

Estudio histórico y espacial del uso del suelo en la microcuenca del río Tabacay

Daniel Pabón



Serie Magíster

Estudio histórico y espacial del uso del suelo en la microcuenca del río Tabacay

Daniel Pabón



UNIVERSIDAD ANDINA
SIMÓN BOLÍVAR
Ecuador

Serie Magíster
Vol. 382

Estudio histórico y espacial del uso del suelo en la microcuenca del río Tabacay
Daniel Pabón

Primera edición

Producción editorial: Jefatura de Publicaciones
Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador
Annamari de Piérola, jefa de Publicaciones
Shirma Guzmán P., asistente
Patricia Mirabá T., secretaria

Corrección de estilo: Mauricio Montenegro
Diseño de la serie: Andrea Gómez y Rafael Castro
Impresión: Fausto Reinoso Ediciones
Tiraje: 120 ejemplares

ISBN Universidad Andina Simón Bolívar,
Sede Ecuador: 978-9942-641-80-9
© Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador
Toledo N22-80
Quito, Ecuador
Teléfonos: (593 2) 322 8085, 299 3600 • Fax: (593 2) 322 8426
• www.uasb.edu.ec • uasb@uasb.edu.ec

La versión original del texto que aparece en este libro fue sometida a un proceso de revisión por pares, conforme a las normas de publicación de la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

Impreso en Ecuador, octubre de 2024

Título original:
Análisis de los procesos de cambio de uso y cobertura del suelo
en la microcuenca del río Tabacay

Tesis para la obtención del título de magíster en Cambio Climático,
Sustentabilidad y Desarrollo
Autor: Edson Daniel Pabón Salazar
Tutora: Jheimy Lorena Pacheco Niveló
Código bibliográfico del Centro de Información: T-3801

*A todas las personas que alientan mis metas,
en especial mi familia y mi pareja.
Al tiempo y el espacio de poder escribir en medio de la pandemia.
Sé que las desigualdades sociales nos afectan
de manera diferenciada.
A la memoria de mi abuela Luz Angélica Mutis.
Un agradecimiento especial a las profesoras Jheimy Pacheco
y Melissa Moreano cuyos aportes me permitieron culminar
la presente investigación.*

CONTENIDOS

SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	9
INTRODUCCIÓN	11

Capítulo primero

PROBLEMÁTICAS ALREDEDOR DE LA CONCENTRACIÓN EN LA TENENCIA DE LA TIERRA EN ECUADOR.....	15
CONSOLIDACIÓN DEL MODELO NEOLIBERAL EN ECUADOR.....	16
CONFLICTOS ALREDEDOR DE LA CONCENTRACIÓN DE LA TIERRA EN EL SUR DE ECUADOR.....	18
Efectos de la crisis del sombrero de paja toquilla en la zona sur de Ecuador.....	18
1964: Primera reforma agraria de Ecuador	19
1973: Segunda reforma agraria de Ecuador.....	20
1994: Ley de Desarrollo Agrario	22
Problemáticas relacionadas con la tierra en el siglo XXI...	22
CONCENTRACIÓN DE LA TIERRA EN LA PROVINCIA DE CAÑAR.....	23
Configuración y problemática relacionadas con la tierra en la provincia de Cañar y el cantón Azogues	25
EL FENÓMENO MIGRATORIO EN ECUADOR Y LA PROVINCIA DE CAÑAR.....	26

Capítulo segundo

MODELOS DE CAMBIO DEL USO Y COBERTURA DE LOS SUELOS....	31
CONTEXTO HISTÓRICO DE LAS MODELACIONES DE CAMBIO DEL USO Y COBERTURA DEL SUELO.....	32
Disminución de la escala en los modelos de cambio del uso y cobertura del suelo	33
EL CAMBIO DEL SUELO Y SU RELACIÓN CON LOS ECOSISTEMAS NATURALES.....	34
Clasificación de los tipos de uso y cobertura del suelo	35
DRIVERS O IMPULSORES DEL CAMBIO	37
Implementación de modelos LUCC en la microcuenca del río Tabacay	38

