logra analizar estos procesos de concentración en la tenencia de la tierra a partir de los datos de los censos nacionales y el contexto histórico-social descrito, es difícil determinar los efectos generados en el uso y la cobertura del suelo, por lo cual el siguiente capítulo centra su análisis en los cambios en el uso y la cobertura del suelo a partir del uso de modelos computacionales, disminuyendo la escala de análisis de la microcuenca del río Tabacay.



## Capítulo segundo

### Modelos de cambio de uso y cobertura de los suelos

El presente capítulo tiene como objetivo revisar los modelos de cambio del uso y la cobertura del suelo existentes, su importancia y su desarrollo a nivel mundial. Además, da cuenta de la clasificación de los usos y las coberturas del suelo de la microcuenca del río Tabacay a partir de información secundaria. Posteriormente, estos datos sirvieron como información de entrada para la implementación de dos modelos computacionales en la zona de estudio (un modelo integrado CA Markov y un modelo estadístico-espacial de regresión logística).

Herramientas como la teledetección y los SIG han tenido en la actualidad un uso importante debido al interés de mapear el territorio. Sin embargo, su empleo se limita a retratar la dimensión superficial del territorio. Por ejemplo, muchos estudios han utilizado modelos matemáticos para simular las dinámicas del cambio en el uso y la cobertura del suelo de una zona determinada (Al-sharif y Pradhan 2014; Gomes *et al.* 2019; Hailu, Mammo y Kidane 2020).

Algunos estudios se han enfocado en realizar mediciones de los cambios de cobertura del suelo a escala mundial, como el proyecto interdisciplinario mundial Land-Use / Cover Change (LUCC) (Lambin *et al.* 2000), que impulsó el desarrollo de una nueva generación de modelos espaciales (Verbug *et al.* 2006, 117). El desarrollo de esta nueva generación de modelos se difundió rápidamente por el mundo, hasta llegar a convertirse incluso en una herramienta de interés para los tomadores de decisiones.

Por ejemplo, algunos estudios en el Ecuador modelizaron el cambio de uso de la tierra a partir de escenarios hipotéticos del cambio en la demanda de productos agrícolas (de Koning *et al.* 1999). Otros, a partir del uso de imágenes satelitales, han evaluado el estado de conservación de los páramos (García *et al.* 2019). Además, se ha utilizado el análisis espacio-temporal para determinar la influencia de la huella humana al sur del Ecuador (Tapia, Homeier, y Draper, 2017).

El presente capítulo ofrece un contexto sobre el surgimiento y la importancia que ha tenido el estudio de los cambios en el uso y la cobertura del suelo (Land-Use / Cover Change, LUCC) y sus modelos, tanto a una escala mundial como a escalas espaciales más

pequeñas. Además, se describen en detalle dos modelos espaciales que han sido utilizados en múltiples estudios y que son parte de la metodología de la presente investigación.

## **1. Contexto histórico de las modelaciones de cambio del uso y la cobertura de suelo**

El proyecto interdisciplinario mundial Land-Use / Cover Change (LUCC), realizado en el año 1995 por el programa internacional de geosfera-biosfera (IGBP) y el programa internacional de dimensiones humanas sobre cambio ambiental global, fue un punto de partida para el desarrollo de una nueva ciencia, denominada *ciencia de la tierra integrada*, que relaciona las ciencias humanas, las ciencias ambientales y los SIG, con el objetivo de estudiar en el ámbito mundial los cambios en el uso del suelo y sus impactos en el ambiente y la humanidad (Verburg *et al.* 2006, 3).

El inicio del proyecto LUCC fue fundamental para los avances en los campos de modelización del cambio en el uso y la cobertura vegetal. Debido a que este proyecto logró el desarrollo de una nueva generación de modelos, capaces de simular en varias escalas espaciales y temporales las principales fuerzas impulsoras socioeconómicas y biofísicas del cambio en el uso y la cobertura del suelo (Verbug *et al.* 2006, 117).

Los modelos se clasificaron con base en dos enfoques. El primero es el de los espacialmente explícitos, que relacionan cada píxel individual en los mapas cartográficos, con las variables generadas por los *drivers* o factores que impulsan el cambio, incluidos en función de variables sociodemográficas; por ejemplo, el modelo de conversión del uso de la tierra y sus efectos (CLUE), el modelo SLEUTH y el GEOMOD (Verbug *et al.* 2002). Por su parte, el segundo enfoque, que corresponde a los no espaciales, se basa en la teoría de la complejidad y tiene como principio la regla de crecimiento o transición y los efectos de la vecindad próxima; por ejemplo, el modelo de los autómatas celulares (CA) (Ye y Bai 2008).

En definitiva, los modelos de cambio de uso y cobertura vegetal permitieron el avance en los estudios a escala continental a global, estimando tasas y patrones geográficos de cambio en la cubierta forestal y la tierra agrícola. Por ejemplo, el programa internacional para la evaluación de los ecosistemas del milenio (MA) fue de gran importancia debido a que monitoreó a nivel mundial la variación de la cubierta vegetal en términos de espacio y tiempo, y concluyó que los cambios de cobertura no se distribuyen de la misma forma en todo el mundo, sino que existen mayores valores de

pérdida de la cubierta vegetal, como los bosques de la región sur continental (Verbug *et al.* 2006).

### **1.1. Disminución de la escala en los modelos de cambio de uso y cobertura del suelo**

En general el análisis del cambio en la cobertura terrestre tiene muchas lagunas, debido a la dificultad de mapear todos los factores que influyen en las dinámicas de cambio de uso del suelo. Sin embargo, existen algunos estudios que han llegado a importantes conclusiones a la hora de mapear y medir las variaciones de la cobertura terrestre, y han permitido identificar problemáticas ambientales como la deforestación de grandes extensiones de bosques.

Por ejemplo, la evaluación del milenio logró identificar (1) el aumento en la degradación de los bosques en la Eurasia Boreal como resultado de la tala y los incendios forestales, (2) la disminución de áreas de cultivos al sureste de los Estados Unidos y China, (3) los rápidos cambios generados sobre la cubierta terrestre de Asia y (4) la deforestación tropical a gran escala en la cuenca del Amazonas, que solo entre 1850 y 1985 experimentó una pérdida de 370 millones de hectáreas de bosque (Ramankutty *et al.* 2006, 38).

Por otra parte, el proyecto LUCC estimuló la inclusión de estudios a nivel local, con el objetivo de analizar las dinámicas de LUCC a una escala lo suficientemente “fina” para capturar su complejidad. Un método para el análisis de este tipo de estudios a nivel local consistió en la recopilación de investigaciones en una muestra representativa de lugares (Geist *et al.* 2006, 40), para así conseguir que la compilación de los diferentes factores explicativos de LUCC pudiera ser extrapolada a otros estudios. Sin embargo, algunos investigadores se oponen a la estandarización argumentando que cada área de estudio es única y que, por lo tanto, no tiene sentido extrapolar sus resultados. No obstante, la recolección de datos *in situ* requiere de un mayor esfuerzo y una mayor inversión económica (Geist *et al.* 2006, 41).

Dentro de este marco de ideas, algunas investigaciones han utilizado en sus estudios modelos integrados para aumentar la confiabilidad de las simulaciones (Al-sharif y Pradhan, 2014). Otros han integrado *drivers* o impulsores de cambio debido a la importancia de incluir efectos antropogénicos sobre las dinámicas de modelados de cambio de cobertura vegetal (Zhou, Li, y Liu 2020).

## 2. El cambio del suelo y su relación con los ecosistemas naturales

Los ecosistemas naturales se analizan a partir de la interacción de elementos bióticos y abióticos, los cuales se componen de estructuras dinámicas como el suelo, las redes tróficas, los procesos biofísicos, etcétera (Granstrand y Holgersson 2020, 2). Por ejemplo, la vegetación es uno de los componentes más visibles y fáciles de describir en un ecosistema natural (Zhiyuan, Yanfang y Jing 2003, 198), lo que explicaría por qué se definen y cartografían como una aproximación de estos (199).

Además, existe evidencia de cómo el rendimiento de los ecosistemas se encuentra fuertemente influenciado por el tipo de vegetación de la zona, sus patrones de distribución y el manejo de los activos vegetales (Yapp, Walker, y Thackway 2010, 292). De este modo, el cambio de cobertura vegetal tiene una relación causal con componentes ecosistémicos como la fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua (293).

En la actualidad hay un gran interés por el estudio de los *drivers* asociados al cambio de uso de los suelos. Algunos de ellos, a partir de la integración de variables de origen antropogénico, como los asentamientos humanos o la red de carreteras. Por ejemplo, Buytaert (2006) realizó una revisión sistemática de los efectos que tenían los impactos humanos en la hidrología de los páramos andinos. Otros estudios han determinado el efecto del sobrepastoreo en la disminución de la capacidad del suelo para retener agua (Podwojewski *et al.* 2002, 54).

### 2.1. Clasificación de los tipos de uso y cobertura del suelo

Existe una extensa discusión sobre la clasificación de los tipos de uso y cobertura del suelo, y su representación ha sido un desafío, debido a la gran diversidad de escalas (Matthews 1983, 475). En efecto, los científicos han enfrentado la problemática de desarrollar un método simplificado de clasificación según su uso y la cobertura vegetal del suelo, debido en gran medida a la variedad de climas, las perturbaciones naturales, la dinámica geomorfológica y antrópica, entre otras variables a las que responde cada región (476).

Algunos estudios han procurado clasificar a nivel mundial el uso y la cobertura del suelo, a partir de atributos como la permanencia de la biomasa viva aérea, la longevidad y el tipo de hojas (Running *et al.* 1995, 40). Otros los clasifican de acuerdo al “uso antropogénico” que se les dé, por ejemplo, en relación con las actividades

económicas que se desarrollen, como la agricultura, la silvicultura, la ganadería, la pesca, etc. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) se ha sumado a las entidades que cuentan con una clasificación del uso y la cobertura del suelo a nivel mundial, parte de la cual se identifica en la tabla 1.

Por su parte, Ecuador realizó entre los años 2016 y 2019 su propia clasificación del uso y la cobertura del suelo (tabla 1), a partir de la recolección y el procesamiento de datos por parte de las entidades estatales encargadas de la generación de información espacial del país: Ministerio del Ambiente (MAE), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP), Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) (MAE, 2012). El procesamiento de la información generó como resultado los mapas de cobertura vegetal y uso del suelo de Ecuador para los años 1990 (MAE 2016), 2000 (MAE 2016), 2008 (MAE 2016), 2014 (MAE 2016), 2016 (MAE 2017) y 2018 (MAE 2018); a escala espacial 1:100.000.

Estos mapas se utilizaron como datos de entrada en la presente investigación; sin embargo, se evidenciaron ciertas limitantes en relación con su clasificación. Por ejemplo, las actividades de agricultura y ganadería se clasificaron en un solo uso del suelo (tierra agropecuaria), lo que dificultó el estudio del avance de la ganadería y la agricultura de manera independiente. Además, debido a la escala del estudio, fue necesario utilizar la clasificación del nivel I para disminuir el error a la hora de implementar los modelos.

**Tabla 1**  
**Coberturas y usos de la tierra**

<b>Nivel I (IPCC)</b>	<b>Nivel II (MAGAP, MAE, IEE)</b>	<b>Definición operativa</b>	<b>Fuente</b>
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 altoandina caracterizada por especies dominantes no arbóreas que incluyen fragmentos de bosque nativo propios de la zona.	SINAGAP - CLIRSEN (2012)

	Vegetación herbácea	Áreas constituidas por especies herbáceas nativas con un crecimiento espontáneo, que no reciben cuidados especiales, utilizadas con fines de pastoreo esporádico, vida silvestre o protección.	SINAGAP - CLIRSEN (2012)
Tierra agropecuaria		Área bajo cultivo agrícola y pastos plantados, o que se encuentra dentro de una rotación entre estos.	MAGAP - IEE (2012)
Cuerpo de agua	Natural	Superficie y volumen asociado de agua estática o en movimiento.	MAE-MAGAP-IEE (2012)
	Artificial	Superficie y volumen asociado de agua estática o en movimiento asociadas con las actividades antrópicas y el manejo del recurso hídrico.	MAE-MAGAP-IEE (2012)
Zona antrópica	Área poblada	Áreas principalmente ocupadas por viviendas y edificios destinados a colectividades o servicios públicos.	MAE-MAGAP-IEE (2012)
	Infraestructura	Obra civil de transporte, comunicación, agroindustrial y social.	MAE-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, y sin embargo pueden tener otros usos.	MAE-MAGAP-IEE (2012)
	Glaciar	Nieve y hielo localizados en las cumbres de las elevaciones andinas.	MAE-MAGAP-IEE (2012)
Sin información		Corresponde a áreas que no han podido ser mapeadas.	-----

Fuente y elaboración: MAE (2016).

### 3. *Drivers* o impulsores del cambio

Las dinámicas que impulsan el cambio del uso y la cobertura del suelo están asociadas a *drivers* o impulsores del cambio, los cuales pueden dividirse en dos tipos: naturales y antrópicos (Feng *et al.* 2020, 2). En la actualidad se cuenta con estudios en los que las dinámicas de crecimiento vegetal se asocian a factores naturales, como la temperatura (Sun *et al.* 2015, 98), la precipitación (Gessner *et al.* 2013, 85) y la topografía (Yang *et al.* 2018, 358).

De este modo, diferentes autores han demostrado la relación entre la precipitación, la temperatura y la respuesta de la vegetación (Sun *et al.* 2015; Gessner *et al.* 2013), lo cual es particularmente interesante en el contexto del cambio climático. Además, se ha demostrado que la vegetación responde a parámetros topográficos, como la elevación y la pendiente. Por ejemplo, se ha demostrado que en altitud entre los <1.300 o >3.500 m y

pendientes suaves  $<35^\circ$  de inclinación existe una disminución en la recuperación vegetal (Yang *et al.* 2018, 359).

Por otro lado, múltiples investigaciones han tratado de vincular variables antropogénicas en los modelos de cambio de uso y cobertura del suelo (Tahmasebi, Karami y Keshavarz 2020, 6; Hailu, Mammo y Kidane 2020, 8). Por ejemplo, un estudio realizado en la cuenca del río Pennar, ubicada en la India, demostró cómo los cambios en LUCC están impulsados por factores antropogénicos, como la apertura de vías y el asentamiento de la población, cambios que a su vez han influido en la hidrología, la disponibilidad y la demanda de agua (Garg *et al.* 2019, 55).

En este contexto, se utilizó el modelo de regresión logística para incluir variables antrópicas en los cambios de uso del suelo de la microcuenca del río Tabacay. Las variables incluidas se escogieron a partir de otros estudios realizados; por ejemplo, se han identificado en algunos estudios la distancia de las carreteras y la proximidad a los centros urbanos como *drivers* que influyen en el cambio del suelo (Hamdy *et al.* 2017, 229).

### **3.1. Implementación de modelos LUCC en la microcuenca del río Tabacay**

Para el presente estudio se decidió utilizar un modelo integrado de autómatas celulares (CA) y cadenas de Markov, ya que este permite hacer un análisis estadístico y espacial de las dinámicas de cambio de uso y cobertura del suelo, con base en el concepto de filtro CA que controla el cambio en el patrón espacial a través del vecino próximo y el procedimiento de cadena de Markov, responsable de los cambios temporales a través de las matrices de probabilidad de transición (Eastman 2003).

Existen muchos ejemplos de estudios a partir del modelo integrado CA Markov desde la predicción de cambios en el uso del suelo al noroccidente de Egipto (Halmy *et al.* 2015), el monitoreo de los cambios de la cobertura terrestre en las ciudades montañosas de Omán (Mansour, Al-Belushi y Al-Awadhi 2020), hasta la evaluación del impacto del carbón en el uso de la tierra en las cuencas de México (Hernández, Ruiz y González 2019).

Respecto al modelo que integraría las variables externas dentro de sus proyecciones, se tuvo en cuenta un modelo de regresión logística y se escogieron las variables predictoras o *drivers* respecto a otros estudios con características similares (Hamdy *et al.* 2017; Tahmasebi, Karami y Keshavarz 2020b; Zhou, Li y Liu 2020). En este contexto, en un principio se pensó en el modelo CLUE para trabajar con base en la

regresión logística. Sin embargo, debido a que no se encontró el soporte suficiente para su implementación, se optó finalmente por un modelo estadístico que incluía dentro de su análisis la regresión logística (Verbug *et al.* 2002).

#### 4. Modelo de cadenas de Markov

La cadena de Markov es una secuencia de valores al azar, cuya probabilidad es un periodo o intervalo de tiempo dado, definido por un valor en un instante o momento anterior (Bedoya y Barrera 2006, 73). En teoría, una extensión de tierra puede cambiar de una clase a otra en cualquier periodo, lo que hace posible utilizar el modelo de cadena de Markov para modelar y simular cambios, dimensiones y tendencias de uso y cobertura del suelo (Ye y Bai 2008, 323; Dadhich y Hanaoka 2011, 50).

El análisis de la cadena de Markov, por lo tanto, resume el cambio del uso de la tierra de un estado a otro durante un periodo determinado en una matriz de transición de probabilidades (Oliveira *et al.* 2018, 162). Además, la matriz de probabilidad producida puede predecir escenarios de cambio de uso de suelos futuros (Reynoso *et al.* 2016, 78).

Sin embargo, la cadena de Markov no tiene la capacidad de modelar ni de simular los cambios de uso del suelo en una distribución espacial (Yang y Lv Li 2012, 14). Un modelo de Markov predice el cambio de uso de la tierra a partir de la expresión matemática de la Ec. (1) y una representación matricial dada por la Ec. (2) (Memarian *et al.* 2012, 545):

$$S(t + 1) = P_{ij \times s(t)} \quad (1)$$

Donde S (t), S (t + 1) son estados del sistema en el momento t o t + 1,  $P_{ij}$  es la matriz de probabilidad de transición:

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\left( 0 \leq P_{ij} < 1 \text{ y } \sum_{j=1}^N P_{ij} = 1, (i, j = 1, 2, \dots n) \right).$$

Donde P es la matriz de transición de Markov, i, j el tipo de cambio y cobertura del suelo,  $P_{ij}$  define la probabilidad de que i cambie a j y N hace referencia al número de clases de cobertura y uso del suelo en la región.

## 5. Modelo de autómatas celulares

Los autómatas celulares (CA, por sus siglas en inglés) son sistemas cuyo estado evoluciona en periodos o lapsos cortos (sistemas dinámicos discretos) y cuya celda en un periodo  $t + 1$  se encuentra condicionada por las celdas vecinas; es un método que permite simular la dinámica temporal y espacial (Ye y Bai 2008, 324). El modelo de CA puede ser utilizado a nivel global o local.

El análisis local considera dentro de un vecindario su extensión y la intensidad de interacción de la celda, que disminuye con el aumento de la distancia entre las celdas (Mohamed y Worku, 2020, 4). La celda constituye el elemento básico de las CA, que espacialmente se pueden visualizar como cuadrículas en una o dos dimensiones y que pueden tener estados binarios (1 o 0) definidos por reglas que determinan el estado de la celda (ver figura 1) (Henríquez, Azócar y Aguayo 2006, 66).

El modelo CA puede expresarse con la ecuación Ec. (3) (Kura y Beyene, 2020, 4):

$$S(t, t + 1) = f(S(t), N) \quad (3)$$

Donde S es el conjunto de estados celulares limitados y discretos, N está definido como el campo celular, t y t + 1 son los diferentes tiempos y f es la regla de transformación en el espacio local.

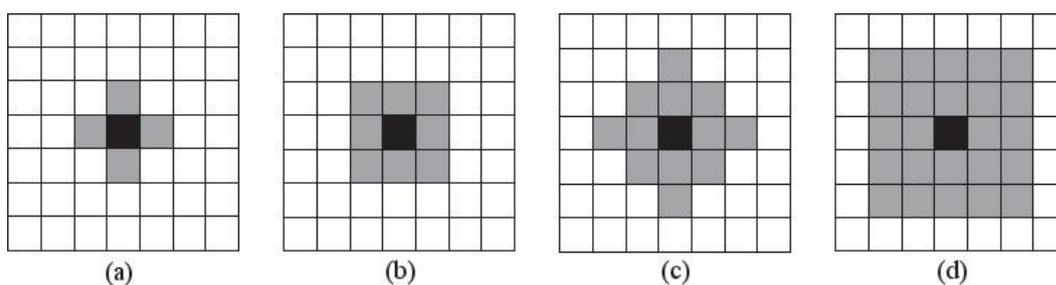


Figura 1. Tipos de vecinos de un autómata celular: (a) von Neumann, (b) Moore, (c) von Neumann extendido, (d) Moore extendido

Fuente: Elaboración propia con base en Henríquez, Azócar y Aguayo (2006).

## 6. Modelo integrado de cadenas de Markov y autómatas celulares

La confiabilidad de los métodos de modelado del cambio de uso del suelo y la cobertura vegetal puede mejorar al integrar dos o más técnicas de simulación (Yang y Lv

Li 2012; Reynoso *et al.* 2016). El modelo CA Markov combina autómatas celulares y cadenas de Markov, aprovechando las ventajas de la predicción de cantidades de cambio de uso de la tierra de la cadena de Markov y la simulación espacial explícita, característica de las autómatas celulares (Yang *et al.* 2012). La incorporación de ambos modelos permite la modelación de cambios espaciales y temporales del uso de la tierra de manera eficiente (Guan *et al.* 2011).

En el presente proyecto de investigación se utilizó el módulo de CA Markov, que simula por defecto los cambios de cobertura del suelo a partir del vecino von Neumann (Henríquez, Azócar y Aguayo 2006, 66). Existen múltiples investigaciones que han utilizado el método integrado CA Markov, y han mostrado buenos índices en los ajustes de sus modelos predictivos (Al-sharif y Pradhan 2014; Reynoso *et al.* 2016; Palomeque de la Cruz *et al.* 2017; Gomes *et al.* 2019; Munthali *et al.* 2020).

## 7. Modelo de regresión logística

Las dinámicas de cambio en el uso del suelo y la cobertura vegetal son procesos muy dinámicos y complejos, en los cuales intervienen muchos factores que afectan el cambio de una cobertura por otra, tanto en su dirección como en su extensión (Rojas y Plata 2010, 126). La regresión logística relaciona los diferentes tipos de uso y de cobertura del suelo, y sus factores impulsores, con lo cual genera la probabilidad de la presencia o la ausencia de cada uso para cada ubicación en función de sus impulsores (Verburg, Overmars y Witte 2004, 246).

La regresión logística tiene como objetivo construir una relación de regresión multivariada entre una variable dependiente (por ejemplo, coberturas vegetales: bosque, páramo, zona antrópica, etc.) y un conjunto de variables independientes (por ejemplo, vías, pendiente, precipitación, etc.). La variable dependiente tiene valores entre 0 y 1 (dicotómica) y las variables independientes pueden ser numéricas o categóricas y no necesariamente deben seguir una distribución normal (Menard 2011, 91).

El modelo de regresión logística se define de acuerdo a la siguiente ecuación:

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

Donde  $p$  es la probabilidad de que ocurra el evento de interés;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  son las variables explicativas y, por último,  $\alpha$  y  $b$  son coeficientes estimados en el modelo (Pineda *et al.* 2008, 39).

## Capítulo tercero

### Microcuenca del río Tabacay: espacio y relaciones de poder

El presente capítulo tiene como objetivo describir el contexto de la microcuenca del río Tabacay desde diferentes perspectivas de análisis. En primer lugar, a partir de sus principales características fisiográficas, que establecen el espacio físico en que se desarrolla la sociedad. Posteriormente, se analiza la zona de estudio a partir de su división político-administrativa, es decir, las parroquias que de manera directa o indirecta se relacionan con la microcuenca.

Por otra parte, se analiza el territorio a partir de las relaciones de poder de los principales actores sociales de la zona. Sin embargo, dadas las limitaciones para el levantamiento de información en campo, se utiliza la investigación desarrollada por Dewulf en el año 2011, quien participó de un proyecto colaborativo en la zona de estudio que reunió a varios actores sociales alrededor de la problemática del desabastecimiento de agua en la microcuenca.

#### 1. Microcuenca del río Tabacay

En la zona sur del Ecuador se encuentra ubicada la provincia del Cañar, rodeada al norte por sus provincias hermanas Morona Santiago y Azuay, y al oeste por la provincia del Guayas; su relieve andino atraviesa la región y adorna el paisaje con grandes elevaciones montañosas, como Narrío, Yuracrumi-Quillac, Chiniloma, Cruzurcu, etc. (Ochoa 1984, 22).

La microcuenca del río Tabacay se sitúa administrativamente en la provincia del Cañar y se ubica sobre las parroquias de Guapán y Bayas, además de aprovisionar de agua a la parroquia de Azogues. La microcuenca tiene un área aproximada de 66,5 km<sup>2</sup> y pertenece a la subcuenca del río Burgay y la cuenca del río Paute, de acuerdo a la división hidrográfica N5 de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA).

Respecto al número de personas que se encuentran asentadas en las faldas de la microcuenca, no se cuenta con un dato del censo oficial; sin embargo, de acuerdo con el levantamiento de información realizado para el proyecto de conservación de la zona, se estimó que se asientan aproximadamente 762 familias. Otro dato que puede dar un

estimado de su población son los censos nacionales de la parroquia de Guapán (8.853 habitantes) y la parroquia de Bayas (3.046 habitantes) (INEC 2010).

En relación con la forma de organización, estas familias se encuentran agrupadas en las comunidades de Buil Tabacay, Buil Guapán, Buil Chacapamba, Cachipamba, Alliyacu, Güindilig, Guapán Centro, Quínua, Saguín, Mirapamba, Monjas, San Antonio, Zhindilig, Comuna de Virgen, Pamba, Nudpud, Uchupucún, Leg Abuga, Llaucay, Mahuarcay (Plan de Manejo Ambiental de la Microcuenca 2012). Estas comunidades cuentan con sus respectivas autoridades, lo que muestra formas de organización social constituidas.

En cuanto a la forma como se distribuyen las familias en la zona, se estimó que en la parte baja se encuentran en promedio 2,6 viviendas por hectárea, con un tamaño de UPA inferior a 0,5 ha. En la parte intermedia se encuentra en promedio 1 vivienda por hectárea, con características de minifundios rurales con un tamaño de UPA inferior a 1 ha. Finalmente, en la parte alta se estima un promedio de 0,05 viviendas por hectárea, con un tamaño de UPA de 8,1 hectáreas (Plan de Manejo del Tabacay 2012, 54).

En cuanto a las características fisiográficas de la microcuenca, su altitud varía entre los 2.700 y los 3.600 m s. n. m., lo cual implica condiciones de clima frío (figura 7.b). Su pendiente promedio medida en grados del terreno varía entre los 0° y los 45°, por lo que es considerada una zona con pendientes pronunciadas (figura 7.a). Por último, la precipitación media anual está entre los 850 y los 1.050 mm, y se acentúa en la zona

noroeste de la microcuenca (figura 7.g).

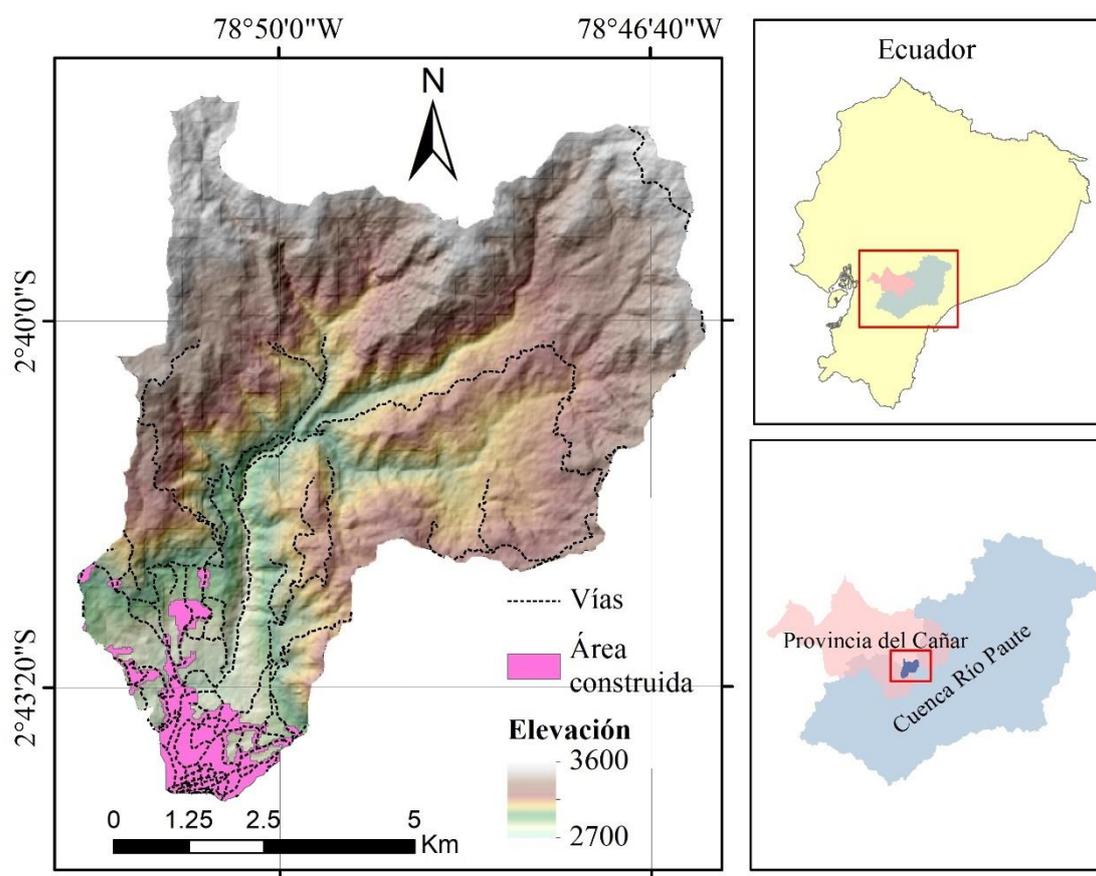


Figura 2. Localización del área de estudio.

Fuente: ver Tabla 4.

Elaboración propia, 2020.

## 2. Actividades económicas en las parroquias de Guapán y Bayas

En los años treinta la parroquia de Guapán basaba su economía principalmente en la explotación de piedra caliza, la cual se utilizaba para la construcción de viviendas. Sin embargo, a partir de la llegada de la cementera a la zona, se desplazaron las actividades de la explotación de piedra caliza de los lugareños por la explotación de insumos para la cementera (Ilustre Municipal de Azogues, 2016).

En el año 1990, la agricultura pasó a ser la actividad más representativa de la zona, con un 25 % en relación con las otras actividades (tabla 2). Posteriormente, para el año 2001, la agricultura pasó a representar el 20 % de las actividades, y en el año 2010, el 26 % (tabla 2), por lo que se evidencia una gran relevancia de las actividades agrícolas en la zona de estudio, seguida de la manufactura, la explotación de minas y la construcción.

**Tabla 2**  
**Actividades económicas en Guapán por número de habitantes**  
**Censo 1990**

Categorías	Número de personas	Porcentaje
Agricultura y caza	974	25,36
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	40	1,04
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	1.717	44,7
Construcción	269	7
Otras	881	22,94
<b>Total</b>	<b>3.881</b>	<b>100</b>

<b>Censo 2001</b>		
Categorías	Número de personas	Porcentaje
Agricultura y trabajadores calificados de explotaciones agropecuarias	621	20,64
Operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios	578	19,22
Peones agropecuarios, forestales, pesqueros y afines	599	19,91
Otras	1.210	40,23
<b>Total</b>	<b>3.008</b>	<b>100</b>

<b>Censo 2010</b>		
Actividades	Número de personas	Porcentaje
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	0,16	26,19
Explotación de minas y canteras	405	9,00
Industrias manufactureras	1349,53	24,89
Construcción	583,21	9,61
Comercio al por mayor y al por menor	739,17	6,38
Transporte y almacenamiento	0,72	4,13
<b>Total</b>	<b>5922,55</b>	<b>80</b>

Fuente: datos extraídos a partir de los Censos nacionales 1990, 2001 y 2010

Elaboración: propia.

Por su parte, la parroquia de Bayas, anteriormente denominada Upar en el idioma quichua, fue adjudicada como parroquia rural hacia el año 1936. Sin embargo, debido a la expansión urbana de la ciudad de Azogues y el incremento de su centro parroquial, en 1983 se integró la parroquia de Bayas al área urbana de Azogues, lo que favoreció a los terratenientes, que sacaron provecho de las plusvalías que generaba la urbanización (GAD Cantonal de Azogues 2015, 38).

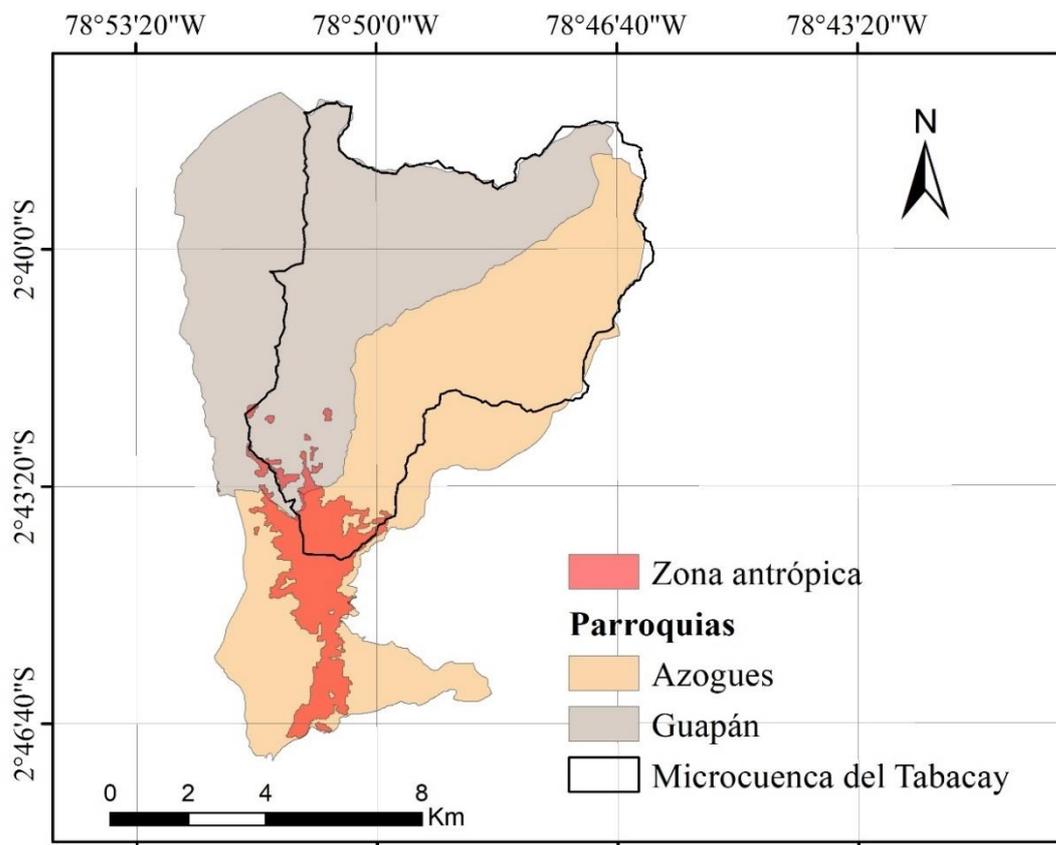


Figura 3. Localización del área de estudio y parroquias de Guapán y Azogues.

Fuente: ver Tabla 4.

Elaboración propia, 2020.

### 3. Usos y coberturas del suelo en la microcuenca del río Tabacay

En la tabla 3 se encuentra la estimación de la extensión de áreas bajo diferentes usos y coberturas del suelo en la microcuenca del río Tabacay en los años 1990, 2000, 2008 y 2018, a partir de las 16 categorías en las que las entidades estatales del Ecuador clasificaron el uso del suelo (ver sección 2.1 del capítulo segundo). Sin embargo, es importante señalar las limitantes de esta clasificación. Por ejemplo, las actividades de agricultura y ganadería se clasificaron como mosaico agropecuario, lo que dificulta analizar estas actividades económicas por separado.

En ese sentido, se puede observar que las plantaciones forestales, correspondientes a la masa arbórea establecida antrópicamente, aumentaron de 688,38 ha a 1.177,92 ha entre los años 1990 y 2018 (tabla 3 y figura 4). Por otra parte, los pastizales que podrían asociarse a las actividades de ganadería desaparecieron para el año 2018, de acuerdo con los mapas (tabla 3 y figura 4). Además, se observa un crecimiento en el mosaico agropecuario de 4.106,2 ha a 4.580,83 ha entre 1990 y 2018, lo que podría mostrar un

mayor crecimiento de los cultivos agrícolas sobre los ganaderos y que estos últimos se han establecido sobre otros usos del suelo.

Por su parte, la cobertura de páramo ha tenido un aumento de 329,38 ha a 403,63 ha entre los años 1990 y 2018. Además, se observa una pérdida de cobertura de bosque nativo de 581,58 ha a 254,52 ha entre ambos periodos. Posteriormente, a partir de la implementación de los modelos de uso y cobertura del suelo en la zona de estudio se amplían el análisis y la discusión de estos usos del suelo.

Por otro lado, al consultar otra fuente de información, se puede observar la agricultura como la actividad económica que predomina en la zona de estudio. Sin embargo, se detalla el bajo desarrollo tecnológico de esta actividad. Entre los cultivos que predominan se estimó que el 56 % corresponde a cultivos anuales, como el maíz, el fréjol, el haba, el sambo, la arveja y la papa (Plan de Manejo del Tabacay 2012, 63).

La zona media contaba con un mayor porcentaje de suelos con pastizales y cultivos frutales (>50 %), su agricultura en su gran mayoría es de autoconsumo con muy poco uso de maquinaria y tecnología (64). Finalmente, la zona alta de la microcuenca se encuentra representada por pastos (70 %); esta zona está definida como mayoritariamente ganadera (Plan de Manejo del Tabacay 2012, 65).

**Tabla 3**  
**Usos y coberturas del suelo en la microcuenca Tabacay entre los años 1990, 2000, 2008 y 2018**

Cobertura del suelo	Año 1990		Año 2000		Año 2008		Año 2018	
	Área (ha)	%						
<b>Vegetación herbácea</b>	6,66	0,1 %	6,48	0,1 %	190,52	2,8 %	94,74	1,4 %
Vegetación arbustiva	793,96	11,6 %	706,13	10,3 %				
Plantación forestal	688,38	10,1 %	781,82	11,4 %	555,91	8,3 %	1177,92	17,2 %
Pastizales	290,26	4,2 %	296,65	4,3 %	194,22	2,9 %	-	-
Páramo	329,38	4,8 %	413,55	6,1 %	277,19	4,1 %	403,63	5,9 %
Mosaico agropecuario	4106,2	60,1 %	4136,24	60,5 %	4959,01	73,7 %	4580,83	67,0 %
Espejos de agua natural	0,033	0,0 %	0,033	0,0 %	0,033	0,0 %	2,43	0,0 %
Bosque nativo	581,58	8,5 %	457,36	6,7 %	427,65	6,4 %	254,52	3,7 %
Área poblada	36,1	0,5 %	36,19	0,5 %	107,2	1,6 %	295,15	4,3 %
Área sin cobertura vegetal		0,0 %		0,0 %	14,13	0,2 %	23,4	0,3 %

Fuente: datos extraídos a partir de la cartografía del MAE para los años 1990, 2000, 2008 y 2018.  
Elaboración: propia.

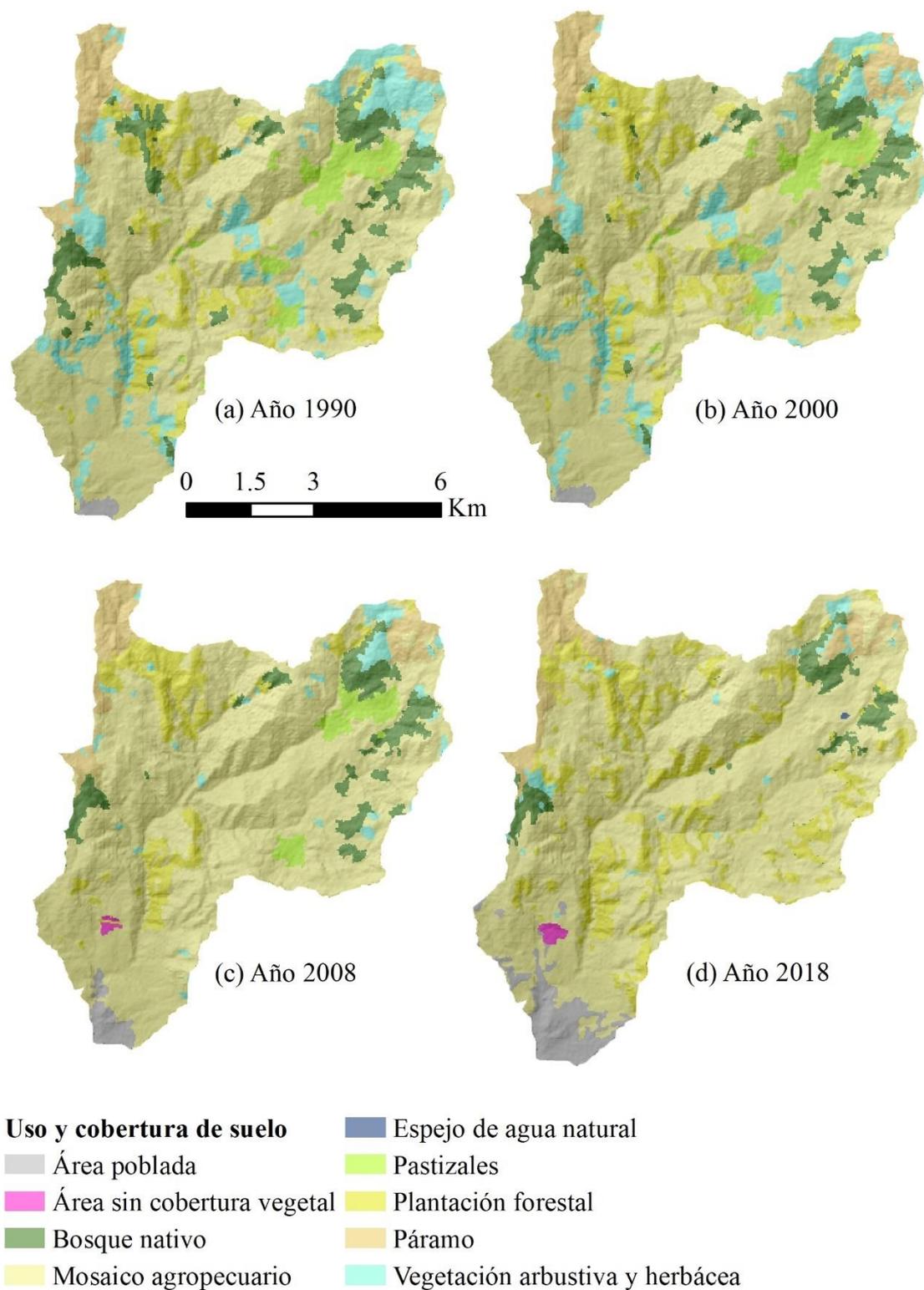


Figura 4. Uso y cobertura de suelo: (a) 1990, (b) 2000, (c) 2008, (d) 2014, (e) 2018.  
Fuente. MAE 2016, 2017, 2018.  
Elaboración propia.