MODELO DE CADENAS DE MARKOV.....	38
MODELO DE AUTÓMATAS CELULARES.....	39
MODELO INTEGRADO DE CADENAS DE MARKOV Y AUTÓMATAS CELULARES.....	40
MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA.....	41

Capítulo tercero

MICROCUENCA DEL RÍO TABACAY: ESPACIO Y RELACIONES DE PODER.....	43
MICROCUENCA DEL RÍO TABACAY	43
ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN LAS PARROQUIAS DE GUAPÁN Y BAYAS	45
USOS Y COBERTURAS DEL SUELO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO TABACAY.....	47
RELACIONES DE PODER EN EL MARCO DEL PROYECTO DE CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TABACAY	49
Diálogo entre actores en torno a la problemática del agua en la microcuenca del río Tabacay	51
Plan de Manejo de la Microcuenca.....	56
METODOLOGÍA.....	57
Metodología para la implementación de los modelos de cambio del uso y la cobertura del suelo.....	58
Modelaciones de cambio del uso y la cobertura del suelo	60
Modelo integrado CA Markov.....	60
Modelo de regresión logística	62

Capítulo cuarto

RESULTADOS.....	65
MODELACIONES DE CAMBIO DEL USO Y LA COBERTURA DE SUELO	65
Modelo integrado CA Markov.....	65
MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA.....	71
Validación del modelo	74
Modelo integrado de Markov y regresión logística	75
DISCUSIÓN.....	76

Cambios en el uso y la cobertura del suelo en la microcuenca del río Tabacay	76
Implementación de modelos de cambio del uso y cobertura del suelo en la microcuenca del río Tabacay	80
MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA.....	80
MODELO DE MARKOV Y REGRESIÓN LOGÍSTICA.....	83
CONCLUSIONES	85
REFERENCIAS.....	87

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CA	Autómatas celulares (por sus siglas en inglés)
CIDA	Comité Interamericano de Desarrollo Agrícola
CLUE	Modelo de Conversión del Uso de la Tierra y sus Efectos (por sus siglas en inglés)
COPOE	Consejo de Programación de Obras Emergentes del Río Paute
DEM	Modelo Digital de Elevación (por sus siglas en inglés)
EMAPAL	Empresa Pública Municipal de Agua Potable del Cantón de Azogues
ESPAAC	Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua
FMI	Fondo Monetario Internacional
GEOMOD	Modelo de Simulación de Cambio del Suelo (por sus siglas en inglés)
IEE	Instituto Espacial Ecuatoriano
IGBP	Programa Internacional de Geósfera-Biósfera (por sus siglas en inglés)
IGM	Instituto Geográfico Militar
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
LUCC	Land-Use and Cover Change
MAE	Ministerio del Ambiente
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
ONG	Organización no Gubernamental
ROC	Característica operativa del receptor (por sus siglas en inglés)
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua
SIG	Sistemas de información geográfica
SLEUTH	Programa Simulado de Predicciones de Crecimiento Urbano (por sus siglas en inglés)
UASB-E	Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador
UCEM	Unión Cementera Nacional
UPA	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, Jashimuddin y Nath 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, Fernandes y Ferreira 2019, 249).

En la actualidad, según lo que indica la revisión académica, la consolidación del modelo neoliberal ha exacerbado el cambio en el uso y la cobertura del suelo en varias regiones del planeta. En América Latina, por ejemplo, la imposición de políticas desarrollistas, como las reformas agrarias, ha reconfigurado el campo, impactado en las formas de producción y generado 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 los contextos histórico, político y económico del observador, definido por la intencionalidad y

por proponer diferentes lecturas de una misma realidad. En estas circunstancias, múltiples disciplinas han planteado marcos de análisis del territorio. Un campo que ha tomado fuerza desde la década del 80 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. Estas, a su vez, generan procesos de resistencia que en conjunto configuran el territorio y la sociedad (Lasso 2019, 4).