#### **4. Relaciones de poder en el marco del proyecto de conservación de la microcuenca del río Tabacay**

Esta sección tiene como objetivo analizar los actores sociales en torno a las problemáticas del uso del suelo en la microcuenca. Sin embargo, como se mencionó al inicio del capítulo, no se contó con un levantamiento de información en campo para mapear y entrevistar a los actores sociales de la zona. Por eso, el presente análisis se realizó a partir del uso de información primaria y secundaria, en especial del trabajo realizado por Dewulf y sus colaboradores en la zona de estudio y publicado en el año 2011.

En ese sentido es importante mencionar que la investigación de Dewulf centra el marco de su análisis en las problemáticas de desabastecimiento del agua de la microcuenca del río Tabacay. Su estudio hace parte de un proyecto de gobernanza colaborativa<sup>3</sup> que incluyó la participación de entidades públicas y privadas, al igual que a la población que habita la zona.

En el año 2005 se da inicio al “Proyecto de conservación de la microcuenca del río Tabacay”, el cual incluyó el levantamiento de información de campo y el mapeo de actores sociales, como se ha venido mencionando. El proyecto fue convocado por la Empresa Municipal de Agua Potable (EMAPAL), que financió los estudios técnicos elaborados por la Universidad de Cuenca. Además, se contó con la participación de ACORDES, un grupo de académicos sociales de la Universidad de Cuenca que ejercieron como facilitadores y realizaron el mapa de actores a partir de una primera ronda de entrevistas.

Además, el proyecto Tabacay se llevó a cabo en el marco de un proyecto más grande: el “Plan Maestro de Desarrollo de la Cuenca del Río Paute”, que tenía como objetivo abordar las problemáticas de contaminación de las subcuencas y microcuencas que abastecen de agua la red de drenaje del río Paute (de las cuales hace parte la microcuenca del río Tabacay). El interés especial del Plan Maestro era solucionar la

---

<sup>3</sup> La gobernanza colaborativa podría ser definida como un “arreglo de gobierno en el que una o más agencias públicas involucran directamente a actores no estatales en un proceso colectivo de toma de decisiones que es formal, orientado al consenso y deliberativo y que tiene como objetivo hacer o implementar políticas públicas o gestionar programas o activos públicos” (Ansell y Gash 2007, 545).

problemática de sedimentación de las microcuencas, debido a su efecto sobre las turbinas hidráulicas de la Hidroeléctrica Paute Integral (Molina 2018).

En este punto es importante mencionar que la hidroeléctrica del Paute es considerada como la segunda más potente del país y hace parte del Complejo Hidroeléctrico Paute Integral, que se gestionó en el marco del Plan Nacional de Electrificación Rural, propuesto entre 1980 y 1984, como estrategia para el cambio de matriz energética. El proyecto incluía la construcción de cuatro centrales eléctricas situadas en cascada y que utilizarían el agua del río Paute para su funcionamiento (Washima 2013, 25).

Inicialmente el proyecto Tabacay contaba con fondos económicos por parte del Plan Maestro de Desarrollo de la Cuenca del Río Paute. Sin embargo, al abordar las problemáticas de sedimentación a escala de la microcuenca del Tabacay, este no se ajustó a las demandas de los diferentes actores sociales reunidos alrededor de las problemáticas ambientales de la microcuenca. En cambio, su problemática se centró en el suministro de agua potable, debido a que la cantidad de agua era insuficiente para garantizar un servicio continuo (Dewulf *et al.* 2011, 68).

Posteriormente, como ya se mencionó, la Empresa Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Medioambiente de la ciudad de Azogues (Emapal-EP) financió parte del proyecto. Su interés también se centra en la problemática de desabastecimiento de agua, debido a que esta empresa es la encargada de abastecer de agua a la ciudad de Azogues, utilizando el río Tabacay para ello (Emapal 2021).

Además, el proyecto contó con el apoyo del Ministerio de Ambiente, a partir de lo que anteriormente era la Secretaría Nacional del Agua (Senagua), y que hacía parte del Consejo de Programación de Obras Emergentes del Río Paute (Copoe) (Senagua, 2012). Otro actor involucrado fue la planta cementera, que inició su funcionamiento en la zona en el año 1965. Posteriormente, en el año 2013, la industria cementera pasó a estar conformada por la Unión Cementera Nacional (Ucem C. E. M.) y la compañía Cementos Chimborazo C. A. (García 2016, 34). Otros actores involucrados en el proyecto son las asociaciones y ONG ambientales de la zona, representantes del Gobierno municipal y local, entre otros actores sociales que serán mencionados en la siguiente sección.

#### 4.1. Diálogo entre actores en torno a la problemática del agua en la microcuenca del río Tabacay

Analizar la labor de los diferentes actores sociales que intervienen en las problemáticas ambientales de la microcuenca fue importante para la presente investigación, debido a que esto permitió identificar la perspectiva de estos actores en relación con el cambio de uso del suelo en la microcuenca del río Tabacay. A pesar de que el enfoque de la investigación de Dewulf fue la problemática de desabastecimiento de agua, analizar su trabajo permitió rastrear la perspectiva de los actores sociales en relación con su territorio y las problemáticas del cambio de uso y cobertura del suelo. Dewulf *et al.* (2011) implementaron en su estudio el método *frame of analysis* (análisis de marco o análisis de encuadre), para estudiar las relaciones de poder alrededor de la problemática de desabastecimiento de agua. Su metodología de trabajo se basó en el análisis de los documentos del proyecto, entrevistas con los actores sociales identificados y la participación como observador de los primeros talleres de debate multiactor, lo cual se daba en el marco del “proyecto de conservación de la microcuenca del río Tabacay”.

A partir del estudio de Dewulf *et al.* (2011), la presente investigación identificó a dieciocho actores sociales que se agruparon de acuerdo a su escala de impacto: local, municipal, regional y nacional (figura 5). Posteriormente, con base en las transcripciones de los talleres y las entrevistas que Dewulf y sus colaboradores realizaron, se identifican las problemáticas relacionadas con los usos del suelo en la microcuenca del río Tabacay.

<b>Nacional</b>	Ministerio de Agricultura	Centro de Reconversión Económica	Ministerio de Medio Ambiente	Consejo Nacional de Fuentes de Agua	Central - Hidroeléctrica
<b>Regional</b>	Centro Universitario de Ingeniería	Provincia			
<b>Municipal</b>	Empresa Municipal de Agua Potable	Asociaciones y consorcios de agua potable	Cooperativa de Minería de Arena	Gobierno local	Municipio
	Unidad de Gestión de la Cuenca de Paute	Comité Municipal de Ciudadanos	Fundación Medio Ambiente		
<b>Local</b>	Planta de cemento	Comunidades rurales	Comunidades urbanas	Propietario de la tierra	

Figura 5. Actores sociales reunidos alrededor de la problemática de escasez y contaminación del agua en la microcuenca del río Tabacay

Fuente: adaptado de Dewulf *et al.* (2011).

Elaboración propia, 2021.

En ese orden de ideas, a continuación se analizaron algunos discursos abordados por los diferentes actores sociales en los talleres y entrevistas realizados en el marco del “Proyecto de conservación de la microcuenca del río Tabacay” y que se encuentran consignados en el trabajo de Dewulf *et al.* (2011). El objetivo de realizar este análisis es identificar, como ya se mencionó, cuáles son las problemáticas del uso del suelo en la zona.

Cabe reconocer que existe cierta ambigüedad a la hora de citar a los actores sociales en el trabajo de Dewulf. Por ejemplo, se menciona a los propietarios de la tierra como algunos de los actores sociales, pero no se especifica a quiénes se hace referencia, lo que dificulta el análisis en el momento de identificar la responsabilidad en el cambio del uso y la cobertura del suelo.

Uno de los primeros actores que se pudo analizar fue la comunidad rural que habita en la zona. En los talleres la comunidad rural identificó que el déficit en el suministro de agua tenía como causa la colonización fraudulenta en la zona alta de los terrenos comunitarios (Dewulf *et al.* 2011, 65). Es difícil identificar a quiénes hacían referencia la comunidad rural como “colonizaciones fraudulentas”. Sin embargo, uno de los representantes de la asociación de agua potable que participó de las entrevistas atribuye el problema de la deforestación a la poca conciencia de los terratenientes, quienes talan grandes extensiones de bosque (Dewulf *et al.* 2011, 65).

Por su parte, los representantes de la ONG ambiental identificaron el cambio en el uso del suelo como la causa de la reducción en el caudal del río, e hicieron énfasis en la pérdida en la cobertura vegetal natural por actividades relacionadas con las plantaciones de pino (Dewulf *et al.* 2011, 67). A partir de estos primeros diálogos se identifica a los poseedores de la tierra como el actor social asociado con las problemáticas del cambio de uso del suelo.

Por otro lado, los representantes del Ministerio de Agricultura, el Gobierno provincial, la empresa municipal de agua y la planta cementera definieron la deforestación como una problemática que se ha enfrentado por años, debido a las actividades agrícolas y ganaderas desarrolladas en las zonas altas de la microcuenca. A pesar de que estos actores no mencionan directamente quién o quiénes son los responsables de esta deforestación, al referirse a las actividades de agricultura y ganadería como las causantes del cambio de uso del suelo, se señala implícitamente a los agricultores y ganaderos como responsables (Dewulf *et al.* 2011, 77).

En el avance de las entrevistas y los talleres, el Centro Universitario de Ingeniería y la empresa municipal de agua indicaron que la agricultura de las zonas altas era la principal problemática relacionada con el desabastecimiento de agua en la zona (Dewulf *et al.* 2011, 77), con lo cual trasladaron gran parte de la responsabilidad a las comunidades agrícolas y la ganadería que se asientan en la microcuenca. Este traslado de las responsabilidades hacia los agricultores y ganaderos generó que gran parte del esfuerzo para mitigar la problemática de desabastecimiento de agua se centrara en la población rural, lo cual puede identificarse en el plan de manejo de la microcuenca. Por su parte, las denuncias de la comunidad rural, las asociaciones y las ONG no se tuvieron en cuenta en el momento de definir las soluciones.

Es importante mencionar que el presente estudio se encuentra limitado por la intencionalidad de otros estudios, por lo cual sus conclusiones respecto al objetivo de analizar a los actores sociales se encuentran fuertemente influenciadas por estas investigaciones. En ese sentido, es necesario para ampliar este análisis realizar un estudio *in situ* que permita mapear de primera mano los discursos sociales en torno a la problemática del uso del suelo.

Finalmente, se dejan dos hipótesis importantes: la primera es que los llamados (grandes) poseedores de la tierra son responsables de gran parte del cambio en el uso del suelo, por eso identificar quiénes son estos poseedores de la tierra es necesario para alimentar la discusión, y es recomendable hacerlo en futuras investigaciones para entender de una manera más amplia las problemáticas del uso del suelo en la zona.

Por otra parte, se cuenta con la hipótesis de que la problemática del uso del suelo está principalmente asociada a las actividades de agricultura y ganadería de la comunidad que habita las zonas altas de la microcuenca y a las políticas públicas del sector, que pueden incentivar – o no - prácticas que generan un cambio de uso del suelo nocivo para el sistema socioecológico. De ser así, podría pensarse que al implementar el plan de manejo de la microcuenca se mitigaría la problemática de desabastecimiento de agua en la zona. El plan de manejo ambiental de la microcuenca fue entregado en el año 2012 en el marco del proyecto Tabacay. Su objetivo es “precautelar” la disponibilidad y la calidad del agua en la microcuenca (Plan de Manejo del Tabacay 2012, 29). En este contexto, es interesante mencionar los principales componentes del documento, debido a que es la herramienta de planificación central de la microcuenca, y su implementación tendrá implicaciones para los diferentes actores sociales que se relacionan en la zona.

#### **4.2. Plan de manejo de la microcuenca**

El plan de manejo de la microcuenca del Tabacay establece tres programas: (1) el “Programa de intervención en infraestructura e implementación de obras”, (2) el “Programa agro-ambiental para proteger a las fuentes de agua”, (3) el “Programa de fortalecimiento y concientización”. El primer programa gira en torno a las intervenciones en infraestructura para el abastecimiento de agua, saneamiento ambiental, riego, vial y la explotación de áridos (Plan de Manejo del Tabacay 2012, 113). El segundo programa se enfoca en los ejes de monitoreo y promoción de alternativas de cambio del suelo. Respecto a este último punto, se especifica dentro de la propuesta la inclusión de alternativas forestales, agroganaderas, de agricultura tecnificada, etc. Además, se estipula la asignación de zonas de conservación dentro de la microcuenca (Plan de Manejo del Tabacay 2012, 113). El tercer programa se encuentra enfocado en la capacitación y la educación ambiental.

Finalmente, el documento aborda el tema del pago por servicios ambientales, que consiste en

un monto adicional que los consumidores estarían dispuestos a cancelar mensualmente en sus planillas por consumo de agua potable, dicho pago será cancelado a los propietarios de las zonas altas de la cuenca para que cambien de una actividad que genera perjuicio al recurso hídrico a una actividad de conservación y protección. (Plan de Manejo del Tabacay 2012, 154)

El documento concluye con un capítulo sobre la implementación territorial del plan de manejo, dentro del cual se estipulan las zonas que deben ser intervenidas con cada uno de sus programas. Por ejemplo, se planea que la construcción de trampas de sedimentos sea dentro de una de las zonas de la microcuenca; el mejoramiento de la infraestructura de salubridad, en la zona baja; y el área de conservación, sobre los 3.200 m s. n. m. (Plan de Manejo del Tabacay 2012, 159).

En resumen, gran parte del plan de manejo se enfocó en la implementación de actividades con el fin de disminuir los impactos de la agricultura y la ganadería en la zona. Desde el momento en que la agricultura se calificó como la causante del desabastecimiento del agua en las zonas altas de la microcuenca, se establecieron como responsables las comunidades rurales. Este enfoque es limitado debido a que existen otros actores sociales que deben identificarse para buscar una solución integral, como los poseedores de tierras o las industrias de la zona, a quienes no se menciona.

Una vez descrita la situación actual, histórica y estructural de la microcuenca del río Tabacay respecto al uso del suelo, a continuación, se describe la metodología empleada para la implementación de los modelos de cambio de uso y cobertura del suelo a lo largo del tiempo. Analizar el cambio de cobertura del suelo en términos de extensión es importante al momento de generar evidencia sobre los procesos de reconfiguración del territorio.

## **5. Metodología**

Hasta al momento la metodología de la tesis se ha basado en el análisis de información primaria y secundaria, a partir de la cual se han identificado las problemáticas relacionadas con la concentración en la tenencia de la tierra en la región desde un enfoque de la ecología política. Además, se realizó un análisis de la zona de estudio en términos de su fisiografía, las parroquias que se encuentran influenciadas por la microcuenca y los actores sociales vinculados a la problemática del desabastecimiento de agua en la zona. La presente sección tiene como objetivo abordar la metodología para la implementación de los modelos computacionales de cambio de uso y cobertura del suelo en la microcuenca del río Tabacay.

### **5.1. Metodología para la implementación de los modelos de cambio del uso y la cobertura del suelo**

#### **5.1.1. Conjunto de datos**

Como conjunto de datos se utilizaron los mapas de uso y cobertura del suelo de la microcuenca del río Tabacay para los años 1990, 2000, 2008, 2014 y 2018 a una escala de 1:100.000, procesados a partir de la cartografía temática espacial nacional del Ecuador (MAE, 2018). Por otro lado, se extrajeron datos auxiliares, como pendiente, altitud, redes de drenajes, etc., a partir de un modelo digital de elevación (DEM). Además, a través del Instituto Geográfico Militar (IGM), se obtuvieron los datos de red de carretera y variables climáticas (precipitación y evapotranspiración) (tabla 4).

**Tabla 4**  
**Características de los datos de teledetección y otros datos usados en el área de estudio**

<b>Datos</b>	<b>Fuente</b>	<b>Resolución</b>	<b>Fecha</b>	<b>Tipo de dato</b>
Mapas de uso y cobertura vegetal	Ministerio del Ambiente (MAE)	1:100.000	2016, 2017, 2018	Shp*
Red de carreteras	Instituto Geográfico Militar (IGM)	1:100.000	2016	Shp*
Centros poblados	Instituto Geográfico Militar (IGM)	1:100.000	2013	Shp*
Precipitación media	Instituto Geográfico Militar (IGM)	1:100.000	2013	Raster
Evotranspiración anual	Instituto Geográfico Militar (IGM)	1:100.000	2013	Raster
DEM	Alaska Satellite Facility (ASF)	12,5 m	2020	Raster

\*Shp: shapefile.

Fuente y elaboración propia.

### 5.1.2. Uso del suelo y cobertura vegetal

A partir de la clasificación del MAE (tabla 1), se identificaron cinco tipos de uso y cobertura del suelo (LUCC) en la microcuenca: bosque, vegetación arbustiva/herbácea, páramo, tierra agropecuaria y zona antrópica (tabla 5), los cuales se escogieron teniendo en cuenta los factores naturales y antrópicos analizados con anterioridad, al igual que otros estudios realizados en la zona.

**Tabla 5**  
**Características de los tipos de uso y cobertura del suelo**

<b>Tipo LUCC</b>		<b>Descripción</b>
<b>Nivel I</b>	<b>Nivel II</b>	
<b>Bosque</b>	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.
	Plantación forestal	Masa arbórea establecida antrópicamente con una o más especies forestales.
<b>Vegetación arbustiva y herbácea</b>	Vegetación arbustiva	Áreas con un componente substancial de especies leñosas nativas no arbóreas. Incluye áreas degradadas en transición a una cobertura densa del dosel.
	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.
<b>Páramo</b>		Vegetación tropical altoandina caracterizada por especies dominantes no arbóreas que incluyen fragmentos de bosque nativo propios de la zona.

<b>Tierra agropecuaria</b>	Área bajo cultivo agrícola y pastos plantados, o que se encuentran dentro de una rotación entre estos.	
<b>Zona antrópica</b>	Área poblada	Áreas principalmente ocupadas por viviendas y edificios destinados a colectividades o servicios públicos.
	Infraestructura	Obra civil de transporte, comunicación, agroindustrial y social.

Fuente y elaboración: MAE (2016).

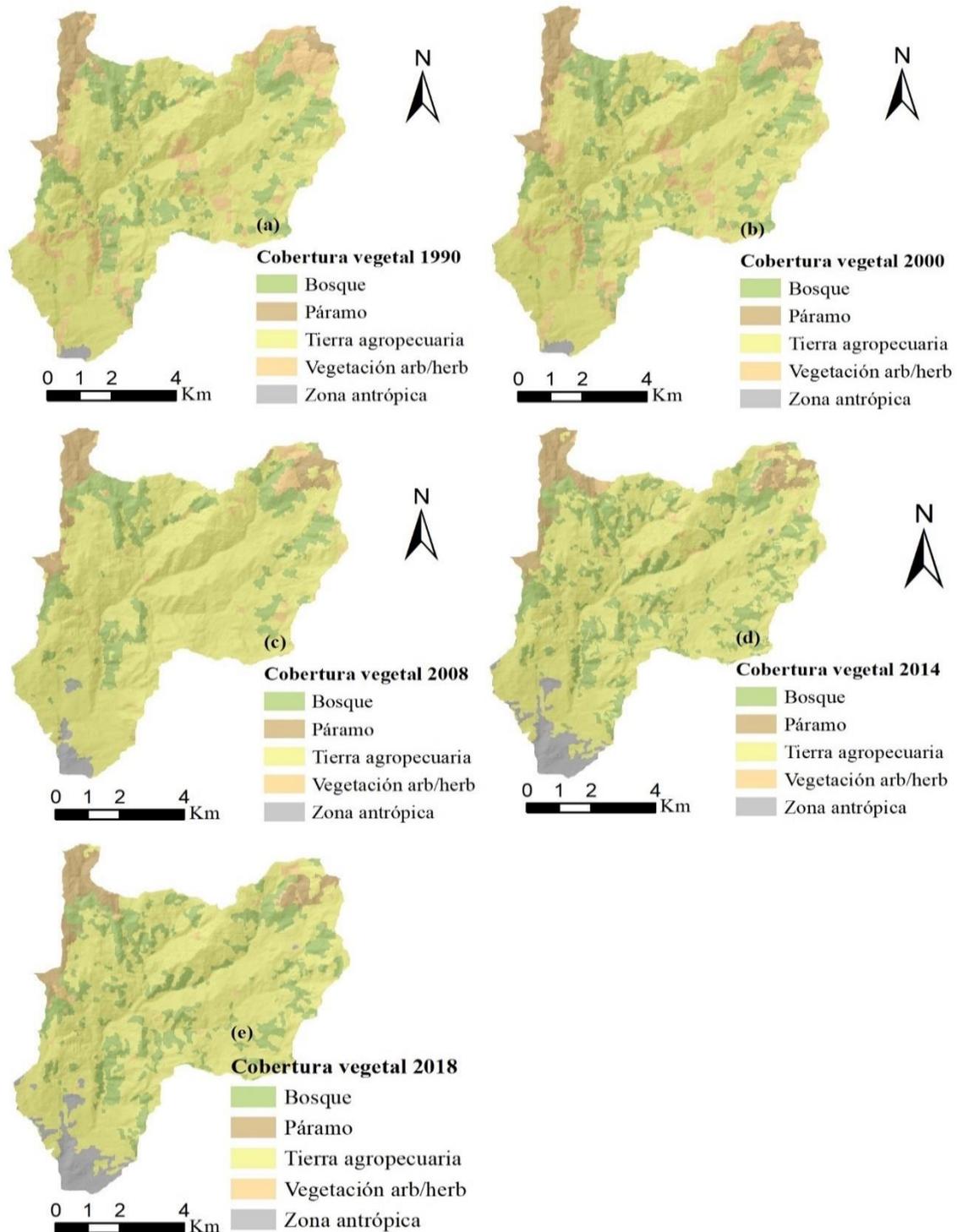


Figura 6. Cobertura y uso de suelo: (a) 1990, (b) 2000, (c) 2008, (d) 2014, (e) 2018.

Fuente. MAE 2016, 2017, 2018.

Elaboración propia.

### 5.1.3. Drivers o variables impulsoras

Para integrar los *drivers* a las modelaciones del cambio en la cobertura del suelo, las variables que se tuvieron en cuenta se eligieron a partir de la revisión de otros trabajos académicos (Hamdy et al. 2017; Tahmasebi, Karami, y Keshavarz 2020b; Zhou, Li, y Liu 2020), y se incluyeron la pendiente, la elevación, la evapotranspiración, la precipitación, la distancia con respecto al drenaje, la distancia con respecto a los centros poblados y la distancia con respecto a las vías (tabla 6 y figura 7).

**Tabla 6**  
**Factores impulsores del cambio de uso y de cobertura del suelo**

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
<b>Pendiente</b>	Cuanto más inclinadas son las pendientes, menos apta es la zona para el crecimiento urbano; cuanto más bajas son las pendientes, más adecuadas para el crecimiento urbano/residencial (Lu, Guo, y Zhao 2014).
<b>Elevación</b>	Las tierras planas de menos elevación son más adecuadas para la expansión urbana que las elevaciones más altas (Birhanu <i>et al.</i> 2019).
<b>Evotranspiración</b>	El cambio de uso del suelo tiene un efecto directo sobre la hidrología a través de su relación con el régimen de evapotranspiración (Dunn y Mackay 1995).
<b>Precipitación</b>	La precipitación tiene una respuesta positiva sobre el crecimiento vegetal (Sun <i>et al.</i> 2015).
<b>Distancia con respecto a los drenajes</b>	El patrón actual de recursos hídricos es un reflejo histórico de los seres humanos; la disponibilidad de agua se ha relacionado directamente con los asentamientos humanos (Xie, Bie, y He 2017).
<b>Distancia con respecto a los centros poblados</b>	El crecimiento de la población tiene un efecto directo sobre las zonas rurales, los bosques y la transición entre los usos agrícolas y los forestales (Polyakov y Zhang 2008).
<b>Distancia con respecto a las vías</b>	Las vías o carreteras son una característica innegable de la actividad humana, y tienen un papel importante en la apertura de regiones boscosas tropicales y la explotación de sus recursos (Siqueira-Gay, Sonter, y Sánchez 2020).

Fuente y elaboración propia 2020.

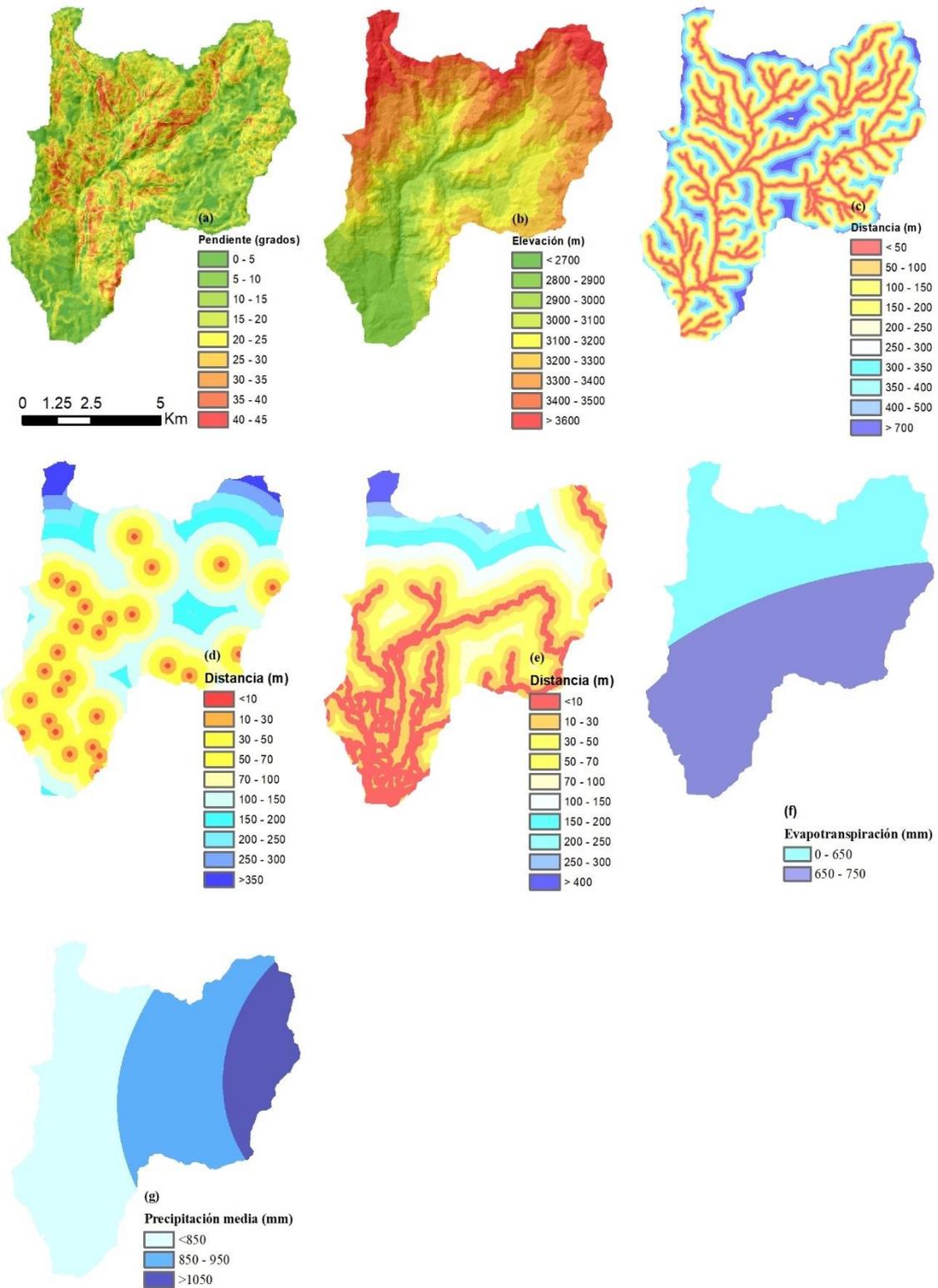


Figura 7. Factores impulsores: (a) pendiente, (b) elevación, (c) distancia a drenajes, (d) distancia a centros poblados, (e) distancia a vías, (f) evotranspiración anual, (g) precipitación.

Fuente: ver Tabla 4.

Elaboración propia.

## 5.2. Modelaciones de cambio del uso y la cobertura del suelo

El cambio espacial y temporal de LUCC y sus factores impulsores se estudiaron con la ayuda de modelos espaciales y análisis estadísticos. El modelo integrado CA Markov se analizó a partir del *software* de Idrisi y el análisis de los factores impulsores se desarrolló con base en la técnica estadística de regresión logística. Por su parte, el modelo integrado de Markov y la regresión logística también se modeló a partir del *software* de Idrisi.

## 5.3. Modelo integrado CA Markov

La implementación del modelo CA Markov en el presente estudio se apoyó en la metodología propuesta por Al-sharif y Pradhan (2014), a partir del análisis de tabulación cruzada (figura 8), para el cual se utilizaron los mapas de uso y cobertura del suelo de la microcuenca del río Tabacay para los años 1990, 2000, 2008, 2014 y 2018, los cuales se clasificaron en una resolución espacial de 12,5 x 12,5 m, calculadas en función de la complejidad del terreno (Hengl, 2006). Se siguieron los siguientes pasos para realizar la modelación:

- a. Cálculo de la matriz de probabilidad de transición del uso del suelo. Se calcularon las probabilidades de transición entre los mapas de uso de la tierra de los años 1990-2000 y 2000-2008, y se usaron para predecir los cambios en el 2008 y el 2018. De este modo se realizaron la calibración y la validación del modelo.
- b. Validación y calibración de los modelos. A partir de la utilización del índice kappa se calibraron y validaron los modelos del ítem anterior. El índice kappa permite medir la concordancia entre dos conjuntos de datos: un valor de coeficiente kappa 0,80 representa una buena precisión, y uno de 0,40 se considera pobre (Rwanga y Ndambuki 2017, 619).
- c. Identificación del filtro CA. El modelo CA, al trabajar con la dinámica del vecino próximo, puede generar un “ruido” aleatorio de pixel a pixel. Este problema se corrigió aplicando un filtro para reemplazar el “ruido” por los valores medios seleccionados entre los vecinos de la ventana específica (Eastman 2003, 196). En este caso el filtro de contigüidad CA seleccionado fue 5 x 5, de acuerdo con lo planteado por (Al-sharif y Pradhan 2014).
- d. Identificación del número de iteraciones. CA Markov “localiza en el espacio las transiciones markovianas calculadas, comparando la aptitud de las diferentes

categorías y proyectando hacia una fecha futura T (número de iteraciones)” (Eastman 2003, 224). En ese caso se tomaron 10 iteraciones a partir de investigaciones anteriores (Reynoso *et al.* 2016).

- e. Predicciones futuras sobre el cambio del uso y la cobertura del suelo. Para las predicciones futuras se usó como punto de partida el año 2018, para predecir el cambio del uso y la cobertura del suelo para los años 2035 y 3040. Se tomaron estos dos años para las predicciones futuras debido a que son más visibles los cambios de cobertura del suelo para estos periodos de tiempo.

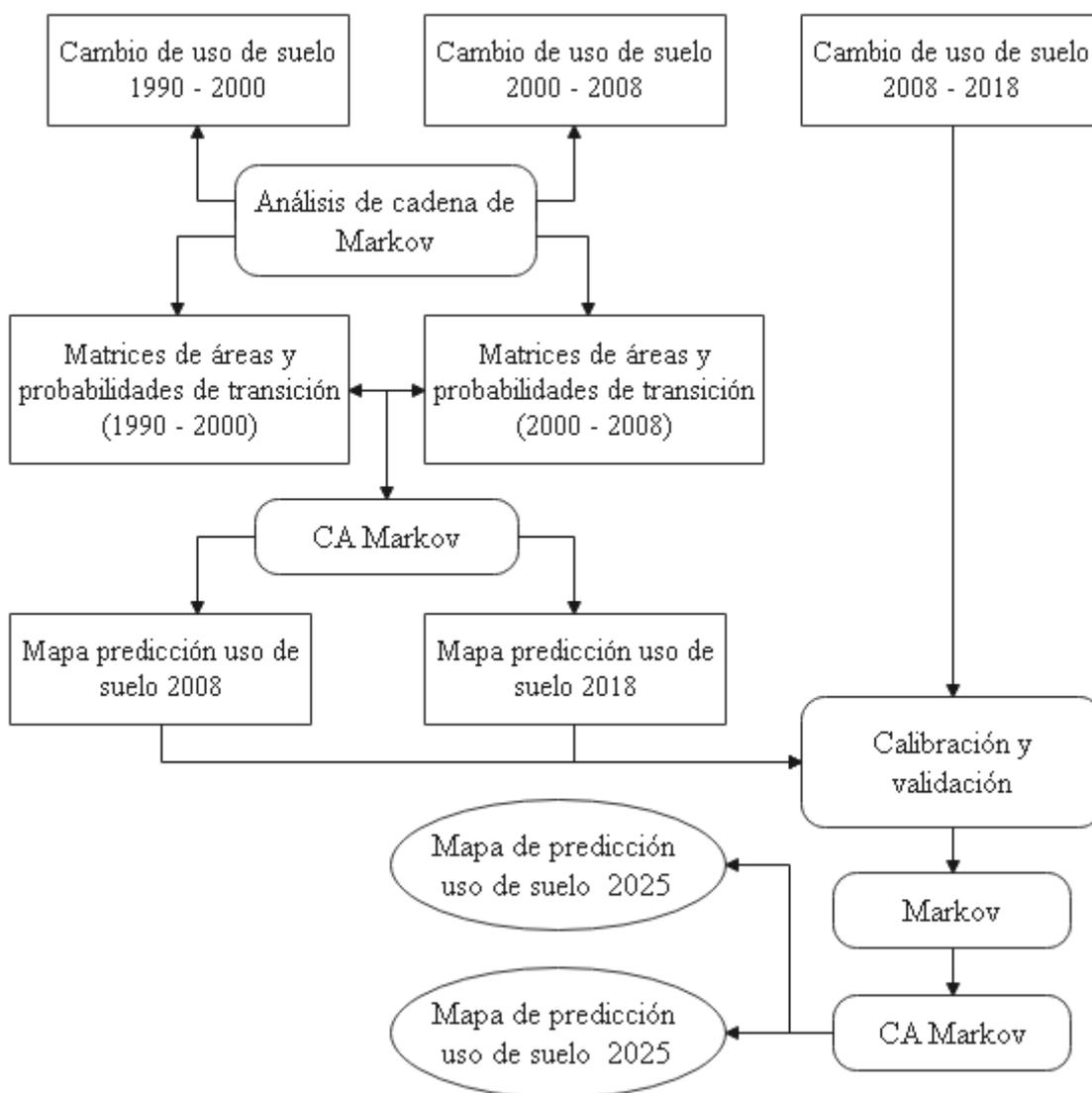


Figura 8. Diagrama de flujo del modelo aplicado CA Markov  
Elaboración: Propia, 2020.

#### 5.4. Modelo de regresión logística

Se empleó el modelo de regresión logística para analizar los efectos de algunos *drivers* en el cambio de la cobertura del suelo, con base en la metodología propuesta por Hyandy (2015). En primer lugar, se analizó el comportamiento de los factores impulsores respecto a las dinámicas de LUCC, a partir del análisis estadístico de regresión lineal múltiple. Luego, se utilizó un análisis espacial cuyo objetivo fue el de corroborar o validar la información estadística y crear la cartografía de los modelados.

El análisis estadístico se llevó a cabo a partir del archivo de base de datos del mapa de uso y cobertura del suelo de la microcuenca del río Tabacay para el año 2018, y los mapas de los factores impulsores. Para el análisis espacial se utilizaron las imágenes de la cartografía anteriormente mencionada, valiéndose de conceptos como la interacción espacial, la distancia, las formas del terreno, etc.

Como variable dependiente se usaron los datos cartográficos de uso y cobertura del suelo del año 2018, y como variables independientes se emplearon los datos cartográficos de los factores impulsores (tabla 4 y figura 7). La eficiencia de los modelados en ambos análisis se midió con base en la característica operativa relativa<sup>4</sup> (ROC, por sus siglas en inglés), utilizada en otras investigaciones (por ejemplo Pontius y Schneider 2001; Mustafa *et al.* 2018; Tong y Feng 2020).

Finalmente, debido a la necesidad de integrar las variables generadas por los *drivers* y los datos de entrada de los mapas de uso y cobertura del suelo de los años 1990 a 2018, se simuló nuevamente las proyecciones para los años 2035 y 2040 de la microcuenca, con base en la metodología planteada por Eastman (499), en la que se relacionan las transiciones de la cobertura del suelo y un conjunto de variables explicativas a partir de la integración del modelo de Markov y la regresión logística. Se pueden mencionar los estudios propuestos por Hamdy *et al.* (2016) y Li *et al.* (2020) como ejemplos de aplicación de este método.

---

<sup>4</sup> La ROC es una medida que permite determinar la bondad del ajuste de un modelo de regresión logística. Algunos estudios consideran buenos los valores por encima del 70 % y excelentes por encima del 90 % (Lin *et al.* 2011, 71). Sin embargo, otros autores consideran los valores por encima del 52 % como “mejores que el azar” (Pontius y Schneider 2001, 246).



## Capítulo cuarto

### Resultados y discusión

#### 1. Modelaciones de cambio del uso y la cobertura de suelo

##### 1.1. Modelo integrado CA Markov

##### 1.1.1. Cambio de uso del suelo y matrices de probabilidad de transición

En la tabla 7 y las figuras 3 y 6 se encuentran las estimaciones generadas por los cambios espaciales en el uso y la cobertura del suelo de la microcuenca a partir del modelo CA Markov, a través de los cuales se puede observar que entre 1990 y 2008 el área boscosa disminuyó de 1.274,07 ha a 988,2 ha, mientras que en el 2018 aumentó a 1.436,77 ha, con una tasa anual de incremento de 44,86 ha. Por su parte, el área del páramo varió en el tiempo, aumentando de 330,69 ha a 401,98 ha entre 1990 y el 2018.

Por otro lado, la tierra agropecuaria aumentó de 4.393,42 ha a 5.151,16 ha entre 1990 y el 2008, y desde este último periodo hasta el 2018 disminuyó a 4.581 ha a una tasa de 57,02 ha. Además, el área de vegetación arbustiva y herbácea disminuyó de 800,79 ha a 93,35 ha entre 1990 y el 2018, con una tasa anual particularmente alta de 65,07 ha entre el 2000 y el 2008. Finalmente, el área antrópica aumentó de 36,35 ha a 319,4 ha entre 1990 y el 2018, con una tasa de crecimiento anual de 19,80 ha en la última década del 2008 y el 2018.

**Tabla 7**  
**Cambios temporales del uso y la cobertura del suelo (en ha)**  
**Modelo CA Markov**

	Bosque	Páramo	Tierra agropecuaria	Vegetación arbustiva y herbácea	Zona antrópica
<b>1990</b>	1.274,07	330,69	4.393,42	800,79	36,35
<b>2000</b>	1.242,66	415,22	4.431,01	710,09	36,35
<b>2008</b>	988,2	385,04	5.151,16	189,52	121,41
<b>2018</b>	1.436,77	401,98	4.581	93,35	319,4
<b>2035 (simulación)</b>	1.961,04	408,69	3.684,57	102,17	678,15
<b>2040 (simulación)</b>	1.969,34	424,22	3.585,75	98,64	757,74
<b>Cambio anual (1990-2000)</b>	-3,141	8,45	3,76	-9,07	0
<b>Cambio anual (2000-2008)</b>	-31,81	-3,77	90,02	-65,07	10,63
<b>Cambio anual (2008-2018)</b>	44,86	1,69	-57,02	-9,62	19,80
<b>Cambio anual (2035-2018)</b>	30,840	0,395	-52,731	0,519	21,103
<b>Cambio anual (2040-2018)</b>	24,208	1,011	-45,239	0,241	19,924

Fuente y elaboración propia, 2020.

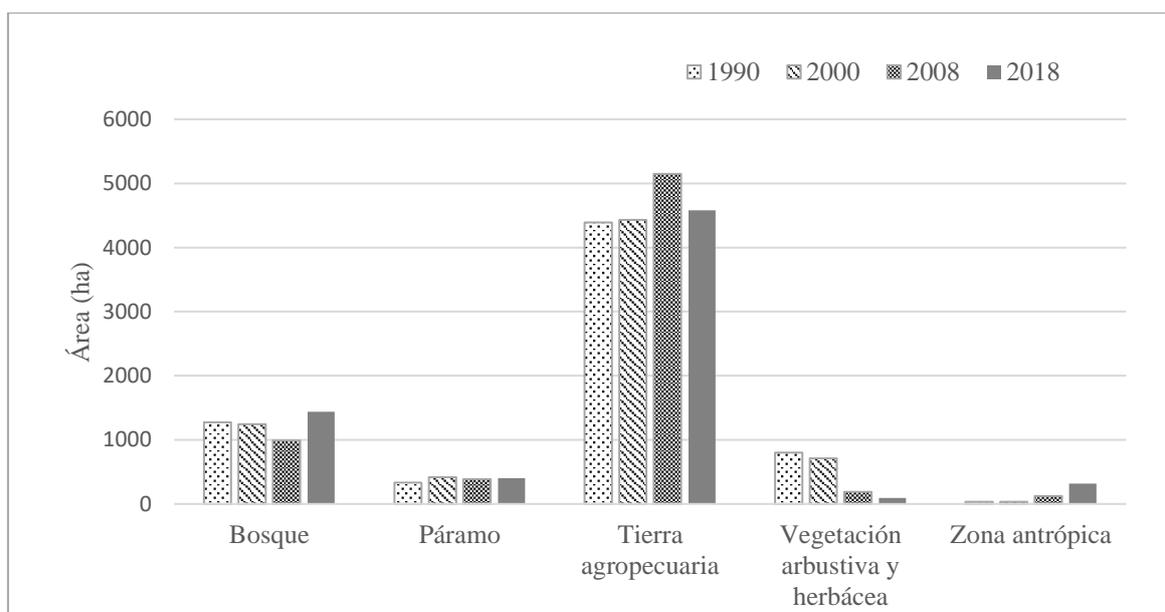


Figura 9. Cambios temporales del uso y la cobertura del suelo (en ha)

Fuente y elaboración propia, 2020.

Las matrices de probabilidad de transición del uso y la cobertura del suelo para los periodos 1990-2000, 2000-2008 y 2008-2018, calculadas en relación con la distribución de frecuencias espaciales en el tiempo, se muestran en las tablas 6a, 6b y 6c. La diagonal de las matrices de transición representa la probabilidad de que una clase de uso y cobertura del suelo permanezca igual (en negrita), mientras que los valores por fuera de la diagonal indican la probabilidad de que ocurra un cambio de una clase de uso y cobertura del suelo por otra. Por ejemplo, se puede observar en la tabla 8a que la probabilidad de cambio de área de páramo por área boscosa de 1990 a 2000 fue del 18 %. Esta probabilidad aumentó a 19 % en el 2008 (tabla 8b), pero disminuyó al 8 % para el 2018 (tabla 8c).

**Tabla 8a**  
**Matriz de probabilidades de transición del uso y la cobertura del suelo, 1990-2000**

2000					
1990	Bosque	Páramo	Tierra agropecuaria	Vegetación arbustiva y herbácea	Zona antrópica
<b>Bosque</b>	<b>0,81</b>	0	0,18	0,01	0
<b>Páramo</b>	0,18	<b>0,82</b>	0	0	0
<b>Tierra agropecuaria</b>	0,11	0	<b>0,84</b>	0,05	0
<b>Vegetación arbustiva y herbácea</b>	0	0,22	0,02	<b>0,76</b>	0
<b>Zona antrópica</b>	0,04	0,04	0,04	0,04	<b>0,85</b>

Fuente y elaboración propia, 2020.

**Tabla 8b**  
**Matriz de probabilidades de transición del uso y la cobertura del suelo, 2000-2008**

2008					
2000	Bosque	Páramo	Tierra agropecuaria	Vegetación arbustiva y herbácea	Zona antrópica
<b>Bosque</b>	<b>0,51</b>	0	0,46	0,02	0
<b>Páramo</b>	0,19	<b>0,75</b>	0,06	0	0
<b>Tierra agropecuaria</b>	0,08	0,01	<b>0,82</b>	0	0,09
<b>Vegetación arbustiva y herbácea</b>	0,1	0	0,78	<b>0,09</b>	0,03
<b>Zona antrópica</b>	0,04	0,04	0,04	0,04	<b>0,85</b>

Fuente y elaboración propia, 2020.

**Tabla 8c**  
**Matriz de probabilidades de transición del uso y la cobertura del suelo, 2008-2018**

2018					
2008	Bosque	Páramo	Tierra agropecuaria	Vegetación arbustiva y herbácea	Zona antrópica
<b>Bosque</b>	<b>0,44</b>	0,07	0,44	0,02	0,02
<b>Páramo</b>	0,08	<b>0,58</b>	0,31	0,02	0
<b>Tierra agropecuaria</b>	0,28	0,01	<b>0,62</b>	0,01	0,08
<b>Vegetación arbustiva y herbácea</b>	0,25	0,24	0,45	<b>0,05</b>	0,01
<b>Zona antrópica</b>	0,01	0	0,14	0	<b>0,85</b>

Fuente y elaboración propia, 2020.

### 1.1.2. Validación del modelo

Para la validación del modelo se compararon a partir de la estadística kappa los mapas simulados de uso y cobertura del suelo para el 2008 y el 2018 con los mapas reales de uso y cobertura del suelo obtenidos por el MAE. El éxito de la simulación del modelo de cadenas de Markov y los autómatas celulares es del 78 % y el 80 % para el 2008 y el 2018, respectivamente. Con base en las figuras 10 y 11 para el 2008, se puede analizar que la relación entre la cobertura del bosque, el páramo y la tierra agropecuaria en el mapa de uso y cobertura vegetal simulado tiene una mayor correlación con el mapa real, comparado con las coberturas de vegetación arbustiva y herbácea, y la zona antrópica.

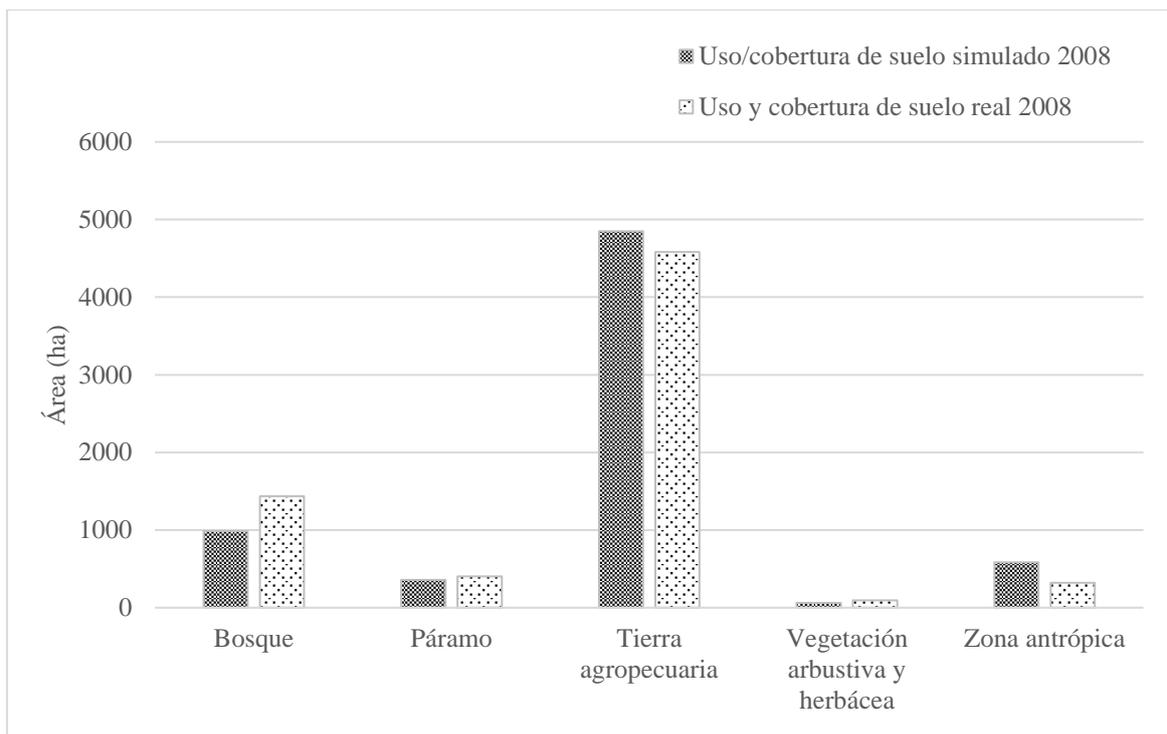


Figura 10. Uso / cobertura del suelo simulado vs real en 2008.  
Fuente y elaboración propia, 2020.

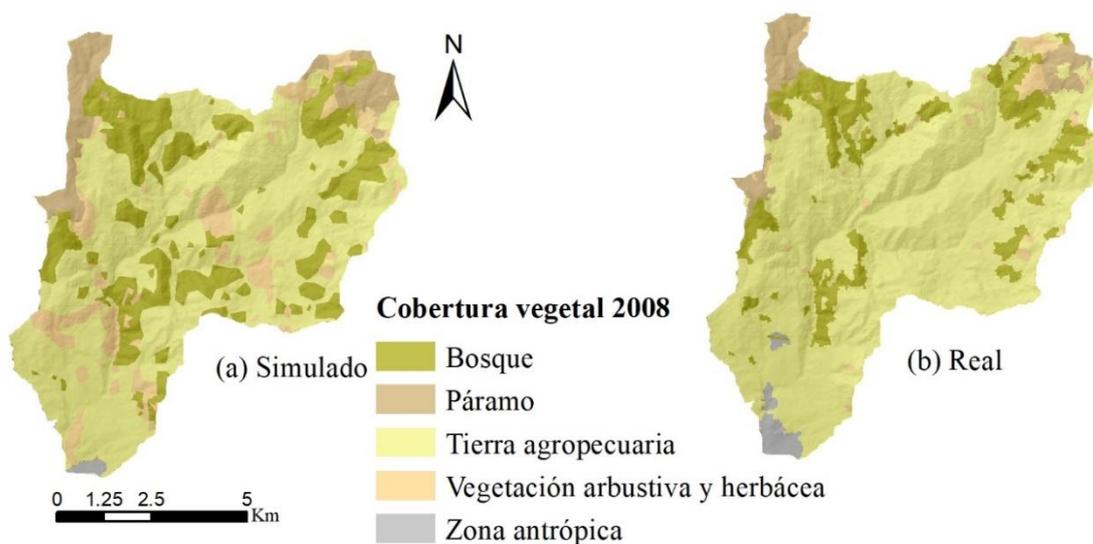


Figura 11. Uso / cobertura del suelo simulado vs real en 2008.  
Fuente: MAE 2018.  
Elaboración propia, 2020.

La relación entre los mapas simulados y los mapas reales permite evidenciar que el modelo predice en un 80 % las dinámicas de cambio de uso del suelo, lo que podría indicar un buen proceso en el modelado. El análisis de los resultados del 2018 indica que la clase de páramo, tierra agropecuaria y vegetación arbustiva y herbácea en el mapa de

uso y cobertura del suelo simulado es relativamente cercana a la del mapa real, mientras que la cobertura del bosque y la zona antrópica se relaciona en menor proporción.

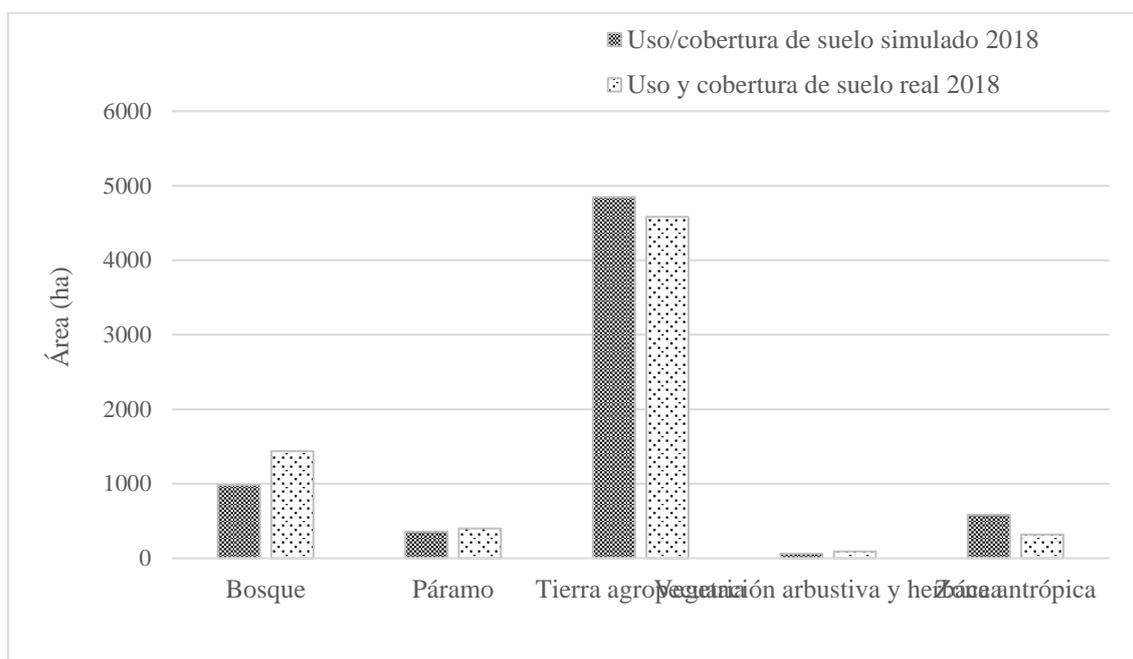


Figura 12. Uso / cobertura del suelo simulado vs real en 2018.  
Fuente y elaboración propia, 2020.

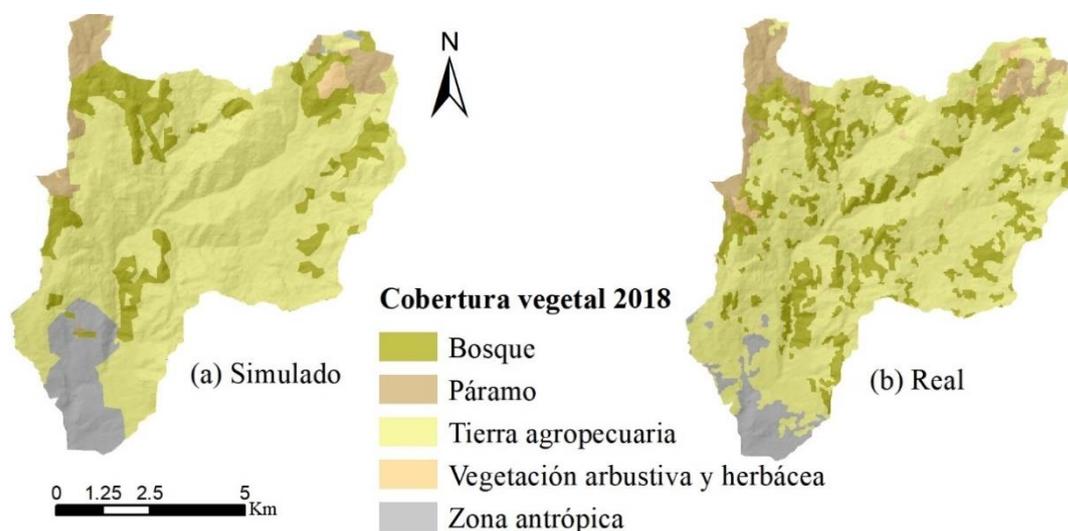


Figura 13. Uso / cobertura del suelo simulado vs real en 2018  
Fuente: MAE 2018.  
Elaboración propia, 2020.

### 1.1.3. Cambio futuro en el uso y la cobertura del suelo

A partir del éxito de los modelos del 2008 y el 2018, se simularon los mapas futuros del uso y la cobertura del suelo para el 2035 y el 2040 (tabla 5, figuras 14 y 15), utilizando el mapa base de uso y cobertura del suelo del 2018, y la matriz de

probabilidades de transición del uso y la cobertura del suelo del 2008 al 2018. Las simulaciones del modelo CA Markov predicen un aumento en el área boscosa del 8 %, mientras que la tierra agropecuaria podría tener una disminución del 30 % y las zonas antrópicas un aumento del 6,4 %. Por su parte, las áreas de vegetación arbustiva y herbácea y la zona antrópica podrían aumentar levemente.

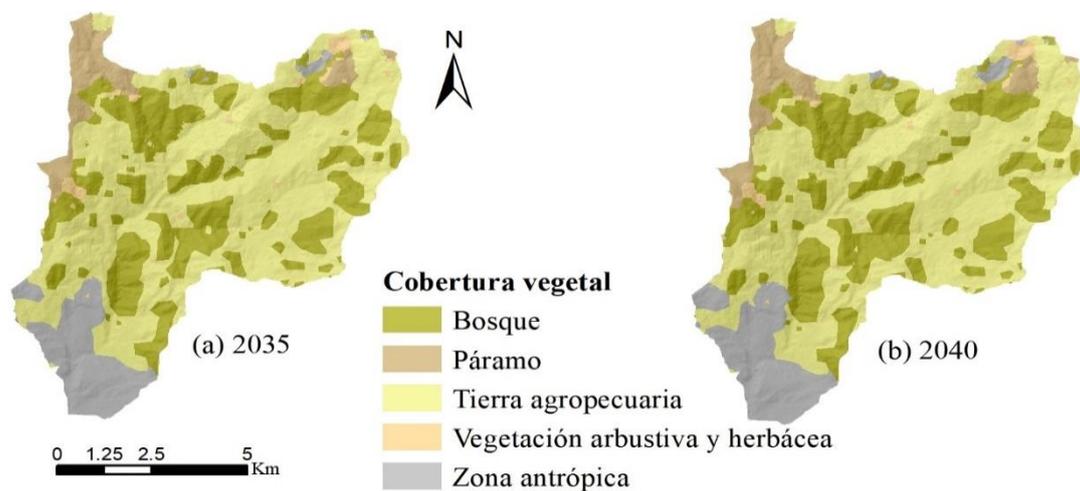


Figura 14. Mapas simulados de uso / cobertura futura del suelo: (a) 2035 y (b) 2045. Fuente y elaboración propia, 2020.

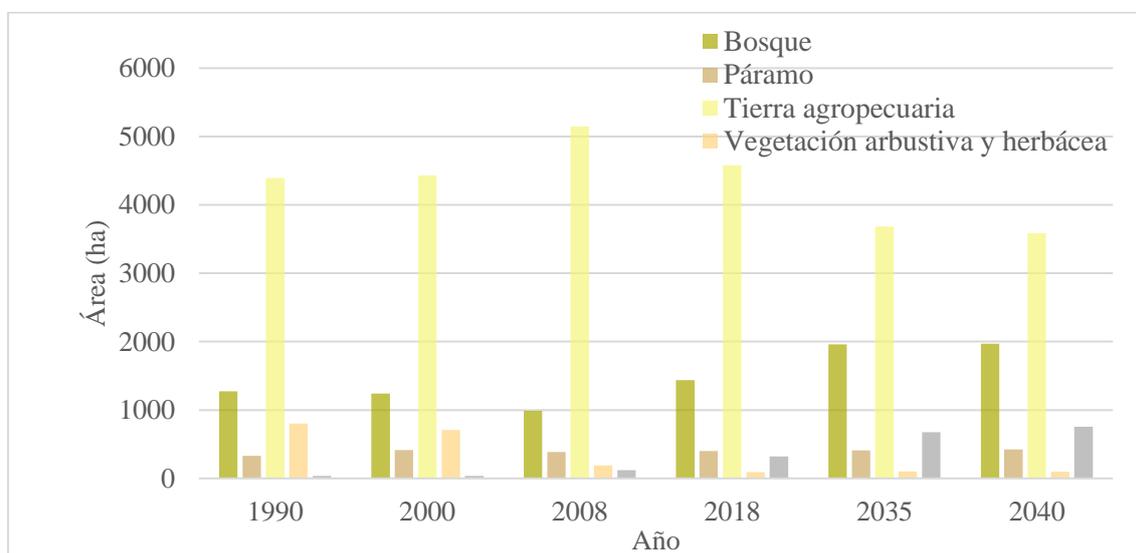


Figura 15. Cambio en el uso / cobertura del suelo (ha). Fuente y elaboración propia, 2020.

## 2. Modelo de regresión logística

Las tablas 10 y 11 muestran los datos generados por el modelo de regresión logística a partir del análisis estadístico de las coberturas del suelo del año 2018 y sus

factores impulsores. La eficiencia del modelo se analiza a partir de los coeficientes  $R^2$  de Cox y Snell, y  $R^2$  de Nagelkerke (tabla 9), los cuales al alcanzar valores cercanos a 1 aumentan su eficiencia y al alejarse de la unidad la disminuyen. El modelo de mayor eficiencia fue el generado para el área antrópica, de acuerdo a los valores de  $R^2$  de Cox y Snell de 51 %, y  $R^2$  de Nagelkerke del 70 %, indicando la correlación entre las variables impulsoras y el cambio de cobertura. El área del páramo fue el segundo modelo con mayor eficiencia, con 35 % y 47 % en sus valores de R. Los modelos restantes mostraron baja eficiencia en el modelado.

Por otra parte, se muestran los coeficientes ROC (tabla 11) en relación con la eficiencia de los modelos, a partir de los cuales se puede determinar que los modelos con mejor ajuste fueron el área antrópica (94 %) y el páramo (86 %). Por otro lado, los modelos de bosque y tierra agropecuaria son los que tienen un ajuste menor.

En la tabla 10 se observan los valores de los coeficientes o pesos de la ecuación de regresión logística. Con estos valores podemos analizar, en primer lugar, que los niveles de significancia (Sig.) por encima de 0,05 no son explicativos, debido a que no constituyen ninguna prueba de relación entre variables (Gil y Castañeda 2005, 418). Por su parte, el coeficiente *odds ratios* (OR), descrito como una medida de eficacia, se acerca a valores de 1 cuando “su efecto es más pequeño” (Cerdeira, Vera, y Rada 2013, 1331). Por último, la tabla 10 muestra los coeficientes  $\beta$  – beta, cuyo coeficiente influye en la representación de las variables impulsoras en el modelo matemático; si este valor es 0, quiere decir que la variable no influye en las dinámicas de cambio.

De este modo se puede concluir respecto a los valores de significancia que las variables por encima de 0,05 no tenían el peso estadístico significativo en relación con las coberturas. Por ejemplo, la variable de evapotranspiración respecto a cada uso y cobertura del suelo demostró su poca relevancia. Respecto a los valores de OR, se muestra en general una relación baja frente a la eficacia de los modelos.

**Tabla 9**  
**Coefficientes de determinación  $R^2$  - modelo de regresión logística**

<b>Coberturas</b>	<b><math>R^2</math> de Cox y Snell</b>	<b><math>R^2</math> de Nagelkerke</b>
<b>Bosque</b>	0,011	0,014
<b>Páramo</b>	0,349	0,465
<b>Tierra agropecuaria</b>	0,023	0,031
<b>Vegetación arbustiva y herbácea</b>	0,112	0,149
<b>Zona antrópica</b>	0,51	0,68

Fuente y elaboración propia, 2020.

**Tabla 10**  
**VARIABLES DE LA ECUACIÓN LOGÍSTICA A PARTIR DEL USO Y LA COBERTURA DEL SUELO EN EL 2018**

Factores impulsores	Bosque			Páramo			Tierra agropecuaria			Vegetación arbustiva y herbácea			Zona antrópica		
	$\beta$	Sig.	OR	B	Sig.	OR	$\beta$	Sig.	OR	$\beta$	Sig.	OR	B	Sig.	OR
Distancia de los centros poblados	0,0001	0,00	1,00	0,003	0,00	1,00	0,0003	0,00	1,00	0,002	0,00	1,00	-0,006	0,00	1,00
Distancia de los drenajes	0,0002	0,00	1,00	0,0001	<b>0,14</b>	1,00	0,00002	<b>0,74</b>	1,00	0,0002	<b>0,24</b>	1,00	0,001	0,00	1,00
Distancia de las vías	0,0003	0,00	1,00	0,0004	0,00	1,00	0,0002	0,00	1,00	0,0002	0,00	1,00	0,001	0,00	1,00
Evapotranspiración	-0,03	<b>1,00</b>	0,97	-0,02	<b>1,00</b>	0,96	0,031	<b>1,00</b>	1,03	-0,04	<b>1,00</b>	0,96	0,01	<b>1,00</b>	1,01
Elevación	0,0003	<b>0,06</b>	1,00	-0,004	0,00	1,00	0,0003	<b>0,07</b>	1,00	0,004	0,003	1,00	0,01	0,00	1,01
Precipitación	-0,004	0,00	1,00	-0,006	0,00	0,99	0,00002	<b>0,93</b>	1,00	0,004	0,00	1,00	0,01	0,00	1,01
Pendiente	0,0002	<b>0,77</b>	1,00	-0,004	0,00	1,00	0,00004	<b>0,95</b>	1,00	-0,006	0,00	0,99	0,003	0,00	1,00
Constante	21,95	1,00	-	14,45	1,00	-	-1935	100	-	13,35	1,00	-	-9,33	1,00	0,00

Fuente y elaboración propia 2020.

**Tabla 11**  
**Coeficientes ROC - modelo de regresión logística**

Coberturas	Coeficientes ROC
Bosque	0,55
Páramo	0,86
Tierra agropecuaria	0,57
Vegetación arbustiva y herbácea	0,69
Zona antrópica	0,94

Fuente y elaboración propia, 2020.

## 2.1. Validación del modelo

A partir de la validación realizada con el análisis espacial se obtuvieron los coeficientes ROC (tabla 10) y  $\beta$  – beta (tabla 11), generados respecto al mapa de uso y cobertura del suelo del año 2018. Al comparar los coeficientes  $\beta$  – beta del análisis estadístico (tabla 10) con los datos generados por el análisis espacial (tabla 13), se pueden observar las semejanzas en términos de sus valores. Ahora bien, los coeficientes  $\beta$  – beta se pueden relacionar de manera positiva o negativa y pueden variar entre -1 (relación negativa fuerte), 1 (relación positiva fuerte) y 0 (sin relación) (Eastman 2003, 175). Sin embargo, esta relación difiere en algunos datos entre los modelos.

Respecto a los coeficientes ROC, el modelo generado a partir del análisis espacial muestra mejores ajustes frente al análisis estadístico. Por otra parte, se pueden observar los mapas de idoneidad para cada uso y cobertura del suelo generados a partir del análisis espacial (figura 13), los cuales comprenden valores de 0 y 1, y potencian el cambio de una clase de uso y cobertura a otra para valores cercanos de 1.

**Tabla 12**  
Coeficiente ROC - análisis espacial

Coberturas	Coefficientes ROC
Bosque	0,86
Páramo	0,98
Tierra agropecuaria	0,91
Vegetación arbustiva y herbácea	0,92
Zona antrópica	0,99

Fuente y elaboración propia, 2020.

**Tabla 13**  
Variables  $\beta$  – beta de la ecuación logística a partir del uso y la cobertura del suelo en el 2018 - análisis espacial

Variables	Bosque	Páramo	Tierra agropecuaria	Vegetación arbustiva y herbácea	Zona antrópica
Intercepto	-8,83	-35,24	-5,57	-10,71	-69,19
Distancia de los centros poblados	-0,0001	0,001	-0,001	0,001	0,002
Elevación	0,001	0,01	0,0001	0,003	-0,004
Distancia de los drenajes	-0,001	-0,001	0,00001	-0,004	0,002

<b>Evapotranspiración</b>	0,003	0,01	0,003	0,0004	2,00
<b>Distancia de las vías</b>	-0,0001	-0,0001	-0,00002	-0,001	-0,01
<b>Precipitación</b>	0,0001	0,01	-0,005	0,004	-1,58
<b>Pendiente</b>	0,03	-0,001	-0,02	0,014	-0,054

Fuente y elaboración propia, 2020.

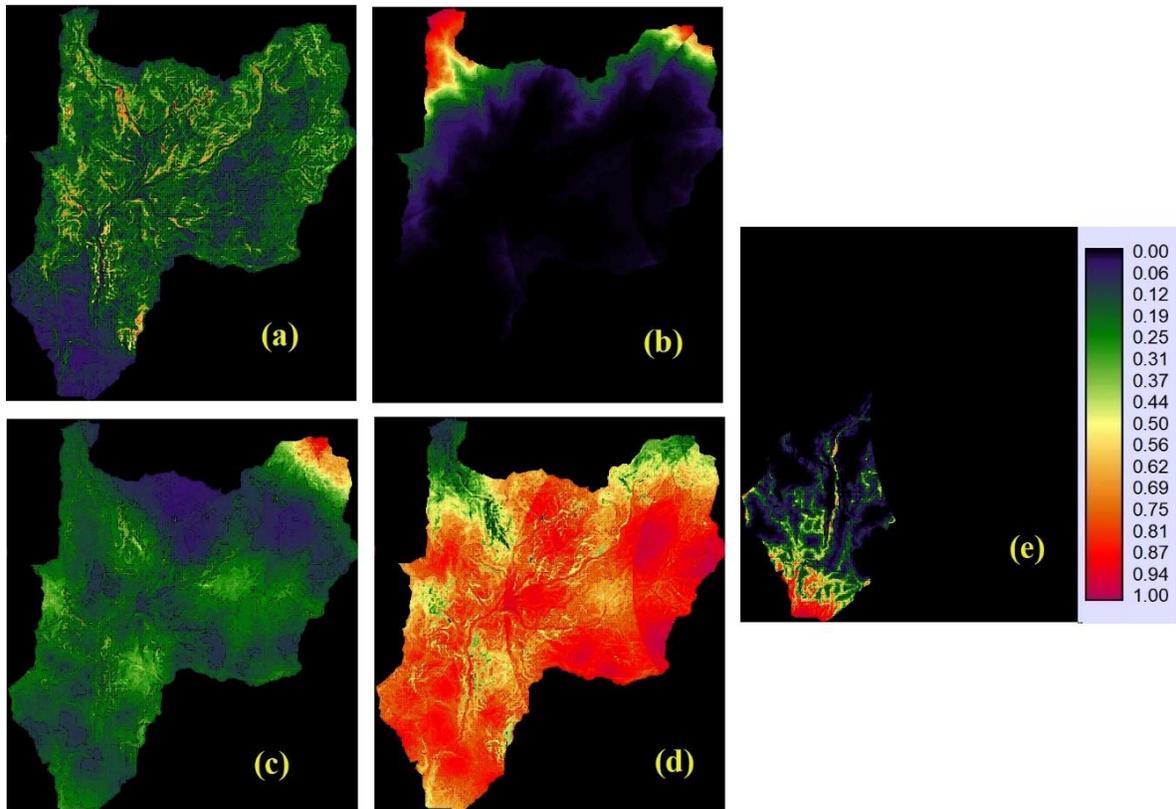


Figura 16. Mapas de idoneidad para (a) bosque, (b) páramo, (c) vegetación arbustiva y herbácea, (d) tierra agropecuaria, (e) zona antrópica (0 indica que no hay idoneidad y 1 indica la idoneidad más alta respecto al cambio de pixel de una cobertura a la otra).

Fuente: Modelo espacial  
Elaboración propia, 2020

## 2.2. Modelo integrado de Markov y regresión logística

Por último, a partir del modelo de Markov se simularon los mapas futuros de uso y cobertura del suelo para el 2035 y el 2040 (figura 17). La modelación se realizó teniendo como base los submodelos de transición del suelo generados a partir del modelo de regresión logística, los cuales relacionan los factores impulsores con los mapas de uso y cobertura del suelo (tabla 14, figuras 17 y 18). Las simulaciones predicen que la cobertura boscosa y el

área del páramo no tendrán en el futuro próximo cambios considerables, mientras que la tierra agropecuaria podría tener una disminución del 2 %. Por su parte, la vegetación arbustiva y herbácea tendría una pérdida del 1,2 %, y la zona antrópica, un crecimiento del 3 %, de acuerdo con los modelos predictivos.

**Tabla 14**  
**Cambio en el uso y la cobertura del suelo (en ha) - modelo de Markov y regresión logística**

	<b>Bosque</b>	<b>Páramo</b>	<b>Tierra agropecuaria</b>	<b>Vegetación arbustiva y herbácea</b>	<b>Zona antrópica</b>
<b>1990</b>	1.274,07	330,69	4.393,42	800,79	36,35
<b>2000</b>	1.242,66	415,22	4.431,01	710,09	36,35
<b>2008</b>	988,2	385,04	5.151,16	189,52	121,41
<b>2018</b>	1.436,77	401,98	4.581	93,35	319,4
<b>2035 (simulación)</b>	1.444,58	415,67	4.470,46	8,35	491,69
<b>2040 (simulación)</b>	1.432,65	415,45	4.438,90	7,84	535,90

Fuente y elaboración propia, 2020.

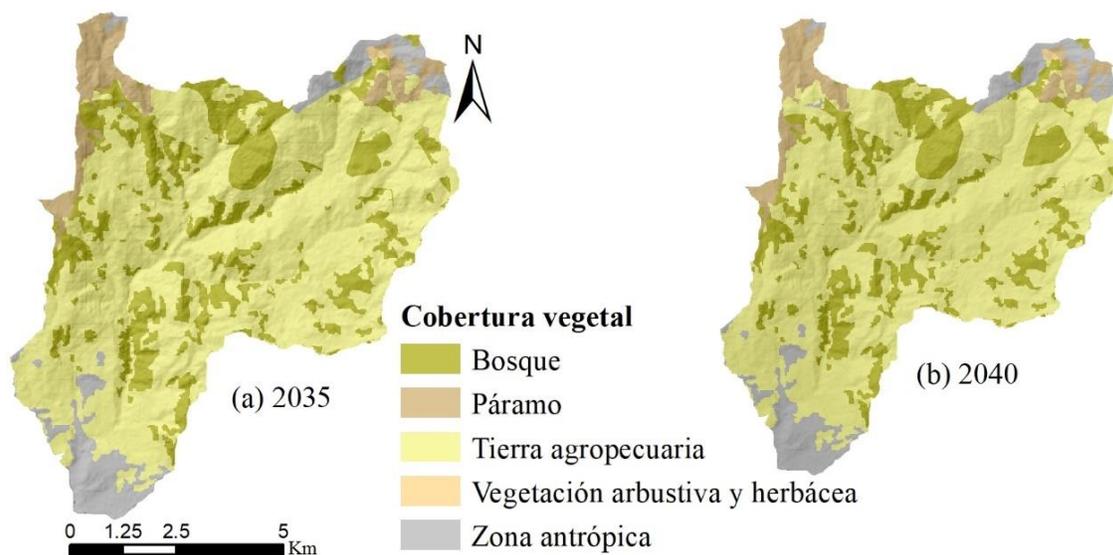


Figura 17. Mapas simulados de uso / cobertura futura del suelo: (a) 2035 y (b) 2045.  
Fuente y elaboración propia, 2020.

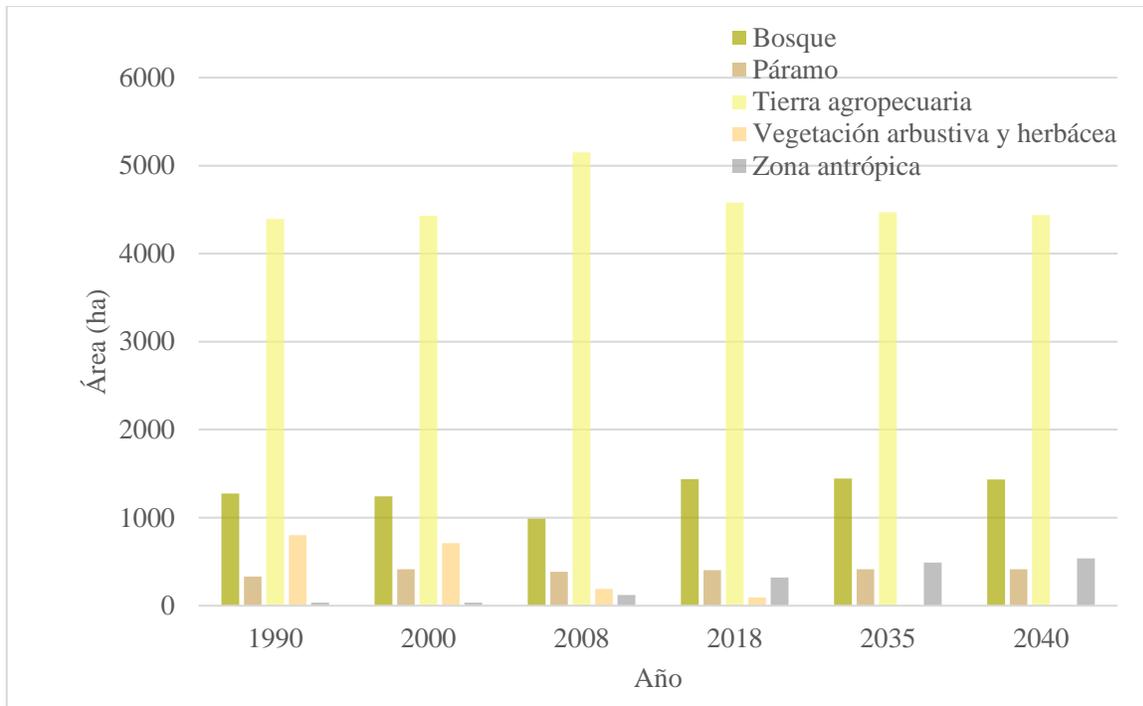


Figura 18. Cambio en el uso / cobertura del suelo (ha).  
Fuente y elaboración propia, 2020.

### 3. Discusión

#### 3.1. Cambios en el uso y la cobertura del suelo en la microcuenca del río Tabacay

Como vimos en el capítulo primero el sur del Ecuador es una región marcada por los procesos de acaparamiento de la tierra y la precarización de la ruralidad, lo que ha significado la reconfiguración del territorio a partir de lo que Haesbaert (2011) ha definido como procesos de reterritorialización y desterritorialización. En este contexto, el análisis histórico, político y social del campo ecuatoriano en razón de los cambios en el uso de su suelo permite entender los efectos a escala local.

Las reformas agrarias de los años 1964 y 1973 en Ecuador afectaron la forma en que los campesinos y los indígenas se relacionaban con su territorio; en la Sierra sur el cambio en el tipo de manejo de la tierra, de uno comunal a uno familiar, influyó en la descomunalización y la minifundización de la tierra (L. Martínez 2006, 166). Además, la tecnificación de la agricultura generó efectos en el suelo debido al deterioro de su calidad. En este contexto la subdivisión de la tierra vía herencia y la falta de competitividad en el

mercado trajeron consigo procesos de concentración en la tenencia de la tierra (Janvry 1981; Larrea 2006).

Entre 1990 y el 2000, la Sierra sur del Ecuador se encontraba sumida en una crisis social debido a la caída de las exportaciones del sombrero de paja toquilla, que afectaba en gran medida a los campesinos y los indígenas asentados en las zonas rurales (Salgado 1978, 27). Sumado a esto, la implementación de las reformas agrarias influía en la crisis migratoria de la región (Novak 1995, 137).

Posteriormente, en la década del 2000 al 2010, las políticas neoliberales se profundizaron a partir de la implementación de los modelos de agroindustria y agroexportación, y el surgimiento de los cultivos comodín impulsó en el campo la dependencia de los monocultivos y de la ganadería a gran escala (Torres *et al.* 2017, 17; Clark 2015, 184). Además, los efectos generados por los procesos de subdivisión de la tierra vía herencia y la falta de mano de obra campesina generada por la emigración desvalorizaron los terrenos, lo que facilitó su compra y concentró aún más el poder en unos pocos. Como consecuencia, las comunidades fueron desplazadas a nuevos territorios en busca de nuevas formas de subsistencia, expandiendo la frontera agrícola y ganadera hacia zonas altas de los páramos (Larrea 2006).

La presente investigación encontró que en la microcuenca del río Tabacay existió una pérdida de su cobertura vegetal (bosque nativo, páramo, vegetación arbustiva y herbácea) entre los años 1990 y 2008 (tabla 3 y figura 7), debido a la expansión del mosaico agropecuario (matrices de probabilidad de las tablas 8a y 8b). Este resultado es congruente con el estudio realizado por Tapia *et al.* (2015), quienes estimaron que durante el periodo de 1989 al 2008 la deforestación en el sur del Ecuador aumentó hasta alcanzar una tasa anual del 2,86 %, una de las más altas de América del Sur. Al mismo tiempo, se encontró que las áreas de pastizales en la microcuenca se mantuvieron, algo que podría estar relacionada con actividades ganaderas (tabla 3 y figura 7). De hecho, seguramente gran parte de lo definido por el MAE como “mosaico agropecuario” se relaciona con actividades de ganadería en la microcuenca.

Recordemos que entre 1990 y 2000 la Sierra sur estuvo sometida a una crisis socioeconómica que derivó en una alta tasa de migración. Rebaï (2009) afirma que los procesos migratorios en la zona sur del país han reconfigurado el campo, debido a la

disminución de la mano de obra campesina dedicada a la agricultura, con la consecuencia de que el campesino ha dedicado la mitad de sus parcelas a la ganadería, actividad que solo requiere de un trabajador (17). No es de extrañar, entonces, que las áreas dedicadas al pastoreo se hayan mantenido durante la crisis.

Otro uso del suelo que ha variado en términos de extensión de área en la microcuenca es el área antrópica, definida como todas aquellas áreas de ocupación de viviendas y obras civiles (MAE 2012). De acuerdo con la información cartográfica, en el año 2018 esta área creció 259 ha, casi siete veces más en relación con la superficie de área en el año 1990 (tabla 3 y figura 7). Lo anterior representó la pérdida de uso del suelo agropecuario, y según las matrices de probabilidad, esta conversión fue del 14 % solo entre el 2008 y el 2018 (matrices de probabilidad de las tablas 8a y 8b).

La relación entre los efectos de la emigración y la transformación de los espacios de la sociedad campesina de Ecuador es un tema de gran relevancia y que ha sido abordado a lo largo de varios estudios (Novak 1995; Kyle 2000; Walmsley 2001; Galán 2016). Se cree que gran parte de las remesas enviadas por los migrantes en otros países han sido utilizadas para la construcción de viviendas, con muy pocos efectos en la reactivación de la economía local y agrícola (Walmsley 2001, 172). Además, la construcción de ladrillo y cemento han desplazado las viviendas tradicionales de adobe y paja, lo que ha reconfigurado el territorio y generado efectos en la cultura regional (Galán 2016, 2).

La década comprendida entre los años 2010 y 2020 ha estado marcada por las problemáticas relacionadas con la concentración en la tenencia de la tierra en la provincia del Cañar, gracias a las políticas agrarias implementadas en el pasado. Aunque en este periodo se observa una recuperación de la cobertura del bosque y el páramo en la microcuenca, también se observa la pérdida de uso del suelo agrícola y ganadero (tabla 3 y figura 7).

Además, en este periodo se evidencia la imposición de discursos de conservación en la zona de estudio, como el abordado en el plan de conservación de la microcuenca, en el que se plantea la necesidad de invertir en temas como el de la infraestructura y la tecnificación de la agricultura (Plan de Manejo del Tabacay 2012, 113). Este discurso de conservación ha estado influenciado por un discurso global, en el cual

el cambio de uso del suelo es la causa de la pérdida en la biodiversidad, la fragmentación del hábitat, el crecimiento de la población y la sobreexplotación de los recursos y se ha

alejado por complemento de temas más profundos como el de la desigualdad social, o el incentivo a proyectos de desarrollo que concentran los recursos. (Durand 2017, 44)

Por otro lado, al analizar las dinámicas de poder en torno a los diferentes actores sociales se hace evidente el traslado de gran parte de la responsabilidad por las problemáticas ambientales a las comunidades que habitan las zonas altas de la microcuenca, donde los campesinos han sido desplazados debido a las dinámicas de la concentración y la tenencia de la tierra. El estudio de Larrea (2006) ya ha abordado la problemática de la expansión de la frontera agrícola y ganadera sobre áreas con cobertura vegetal natural en relación con las dinámicas sociales y económicas del país.

Respecto a los usos del suelo en la microcuenca para el año 2018, se estima un aumento en la cobertura de páramo y de plantaciones forestales, relacionado con la disminución del área definida como mosaico agropecuario (matrices de probabilidad, tablas 8b y 8c). Sin embargo, no se cuenta con información relevante actualizada que permita plantear conclusiones con respecto a la implementación del plan de manejo de la microcuenca que pudiera haber derivado en el aumento del área de páramo.

De igual forma, es poco lo que se conoce respecto a la implementación de los pagos por servicios ambientales propuestos en el plan de manejo de la microcuenca. Sin embargo, es importante ampliar la discusión sobre este tema, pues mientras algunos autores ven beneficiosa la implementación de este modelo de conservación (Camacho 2008; Chafila *et al.* 2016), otros creen que estos podrían promover la monetización del uso del suelo a partir de una lógica de mercado (Castro-Díaz 2014, 70), lo que fomentaría los procesos de homogenización de las relaciones sociales y culturales reduciéndolas a un valor monetario de uso (Rojas 2013, 62).

### **3.2. Implementación de modelos de cambio de uso y cobertura del suelo en la microcuenca del río Tabacay**

#### **3.2.1. Modelo integrado CA Markov**

De acuerdo con las simulaciones de proyecciones futuras del cambio en el uso y la cobertura del suelo en la microcuenca, a partir del modelo de cadena CA Markov, se predice una reducción en el área de la tierra agropecuaria de 4.581 ha en el 2018 a 3.684,57 ha en el 2035

y 3.58575 en el 2040. Sin embargo, la disminución de la tierra agropecuaria estará condicionada por la expansión de la zona antrópica, y el crecimiento de la cobertura de bosque que se prevé será de 757,74 ha y 1.969,34 ha respectivamente para el 2040.

El proceso de validación del modelo CA Markov se basó en el índice kappa, generando éxitos en las simulaciones del orden del 78 % y el 80 % para los mapas del 2008 y el 2018, considerados buenos de acuerdo con otras investigaciones (por ejemplo, Memarian *et al.* 2012; Wang y Maduako 2018; Mansour, Al-Belushi y Al-Awadhi 2020). Sin embargo, es importante mencionar el desacuerdo de algunos autores con el uso del índice kappa, debido a la imprecisión de sus validaciones (R. G. Pontius y Millones 2011).

El modelo de Markov es de tipo lineal y no considera los diferentes factores físicos ni socioeconómicos que podrían influir en las simulaciones de LUCC (Al-sharif y Pradhan 2014, 10). Por lo tanto, se hace necesaria la incorporación de estos factores impulsores en el análisis de las dinámicas de cambio de uso y cobertura del suelo, con el fin de mejorar la capacidad del modelo en las predicciones futuras.

## **2.1. Modelo de regresión logística**

Respecto al análisis estadístico, se midió la bondad del ajuste de los modelos a partir de los valores de  $R^2$  de Nagelkerke y Cox. Sin embargo, debido a que la literatura no recomienda la aplicación de estos coeficientes para el análisis de los datos de regresiones logísticas múltiples, no se tuvieron en cuenta (Verburg, Overmars, y Witte 2004, 246). Por el contrario, se utilizaron los valores de ROC para estimar la relación entre los factores impulsores y el uso y la cobertura del suelo.

Los valores ROC del modelo para las coberturas de bosque, páramo, tierra agropecuaria, vegetación arbustiva y herbácea y zona antrópica son 0,55, 0,86, 0,57, 0,69 y 0,94 respectivamente (tabla 11). Estos valores se encuentran por encima del “azar”, según Pontius y Schneider (246). Sin embargo, los valores de cobertura de bosque (0,55) y tierra agropecuaria (0,57) no se pueden considerar significativos en términos de la eficiencia (Lin *et al.* 2011, 71).

Para analizar la relación entre las variables dependientes y las variables independientes se utilizaron los valores de *odds ratios* (OR), significancia y  $\beta$  – beta. La

razón de la probabilidad de regresión individual *odds ratios* (OR) asume valores menores que 1 cuando existe menos probabilidad de que ocurra el cambio de una cobertura a la otra en relación con las variables independientes (Cerda, Vera, y Rada 2013, 1331). La cantidad de cambio se estableció como no significativa para los valores  $p > 0,05$  (Hyandye 2015, 11), y los valores  $\beta$  – beta varían entre -1 (relación negativa fuerte), 1 (relación positiva fuerte) y 0 (sin relación) (Eastman 2003, 175).

Los valores de significancia con  $p > 0,05$  subrayados en negrilla en la tabla 8 se descartaron para el análisis de la presente investigación. Por ejemplo, la variable de evapotranspiración tuvo valores de significancia  $p > 0,05$  para todas las coberturas, por lo cual se descartó esta variable dentro del estudio. Por su parte, la cobertura de tierra agropecuaria solo tuvo un valor de significancia  $p < 0,05$  correspondiente a la variable de distancia de las vías, y las demás variables fueron descartadas para esta cobertura. Respecto a los valores de *odd radio*, estos fueron cercanos a 1 en general, y mostraron una buena relación entre las variables predictoras y los cambios de cobertura.

Por otro lado, al validar el modelo logístico a partir del análisis espacial realizado, se observó que los valores ROC estuvieron por encima de 0,86 (tabla 10), siendo ajustes excelentes para los modelos (Lin *et al.* 2011, 71). Debido a este buen ajuste, se utilizaron los valores  $\beta$  – beta del análisis espacial (tabla 11) para analizar la correlación entre las variables.

Respecto a los valores  $\beta$  – beta del análisis espacial generados en el presente estudio (tabla 11), se observa que las cifras numéricas tienen valores bajos en relación con otros estudios (por ejemplo, Lin *et al.* 2011, 73; Hyandye, Mandara y Safari, 2015, 11; Shahbazian *et al.* 2019, 422), lo que podría mostrar una baja influencia de las variables independientes (pendiente, elevación, distancia de las vías, etc.,) en relación con la variable dependiente (usos y cobertura del suelo).

En ese orden de ideas, se observó una relación negativa entre la variable de distancia de las vías y todas las coberturas del suelo estudiadas, las cuales tienen valores del orden de -0,0001 para el bosque, el páramo y la vegetación arbustiva y herbácea; -0,00002 para la tierra agropecuaria; y -0,01 para la zona urbana (tabla 11), siendo esta última la relación más fuerte que se encontró. Esta relación se puede interpretar como que a menor distancia de las vías mayor es la probabilidad de cambio de las coberturas del suelo.

Lo anterior se da posiblemente como resultado directo de la apertura de las vías y su relación histórica con el asentamiento de nuevas poblaciones, las cuales ejercen presión sobre las áreas de vegetación inexploradas e influyen en el desplazamiento de la frontera agrícola y el cambio de la cobertura del suelo (Siqueira-Gay, Sonter, y Sánchez 2020; Polyakov y Zhang 2008).

Por otro lado, se observó que la elevación y la pendiente ejercen una correlación positiva con la cobertura de páramo con valores de 0,01 y 0,001 respectivamente (tabla 11), lo que puede asociarse con la idea de que entre mayores son la elevación y la pendiente mayor es la probabilidad de que exista cobertura de páramo. En caso contrario, la elevación y la pendiente tienen una correlación negativa con la zona antrópica con valores de -0,004 y -0,054 respectivamente (tabla 11), lo que indica que entre menor son la elevación y la pendiente mayor es la probabilidad de que existan áreas antrópicas.

Desde una perspectiva general, se puede discutir que en las zonas de alta elevación y pendiente inclinada, como los páramos, se dificultan las actividades antrópicas, como la agricultura o los asentamientos humanos (Qasim *et al.* 2013; Birhanu *et al.* 2019). Sin embargo, este hallazgo es contrario a otros estudios, en los que se han encontrado pérdidas de la cubierta vegetal en zonas de acceso limitado por las altas altitudes (Jadán *et al.* 2016).

Finalmente, se observó una correlación positiva entre la precipitación y las áreas de coberturas de bosque, páramo y la vegetación arbustiva y herbácea con valores  $\beta$  – beta del orden de 0,0001, 0,01 y 0,004 respectivamente (tabla 11), lo cual se podría ajustar a la hipótesis propuesta en el estudio de Sun *et al.* (2015), en el cual se encontró una respuesta positiva entre las precipitaciones y el crecimiento de la cubierta vegetal.

## **2.2. Modelo de Markov y regresión logística**

Finalmente, se decidió utilizar un modelo integrado de Markov y regresión logística para vincular los factores impulsores del cambio de uso del suelo en las simulaciones de las proyecciones futuras para los años 2035 y 2040 (figura 19). Estas simulaciones predicen una reducción en el área de la tierra agrícola de 4.581 ha en el 2018 a 4.470,46 ha en el 2035 y 4.438,90 ha en el 2040.

Respecto a la dinámica de crecimiento de la cobertura de bosque, se predice a partir de este modelo integrado un crecimiento en el área de 1.436,77 ha en el 2018 a 1.444,58 ha en el 2035, y una disminución de 1.432,65 ha en el 2040; la zona antrópica tendrá en los escenarios simulados una expansión de 319,4 ha en el 2018 a 491,69 ha en el 2035 y 535,90 ha en el 2040.

Al comparar las simulaciones futuras generadas por el modelo integrado CA Markov vs el modelo integrado Markov y regresión logística, se puede observar que las predicciones de este último son mucho más “conservadoras” en relación con las áreas proyectadas de cobertura vegetal y uso del suelo. Sin embargo, es notable que en ambos modelos se predicen el crecimiento de la zona antrópica y la preservación del páramo. Por otro lado, aunque se difiere en los datos de crecimiento del bosque, también se prevén dinámicas que favorecen su conservación.

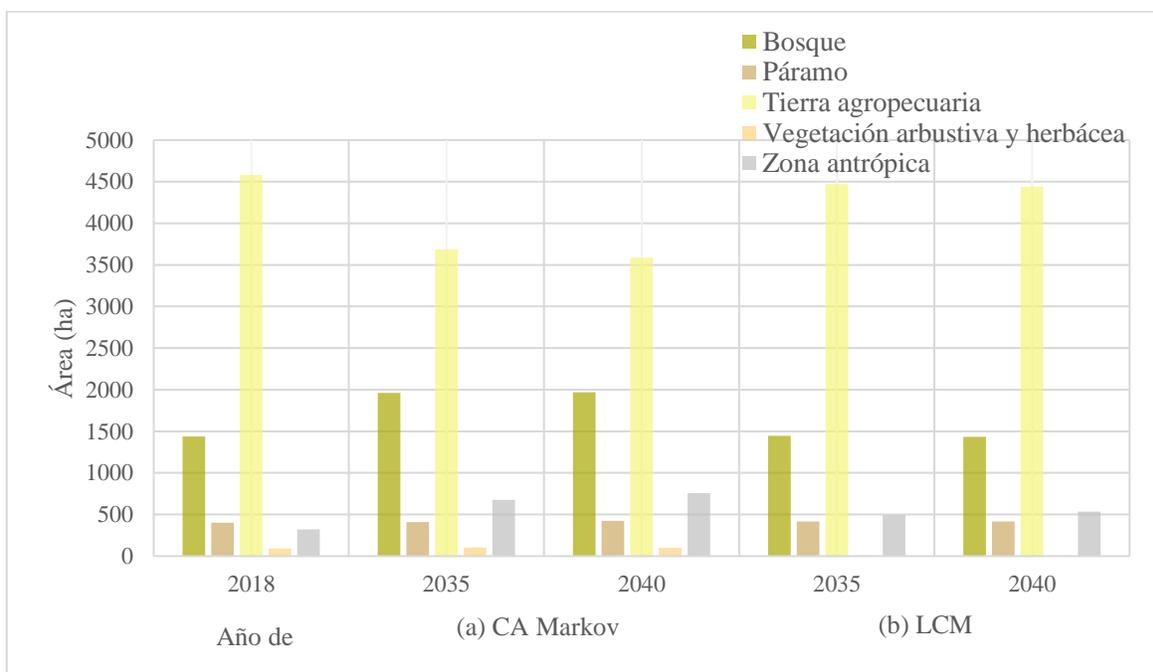


Figura 19. Datos de simulación de uso/cobertura futura del suelo: (a) CA Markov y (b) LCM. Fuente y elaboración propia, 2020.



## Conclusiones

Los procesos en torno a la concentración en la tenencia de la tierra ponen en evidencia la consolidación del modelo neoliberal en el sur del Ecuador, especialmente en las provincias del Cañar y del Azuay. Además, el avance en la implementación de políticas desarrollistas ha redefinido la relación del campesino con el campo, a partir de los procesos de reterritorialización y desterritorialización. Estas dinámicas se pueden analizar a través de las relaciones de poder y los cambios en el uso del suelo.

El fenómeno de la concentración en la tenencia de la tierra en el Ecuador ha estado marcado por la implementación de políticas relacionadas con el campo, como las reformas agrarias de 1964 y 1973, la Ley de Fomento y Desarrollo Agropecuario, que garantiza la propiedad agraria, etc., las cuales han influido en el paso del manejo de la tierra de un uso comunal a uno familiar, y han generado, entre otros, los procesos de subdivisión de la tierra vía herencia, que a su vez han desvalorizado los terrenos, han facilitado su compra y han desplazado a las comunidades rurales de su territorio. Como consecuencia, muchos de ellos han tenido que emigrar y otros han sido arrinconados en zonas altas de la montaña, lo que ha influido en la ampliación de la frontera agrícola y ganadera.

Los procesos de migración se han acentuado en la zona sur del Ecuador, en especial en las provincias del Cañar y del Azuay. Como consecuencia, se han afectado las formas de organización social y económica del campo, modificando las prácticas agrícolas habituales debido a la pérdida de fuerza de trabajo, que a su vez ha influido en la dependencia del campo frente a las actividades ganaderas (Durand 2003). Además, las remesas económicas enviadas por familiares desde el exterior han transformado los valores locales.

El análisis realizado en torno a la gobernanza colaborativa en la microcuenca permitió identificar a diferentes actores sociales reunidos alrededor de la problemática del suministro de agua en la zona de estudio. Las relaciones de poder de este conjunto de actores ponen en evidencia el traslado de gran parte de la responsabilidad en relación con esta problemática que ha sido trasladada a las comunidades históricamente marginadas que habitan las zonas altas de la microcuenca.

Los modelos del cambio en el uso y la cobertura del suelo son herramientas relevantes en el momento de estudiar el territorio como espacio físico. Por ejemplo, las matrices de probabilidad generadas por el modelo integrado CA Markov permiten estimar la conversión de los suelos en términos temporales. Además, la integración de *drivers* o variables predictoras ha mostrado correlaciones entre los cambios de uso del suelo y variables como la apertura de vías. Sin embargo, es evidente la limitada capacidad que pueden tener estos modelos para recrear la complejidad del territorio como espacio multidimensional.

Finalmente, es importante indicar que los procesos de cambio en el uso y la cobertura del suelo de un lugar determinado van más allá del relacionamiento de estos cambios con factores físicos, como la construcción de vías. La heterogeneidad de factores sociales, económicos, culturales, históricos y de otro tipo influye en la reconfiguración del territorio y en los cambios de los patrones del paisaje, lo que hace complejo el análisis a futuro de los cambios de uso del suelo. Sin embargo, los modelos computacionales implementados son una herramienta ampliamente utilizada y que podría proporcionar datos importantes a la hora de planificar el territorio.

## Lista de referencias

- Acosta, C., y Ordoñez, J. 2017. Crisis civilizatoria, propuestas y desarrollos teóricos en trabajo social. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/trabajo\\_social/269](https://ciencia.lasalle.edu.co/trabajo_social/269).
- Aguirre, María. 2018. “Las tejedoras de paja toquilla de la provincia del Azuay y los dilemas de la declaratoria del tejido como patrimonio inmaterial”. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/6044>.
- Al-sharif, Abubakr A. A., y Biswajeet Pradhan. 2014. “Monitoring and Predicting Land Use Change in Tripoli Metropolitan City Using an Integrated Markov Chain and Cellular Automata Models in GIS”. *Arabian Journal of Geosciences* 10 (7): 4291–4301. doi:10.1007/s12517-013-1119-7.
- Ansell, C., y A. Gash. 2007. “Collaborative Governance in Theory and Practice”. *Journal of Public Administration Research and Theory* 18: 543–71.
- Balarezo, Susana. 1984. “Tejedoras de paja toquilla y reproducción campesina en Cañar”. En *Mujer y Transformaciones Agrarias en la Sierra Ecuatoriana*, 47–146. Madrid: Corporacion Editora Nacional.
- Bedoya, Juan Carlos, y Mauricio Barrera. 2006. “Convergencia de las cadenas de markov”. *Scientia et Technica* 3 (32). doi:10.22517/23447214.6195.
- Birhanu, Liyew, Binyam Tesfaw Hailu, Tamrat Bekele, y Sebsebe Demissew. 2019. “Land use/land cover change along elevation and slope gradient in highlands of Ethiopia”. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 16: 100260. doi:10.1016/j.rsase.2019.100260.
- Buytaert, Wouter, Rolando Célleri, Bert De Bièvre, Felipe Cisneros, Guido Wyseure, Jozef Deckers, y Robert Hofstede. 2006. “Human Impact on the Hydrology of the Andean Páramos”. *Earth-Science Reviews* 79 (1): 53–72. doi:10.1016/j.earscirev.2006.06.002.
- Cárdenas, Eliana. 2005. “Azogues, patrimonio cultural del Ecuador”. *Arquitectura y Urbanismo* XXVI (1). Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría: 70–75.

- Castro, Ricardo. 2014. "Implicancias territoriales de los esquemas de pago por servicios ambientales (PSA) en cuencas norandinas". *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 23 (1): 61–74. doi:10.15446/rcdg.v23n1.32175.
- Cerda, Jaime, Claudio Vera, y Gabriel Rada. 2013. "Odds ratio: aspectos teóricos y prácticos". *Revista médica de Chile* 141 (10). Sociedad Médica de Santiago: 1329–35. doi:10.4067/S0034-98872013001000014.
- García, catalina. 2016. "Determinar por métodos cualitativos el nivel de riesgos a los que están expuestos los trabajadores de la hormigonera de la "Union Cementera Nacional (UCEM -CEM), planta industrial Guapán". Tesis de Maestría, Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- García, Víctor, Carmen Márquez, Tom Isenhardt, Marco Rodríguez, Santiago Crespo, y Alexis Cifuentes. 2019. "Evaluating the Conservation State of the Páramo Ecosystem: An Object-Based Image Analysis and CART Algorithm Approach for Central Ecuador". *Heliyon* 5 (10): e02701. doi:10.1016/j.heliyon.2019.e02701.T
- Guan, DongJie, HaiFeng Li, Takuro Inohae, Weici Su, Tadashi Nagaie, y Kazunori Hokao. 2011. "Modeling Urban Land Use Change by the Integration of Cellular Automaton and Markov Model". *Ecological Modelling* 222 (20): 3761–72. doi:10.1016/j.ecolmodel.2011.09.009.
- Chacón, Gustavo, Daniel Gagnon, David Paré, y Dominique Proulx. 2003. "Impacto de la deforestación, pastizales, plantaciones de Eucalipto y Pino en suelos de bosque montano alto, en la Sierra Sur del Ecuador. *Revista de Investigaciones de la Universidad del Azuay*, No. 11" 11 (febrero): 19–34.
- Chafla, Pablo, Pamela Cerón, Pablo Chafla, y Pamela Cerón. 2016. "Pago por servicios ambientales en el sector del agua: el Fondo para la Protección de Agua". *Tecnología y ciencias del agua* 7 (6). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua: 25–40.
- Camacho, D.. (2008). Esquemas de pagos por servicios ambientales para la conservación de cuencas hidrográficas en el Ecuador. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, ISSN 1131-7965, Vol. 17, N° 1, 2008, pags. 54-66. 17.
- Chamba, Enith Flores. 2020. "El modelo extractivista y los peligros para la soberanía alimentaria en el caso ecuatoriano". *SaberEs* 12 (1). doi:10.35305/s.v12i1.209.

- (CIDA) Comité Interamericano de Desarrollo Agrícola. 1965. Ecuador: tenencia de la tierra y desarrollo socio-económico del sector agrícola. Washington: Unión Panamericana.
- Dadhich, Pran Nath, y Shinya Hanaoka. 2011. “Spatio-temporal Urban Growth Modeling of Jaipur, India”. *Journal of Urban Technology* 18 (3). Routledge: 45–65. doi:10.1080/10630732.2011.615567.
- De Koning, G, Verburg, P, Veldkamp, A y Fresco, L. 1999. “Multi-Scale Modelling of Land Use Change Dynamics in Ecuador”. *Agricultural Systems* 61 (2): 77–93. doi:10.1016/S0308-521X(99)00039-6.
- Dewulf, A., M. Mancero, German Cárdenas, y Dolores Sucozhañay. 2011. “Fragmentation and connection of frames in collaborative water governance: a case study of river catchment management in Southern Ecuador”. *International Review of Administrative Sciences* 77: 50–75.
- Dunn, S.M., y R. Mackay. 1995. “Spatial variation in evapotranspiration and the influence of land use on catchment hydrology”. *Journal of Hydrology* 171 (1): 49–73. doi:10.1016/0022-1694(95)02733-6.
- Durand, Leticia. 2017. *Naturalezas desiguales. Discursos sobre la conservación de la biodiversidad en México*. doi:10.22201/crim.9786070291463e.2017.
- Durand, G, van Huylenbroeck, G (2003) Multifunctionality and rural development: a general framework. In: van Huylenbroeck, G, Durand, G (eds) *Multifunctional Agriculture. A new paradigm for European Agriculture and Rural Development*. Ashgate: Burlington, pp. 1–18.
- Eastman, Ronald. 2003. “IDRISI Kilimanjaro, Guide to GIS and Image Processing”. Clark Lab, Clark University.
- EMAPAL. 2021. “Captaciones”. *Empresa Pública Municipal de Agua Potable Alcantarillado u Saneamiento Ambiental del Cantón Azogues*. Accedido 11 de enero. <https://www.emapal.gob.ec/captaciones/>.
- . 2005. “Plan de Manejo Integral del río Tabacay”. Azogues. <https://docplayer.es/17602729-Plan-de-manejo-de-la-microcuenca-del-rio-tabacay.html>.
- ESPAAC. (2012). Estadísticas Agropecuarias del Ecuador. Recuperado el 12 de 03 de 2013, de <http://200.110.88.44/lcds-samples/testdriveremoteobject/main.html#>

- Espinosa, Roque (2000). La crisis económica financiera ecuatoriana de finales de siglo y la dolarización. Universidad Andina Simón Bolívar.
- Feng, Dingrao, Chen Yang, Meichen Fu, Jinman Wang, Min Zhang, Yiyu Sun, y Wenkai Bao. 2020. “Do anthropogenic factors affect the improvement of vegetation cover in resource-based region?” *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122705.
- Frieiro, L., y Sánchez, B. 2021. Ecuador: el neoliberalismo por sorpresa. *Revista Argentina de Ciencia Política*, (26).
- Flacso Ecuador. 2008. *Ecuador: la migración internacional en cifras*. Editado por UNFPA. Quito, Ecuador. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/110530-opac>.
- GAD CANTONAL DE AZOGUES. (2015). Actualización del Plan del Buen Vivir y Ordenamiento Territorial Azogues 2015. Azogues: Gráfica Hernández.
- Galán, Jorge. 2016. “Estudio del impacto de la migración transnacional causado en la cultura de los indígenas del Cantón Cañar y su área de influencia desde el año 1999 al 2015”. <Http://purl.org/dc/dcmitype/Text>, Universidad de León. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=60243>.
- Garg, Vaibhav, Bhaskar Ramchandra Nikam, Praveen Kumar Thakur, Shiv Prasad Aggarwal, Prasun Kumar Gupta, y Sushil Kumar Srivastav. 2019. “Human-induced land use land cover change and its impact on hydrology”. *HydroResearch*. doi:10.1016/j.hydres.2019.06.001.
- Geist, Helmut, William McConnell, Eric Lambin, Emilio Moran, Diogenes Alves, y Thomas Rudel. 2006. “Causes and Trajectories of Land-Use/Cover Change”. En *Land-Use and Land-Cover Change*. Chapter 3. Springer.
- Gessner, Ursula, Vahid Naeimi, Igor Klein, Claudia Kuenzer, Doris Klein, y Stefan Dech. 2013. “The relationship between precipitation anomalies and satellite-derived vegetation activity in Central Asia”. *Water in Central Asia – Perspectives under global change*. doi:10.1016/j.gloplacha.2012.09.007.
- Gil, Jacky, y Javier Castañeda. 2005. “Una mirada al valor de p en investigación”.
- Gomes, Eduardo, Patrícia Abrantes, Arnaud Banos, y Jorge Rocha. 2019. “Modelling future land use scenarios based on farmers’ intentions and a cellular automata approach”. *Land Use Policy*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.03.027>.

- Granstrand, Ove, y Marcus Holgersson. 2020. "Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition". *Technovation*. doi:10.1016/j.technovation.2019.102098.
- Grindle, Merilee. 1985. *State and Countryside: Development Policy and Agrarian Politics in Latin America*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Guan, Dongjie, HaiFeng Li, Takuro Inohae, Weici Su, Nagaie Tadashi, y Kazunori Hokao. 2011. "Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model." *Ecological Modelling*. doi:10.1016/j.ecol model.2011.09.009.
- Hailu, Alemenesh, Siraj Mammo, y Moges Kidane. 2020. "Dynamics of land use, land cover change trend and its drivers in Jimma Geneti District, Western Ethiopia". *Land Use Policy*. doi:10.1016/j.landusepol.2020.105011.
- Halmy, Marwa Waseem A., Paul E. Gessler, Jeffrey A. Hicke, y Boshra B. Salem. 2015. "Land Use/Land Cover Change Detection and Prediction in the North-Western Coastal Desert of Egypt Using Markov-CA". *Applied Geography* 63 (septiembre): 101–12. doi:10.1016/j.apgeog.2015.06.015.
- Hamad, Rahel, Heiko Balzter, y Kamal Kolo. 2018. "Predicting Land Use/Land Cover Changes Using a CA-Markov Model under Two Different Scenarios". *Sustainability* 10 (10). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 3421. doi:10.3390/su10103421.
- Hamdy, Omar, Shichen Zhao, Taher Osman, Mohamed A. Salheen, y Youhansen Y. Eid. 2016. "Applying a Hybrid Model of Markov Chain and Logistic Regression to Identify Future Urban Sprawl in Abouelreesh, Aswan: A Case Study". *Geosciences* 6 (4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 43. doi:10.3390/geosciences6040043.
- Hamdy, Omar, Shichen Zhao, Mohamed Salheen, y Y Eid. 2017. "Analyses the Driving Forces for Urban Growth by Using IDRISI Selva Models Abouelreesh - Aswan as a Case Study Omar Hamdy, Shichen Zhao, Mohamed A. Salheen, and Y. Y. Eid". *International Journal of Engineering and Technology*. doi:10.7763/IJET.2017.V9.975.
- Haesbaert, R. (2011). *El mito de la desterritorialización. Del fin de los territorios a la multiterritorialidad*. Siglo XXI Editores. México.

- Hengl, Tomislav. 2006. "Finding the right pixel size". *Computers & Geosciences*. doi:10.1016/j.cageo.2005.11.008.
- Henríquez, Cristián, Gerardo Azócar, y Mauricio Aguayo. 2006. "Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile". *Revista de Geografía Norte Grande*. doi:10.4067/S0718-34022006000200004.
- Hernández, Rafael, Arturo Ruiz, y Clementina González. 2019. "Assessing and Modeling the Impact of Land Use and Changes in Land Cover Related to Carbon Storage in a Western Basin in Mexico". *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 13 (enero): 318–27. doi:10.1016/j.rsase.2018.12.005.
- Hyandye, Canute. 2015. "GIS and Logit Regression Model Applications in Land Use/Land Cover Change and Distribution in Usangu Catchment". *American Journal of Remote Sensing*. doi:10.11648/j.ajrs.20150301.12.
- Islam, Kamrul, Mohammed Jashimuddin, Biswajit Nath, y Tapan Kumar Nath. 2018. "Land use classification and change detection by using multi-temporal remotely sensed imagery: The case of Chunati wildlife sanctuary, Bangladesh". *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 21 (abril). doi:10.1016/j.ejrs.2016.12.005.
- Ilustre Municipalidad de Azogues. (2006). Guapán pasado y presente. Compilación bibliográfica. Azogues: I. Municipalidad de Azogues.
- (INEC) Instituto Nacional del Estadísticas y Censos de Ecuador. 2001. Censo de Población y Vivienda
- . 2010. Censo de Población y Vivienda
- . 2012. Censo de Población y Vivienda
- IPCC. 2003. "Good Practice Guidance for land use, land-use change and forestry". The IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Kanagawa, Japan.
- Jadán, Oswaldo, Hugo Cedillo, Pedro Zea, Pablo Quichimbo, Ángel Peralta, y Carlos Vaca. 2016. "Relación entre deforestación y variables topográficas en un contexto agrícola ganadero, cantón Cuenca". *Bosques Latitud Cero* 6 (1). <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/179>.
- Janvry, Alain. 1981. *The agrarian question and reformism in Latin America*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

- Jokisch, Brad, y David Kyle. 2005. “Las transformaciones de la migración transnacional del Ecuador, 1993-2003”. En *La migración ecuatoriana: Transnacionalismo, redes e identidades*, primera, 57–71. Quito, Ecuador: FLACSO.
- Jordán, Fausto. 2003. “Reforma agraria en el Ecuador”. En *¿Reforma Agraria en el Ecuador?: viejos temas, nuevos argumentos*, 285–317. La Paz: CIDES-UMSA, Posgrado en Ciencias del Desarrollo PLURAL editores.
- Kura, Abiyot Legesse, y Dereje Likisa Beyene. 2020. “Cellular automata Markov chain model based deforestation modelling in the pastoral and agro-pastoral areas of southern Ethiopia”. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. doi:10.1016/j.rsase.2020.100321.
- Kyle, David. 2000. *Transnational Peasants: Migrations, Networks, and Ethnicity in Andean Ecuador*. Baltimore.
- Lambin, E.F., N.E. Baaulies, G. Bockstael, T. Fischer, R. Krug, y Leemans. 2000. “Land-use and land-cover change (LUCC), implementation strategy. IGBP Report 48, IHDP Report 10. Stockholm, Bonn, IGBP, IHDP.”
- Larrea, Carlos. (2006). *Hacia una Historia Ecológica del Ecuador: Propuestas para el debate* (1a. ed.). Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional, Universidad Andina Simón Bolívar, EcoCiencia.
- Lasso, Geovanna. 2016. “Soberanía Alimentaria, Modernización y Neodesarrollismo: Las Contradicciones De La Política Agraria En El Ecuador De La Revolución Ciudadana.” *La Revolución Ciudadana en Escala de Grises*.
- . 2019. “Territorios en disputa en torno al sistema agroalimentario ecuatoriano. Estrategias de poder y resistencia, procesos de territorialización y desterritorialización”. [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universitat Autònoma de Barcelona. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=275070>.
- Li, Kongming, Mingming Feng, Asim Biswas, Haohai Su, Yalin Niu, y Jianjun Cao. 2020. “Driving Factors and Future Prediction of Land Use and Cover Change Based on Satellite Remote Sensing Data by the LCM Model: A Case Study from Gansu Province, China”. *Sensors (Basel, Switzerland)* 20 (10). doi:10.3390/s20102757.
- Lin, Yu-Pin, Hone-Jay Chu, Chen-Fa Wu, y Peter H. Verburg. 2011. “Predictive ability of logistic regression, auto-logistic regression and neural network models in empirical

- land-use change modeling – a case study”. *International Journal of Geographical Information Science* 25 (1). Taylor & Francis: 65–87. doi:10.1080/13658811003752332.
- Lu, L., Luo Guo, y S. Zhao. 2014. “Land use and land cover change on slope in Qiandongnan prefecture of Southwest China”. *Journal of Mountain Science*. doi:10.1007/s11629-012-2570-8.
- Machado, Horacio. 2009. Auge minero y dominación neocolonial en América Latina. Ecología política de las transformaciones socioterritoriales neoliberales. XXVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. VIII Jornadas de Sociología de la Universidad de Buenos Aires. Asociación Latinoamericana de Sociología, Buenos Aires.
- (MAE) Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2016. “Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra 1990, 2000, 2008 y 2014.” Ecuador. <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>.
- . 2017. “Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra 2016”. Ecuador. <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>.
- . 2018. “Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra 2018”. Ecuador. <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>.
- (MAG) Ministerio de Agricultura y Ganadería. Reforma Agraria. 1974. Ley y Reglamento. Quito: MAG.
- Mansour, Shawky, Mohammed Al-Belushi, y Talal Al-Awadhi. 2020. “Monitoring land use and land cover changes in the mountainous cities of Oman using GIS and CA-Markov modelling techniques”. *Land Use Policy* 91 (febrero): 104414. doi:10.1016/j.landusepol.2019.104414.
- Martínez, Luciano. 2006. “Migración internacional y mercado de trabajo rural en Ecuador”. En *La migración ecuatoriana: transnacionalismo, redes e identidades*, editado por FLACSO (Organization) y Plan Migración, Comunicación y Desarrollo (Quito, Ecuador), 1. ed, 147–69. Serie Foro. Quito, Ecuador: FLACSO, Sede Ecuador : Plan Migración, Comunicación y Desarrollo.
- . 2006. “Las comunidades rurales pobres y la reforma agraria en el Ecuador.” En , 163–74.

- Martínez, Rubí, y Ernesto Reyes. 2012. “El Consenso de Washington: la instauración de las políticas neoliberales”. *Política y cultura*, enero. scielomx, 35–64.
- Matthews, Elaine. 1983. “Global vegetation and land use: new high-resolution data bases for climate studies.” *Journal of climate and applied meteorology*.
- McMichael, Philip. 2000. “Global food politics”. En *Hungry for Profit. The Agribusiness Threat to Farmers, Food and the Environment*, editado por Fred Magdoff, John Bellamy, y Frederick Buttel. Monthly Review.
- Memarian, Hadi, Siva Kumar Balasundram, Jamal Bin Talib, Christopher Sung, Alias Mohd Sood, y Karim Abbaspour. 2012. “Validation of CA-Markov for Simulation of Land Use and Cover Change in the Langat Basin, Malaysia”. *Journal of Geographic Information System*. doi:10.4236/jgis.2012.46059.
- Menard, Scott. 2011. *Applied Logistic Regression Analysis*. Second. California: SAGE Publications.
- Minteguiaga, Analía. 2012. “Política y políticas sociales en el Ecuador reciente: dificultades asociadas a la salida del ciclo neoliberal”. *Revista de Ciencias Sociales* 0 (135–136). doi:10.15517/rcs.v0i135-136.3666.
- Molina, A., Cabrera, E., Moreno, L., Sharman M.A., & Cuevas, F. (2015). Mapa de Pobreza y Desigualdad por consumo Ecuador 2014. Instituto Nacional de Estadística y Censos y Banco Mundial (INEC-BM). Quito-Ecuador.
- Munthali, M. G., S. Mustak, A. Adeola, J. Botai, S. K. Singh, y N. Davis. 2020. “Modelling land use and land cover dynamics of Dedza district of Malawi using hybrid Cellular Automata and Markov model”. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. doi:https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100276.
- Novak, Fabián. 1995. “La contratación entre estados y empresas transnacionales”. *Agenda Internacional* 2 (5): 133–62.
- Oberem, Udo. 1978. "Contribución a la historia del trabajador rural de América Latina: “conciertos” y “huasipungueros”. en Ecuador. En: Sarance. Instituto Otavaleño de Antropología. [Otavalo] : IOA: pp. 49-78.
- (ODNA) Observatorio de los Derechos de la Niñez y Adolescencia. 2007. Niñez indígena: la doble exclusión, ALERTA, No. 2, Quito. OSE, UNICEF.

- Oliveira Kelly de, Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro, Gustavo Eduardo Marcatti, Alexandre Simões Lorenzon, Nero Lemos Martins de Castro, Getulio Fonseca Domingues, José Romário de Carvalho, y Alexandre Rosa dos Santos. 2018. "Markov chains and cellular automata to predict environments subject to desertification". *Journal of Environmental Management* 225 (noviembre): 160–67. doi:10.1016/j.jenvman.2018.07.064.
- Palomeque de la Cruz, Miguel Ángel, Adalberto Galindo Alcántara, Eunice Pérez Sánchez, Alberto de Jesús Sánchez, y Miguel Jorge Escalona Maurice. 2017. "Modelos geomáticos con base en transición para el análisis espacial en Villahermosa, Tabasco". *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. doi:https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.48.
- 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*.
- Podwojewski, P, J Poulencard, T Zambrana, y R Hofstede. 2002. "Overgrazing effects on vegetation cover and properties of volcanic ash soil in the páramo of Llangahua and La Esperanza (Tungurahua, Ecuador)". *Soil Use and Management*. doi:10.1079/SUM2001100.
- Polyakov, Maksym, y Daowei Zhang. 2008. "Population Growth and Land Use Dynamics along Urban-Rural Gradient". *Journal of Agricultural and Applied Economics* 40 (febrero): 649–66. doi:10.1017/S1074070800023919.
- Pontius, Robert Gilmore, y Marco Millones. 2011. "Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment". *International Journal of Remote Sensing* 32 (15). Taylor & Francis: 4407–29. doi:10.1080/01431161.2011.552923.
- Pontius, Robert, y Laura Schneider. 2001. "Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA". *Agriculture, Ecosystems & Environment*. doi:10.1016/S0167-8809(01)00187-6.

- Ramírez, Jacques, y Franklin Ramírez. 2005. *La estampida migratoria ecuatoriana: crisis, redes transnacionales y repertorios de acción migratoria*. CIUDAD-ABYA YALA-UNESCO. <https://www.aacademica.org/jacques.ramirez/9>.
- Ramankutty, Navin, Lisa Graumlich, Diogenes Archard, Abha Chhabra, Ruth DeFries, Jonathan Foley, Helmut Geist, et al. 2006. “Global Land-Cover Change: Recent Progress, Remaining Challenges”. En *Land-Use and Land-Cover Change*. Chapter 2. Springer.
- Rebaï, N. 2009. “Migración y cambios concretos en la sierra ecuatoriana: un punto de vista desde la parroquia Juncal – Provincia de Cañar”. In: Pucara, n°21, p. 17-23, Université de Cuenca, Cuenca.
- Reynoso, Roberto, José Valdez, Miguel Escalona, Héctor de los Santos, y María Pérez. 2016. “Cadenas de Markov y autómatas celulares para la modelación de cambio de uso de suelo”. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*.
- Rhon, Francisco, y Carlos Pástor. 2016. *50 años de reforma agraria: cuestiones pendientes y miradas alternativas*. Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador / Ediciones La Tierra. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7253>.
- Rodríguez, Álvarez. 2003. “A los ecuatorianos ya se les exige visado para acceder al territorio español”, agosto. <https://buleria.unileon.es/handle/10612/2262>.
- Rojas, Carolina, y Wenseslao Plata. 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*.
- Running, Steven W., Thomas R. Loveland, Lars L. Pierce, R.R. Nemani, y E.R. Hunt. 1995. “A remote sensing based vegetation classification logic for global land cover analysis”. *Remote Sensing of Land Surface for Studies of Global Change*. doi:10.1016/0034-4257(94)00063-S.
- Rwanga, Sophia, y J Ndambuki. 2017. “Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS”. *International Journal of Geosciences*. doi:<https://doi.org/10.4236/ijg.2017.84033>.
- Shahbazian, Zohreh, Marzban Faramarzi, Noredin Rostami, y Hossein Mahdizadeh. 2019. “Integrating Logistic Regression and Cellular Automata–Markov Models with the Experts’ Perceptions for Detecting and Simulating Land Use Changes and Their

- Driving Forces”. *Environmental Monitoring and Assessment* 191 (7): 422. doi:10.1007/s10661-019-7555-4.
- Seoane, José. 2012. Neoliberalismo y ofensiva extractivista. Actualidad de la acumulación por despojo, desafíos de Nuestra América. *Theomai*, (26), [fecha de Consulta 2 de septiembre de 2021]. ISSN: 1666-2830. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12426097006>
- Salgado, Germánico. 1978. *Crisis y activación en una economía regional; la experiencia de cuenca y su zona de influencia (1950 - 1970)*. Quito, Ecuador: ILDIS.
- Siqueira-Gay, Juliana, Laura J. Sonter, y Luis E. Sánchez. 2020. “Exploring potential impacts of mining on forest loss and fragmentation within a biodiverse region of Brazil’s northeastern Amazon”. *Resources Policy* 67 (agosto): 101662. doi:10.1016/j.resourpol.2020.101662.
- Sun, Wenyi, Xiaoyan Song, Xingmin Mu, Peng Gao, Fei Wang, y Guangju Zhao. 2015. “Spatiotemporal vegetation cover variations associated with climate change and ecological restoration in the Loess Plateau”. *Agricultural and Forest Meteorology*. doi:10.1016/j.agrformet.2015.05.002.
- Tahmasebi, Tahereh, Ezatollah Karami, y Marzieh Keshavarz. 2020a. “Agricultural land use change under climate variability and change: Drivers and impacts”. *Journal of Arid Environments*. doi:10.1016/j.jaridenv.2020.104202.
- . 2020b. “Agricultural Land Use Change under Climate Variability and Change: Drivers and Impacts”. *Journal of Arid Environments* 180 (septiembre): 104202. doi:10.1016/j.jaridenv.2020.104202.
- Tapia-Armijos, María Fernanda, Jürgen Homeier, y David Draper Munt. 2017. “Spatio-Temporal Analysis of the Human Footprint in South Ecuador: Influence of Human Pressure on Ecosystems and Effectiveness of Protected Areas”. *Applied Geography* 78 (enero): 22–32. doi:10.1016/j.apgeog.2016.10.007.
- Torres, Nataly, Baez Jonathan, Paola Maldonado, y Milton Yulán. 2017. *Tendencias de la estructura agraria, inequidad rural y derecho a la alimentación y nutrición en el Ecuador post-neoliberal*. Ecuador: FLACSO. <https://isbn.cloud/9789942860910/tendencias-de-la-estructura-agraria-inequidad-rural-y-derecho-a-la-alimentacion-y-nutricion-en-e/>.

- Uquillas, C. 2007. “El fracaso del neoliberalismo en el Ecuador y alternativas frente a la crisis”, Edición electrónica. ISBN-13: 978-84-690-8639-1.
- Vásconez, Allison, Córdoba, Rossana, y Muñoz, Pabel. “Políticas sociales en el Ecuador en el período 1978-2003. Sentidos, contextos, y resultados”. Política y políticas públicas en los procesos de reforma de América Latina. Franco, Rolando y Lanzaro, Jorge (Eds.). México. CEPAL y FLACSO México, 2006: 353-383.
- Verbug, Peter, Kasper Kok, Robert Gilmore, y A Veldkamp. 2006. “Modeling Land-Use and Land-Cover Change”. En *Land-Use and Land-Cover Change*, Springer. Chapter 5.
- Verbug, Peter, A Veldkamp, Victoria Ramil, y S.A. Sharifah. 2002. “Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model”.
- Verburg, P. H., K. P. Overmars, y N. Witte. 2004. “Accessibility and Land-Use Patterns at the Forest Fringe in the Northeastern Part of the Philippines”. *Geographical Journal* 170 (3): 238–55. doi:10.1111/j.0016-7398.2004.00123.x.
- Walmsley, Emily. Transformando los pueblos: La migración internacional y el impacto social al nivel comunitario (Tema Central). En: Ecuador Debate. Fugas Migratorias, Quito: CAAP, (no. 54, diciembre 2001): pp. 155-174. ISSN: 1012-1498
- Washima, P. 2013. "El aplazamiento del Proyecto Hidroeléctrico Paute Mazar : una interpretación desde las Ciencias Sociales". *Letras Verdes. Revista Latinoamericana De Estudios Socioambientales*, (8), 25-28. <https://doi.org/10.17141/1etrasverdes.8.2011.898>
- Wang, Jianzhu, y Ikechukwu Nnamdi Maduako. 2018. “Spatio-temporal urban growth dynamics of Lagos Metropolitan Region of Nigeria based on Hybrid methods for LULC modeling and prediction”. *European Journal of Remote Sensing* 51 (1). Taylor & Francis: 251–65. doi:10.1080/22797254.2017.1419831.
- Xie, Yaowen, Qiang Bie, y Chansheng He. 2017. “Human settlement and changes in the distribution of river systems in the Minqin Basin over the past 2000 years in Northwest China”. *Ecosystem Health and Sustainability* 3 (11). Taylor & Francis: 1401011. doi:10.1080/20964129.2017.1401011.

- Yang, Wentao, Wenwen Qi, y Jinxing Zhou. 2018. "Effects of precipitation and topography on vegetation recovery at landslide sites after the 2008 Wenchuan earthquake". *Land Degradation and Development*. doi:10.1002/ldr.3098.
- Yang, Xin, Xin-Qi Zheng, y Na Lv Li. 2012. "A spatiotemporal model of land use change based on ant colony optimization, Markov chain and cellular automata." *Ecological Modelling*. doi:10.1016/j.ecolmodel.2012.03.011.
- Yapp, Graham, Joe Walker, y Richard Thackway. 2010. "Linking vegetation type and condition to ecosystem goods and services". *Ecosystem Services – Bridging Ecology, Economy and Social Sciences*. doi:10.1016/j.ecocom.2010.04.008.
- Ye, Baoying, y Zhongke Bai. 2008. "Simulating land use/cover changes of nunjiang county based on Ca-Markov model". En. Vol. Volumen 1. IFIP International Federation for Information Processing.
- Zevallos, José. 1964. "Reforma agraria y cambio estructural". En *Ecuador debate: tierras y campesinos*, 23–68. Quito, Ecuador. <http://hdl.handle.net/10469/9964>.
- Zhiyuan, Ren, Zhang Yanfang, y Li Jing. 2003. "The value of ecosystem services: a case of Qinling-Daba Mountains". *Journal of Geographical Sciences*. doi:doi.org/10.1007/BF02837458.
- Zhou, Yang, Xunhuan Li, y Yansui Liu. 2020. "Land Use Change and Driving Factors in Rural China during the Period 1995-2015". *Land Use Policy* 99 (diciembre): 105048. doi:10.1016/j.landusepol.2020.105048.
- Zúñiga, Pilar Cruz. 2010. "Pueblos indígenas, migración transnacional e identidades. Retos y desafíos en la migración de los pueblos indígenas de Ecuador hacia España". *Revista Interdisciplinar da Mobilidade Humana: REMHU* 18 (34). Centro Scalabriniano de Estudos Migratórios: 6.