Por su parte, algunas ciencias aplicadas, como la ciencia de la tierra, han centrado su esfuerzo en medir en términos espaciales y temporales los cambios del uso del suelo, a fin de lograr modelar y proyectar estas dinámicas en escenarios futuros (Martínez 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).

Esta investigación se ubica en la región sur de Ecuador, 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 zona con la tasa de deforestación más alta de Ecuador (2,01 %), lo que ha afectado en mayor porcentaje el bosque nativo, degradándolo o convirtiéndolo en pastos (Tapia-Armijos et al. 2015).

La escala de estudio de la investigación se centra en la provincia de 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 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 del suelo a través del tiempo.

Este documento tiene como objetivo analizar cómo las problemáticas de concentración de la tierra se encuentran relacionadas con el cambio en el uso del suelo, tomando como escala de estudio la microcuenca del río Tabacay. Para eso se plantea: 1. Estudiar la problemática en torno a la concentración en la tenencia de la tierra en la zona sur de Ecuador; 2. identificar a los actores sociales asociados a la problemática del cambio en el uso del suelo en la microcuenca del río Tabacay; y, 3. implementar modelos computacionales para medir los cambios en la cobertura del suelo en términos espaciales.

La primera parte del trabajo 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 de Ecuador. Posteriormente, la discusión se concentra 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 destaca la utilización de los modelos de CA Markov, autómatas celulares (CA, por sus siglas en inglés) y la regresión logística para analizar los cambios del uso del suelo a nivel espacial.

CAPÍTULO PRIMERO

PROBLEMÁTICAS ALREDEDOR DE LA CONCENTRACIÓN EN LA TENENCIA DE LA TIERRA EN ECUADOR

Este capítulo tiene como objetivo estudiar la problemática relacionada con la concentración en la tenencia de la tierra en la región sur de Ecuador, a partir de la revisión de información primaria y secundaria, utilizando como marco de análisis la ecología política. Esta sección realiza una descripción del contexto político y social de las medidas que regulan el uso de la tierra, generadas en la zona sur de Ecuador, donde se encuentra ubicada la microcuenca del río Tabacay.

La parte inicial del capítulo explica cómo la implementación a través de la historia de las políticas desarrollistas de 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 de 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.

CONSOLIDACIÓN DEL MODELO NEOLIBERAL EN ECUADOR

Hacia finales de los años 90 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 dio 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, así como el establecimiento del dólar como patrón de cambio (Martínez y Reyes 2012, 37).

En los años 70 Ecuador atravesaba el auge del llamado *boom petrolero*, que trajo consigo fuertes medidas de intervención en la economía, como las reformas agrarias. Posteriormente, a inicios de 1980, se amplió la agenda neoliberal en el país y el Estado asumió la deuda privada de banqueros y empresarios a través de una medida conocida como *suretización* (que concentró la riqueza). Posteriormente, a mediados de los 80, las políticas de liberación del mercado y la caída de los procesos de industrialización que fueron sustituidos por importaciones reforzaron el modelo primario-exportador del país (Minteguiaga 2012, 49).

A partir de los años 90, el modelo neoliberal se consolidó en Ecuador como consecuencia del traslado de las responsabilidades del Estado hacia la sociedad civil. Lo anterior tuvo como base 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 último.

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 90 se desató una fuerte crisis financiera en Ecuador, consecuencia de la inestabilidad política de la época

causada por la guerra con Perú, los impactos generados por el fenómeno de El Niño y la suspensión de los créditos extranjeros (Espinosa 2000, 2). Esta recesión económica devino en una 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.

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 de 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 la expansión de la agroindustria y la agroexportación en el campo, profundizando la dependencia del campesinado hacia ellos (265).

Años después, en 2017, en un contexto de protestas sociales masivas debido al modelo extractivista y los casos de corrupción del Gobierno de Correa, Lenín Moreno fue elegido 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 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 estrategias de privatización y concentración del poder. Algunas de estas políticas desarrollistas han impactado en 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. Estas, 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.

CONFLICTOS ALREDEDOR DE LA CONCENTRACIÓN DE LA TIERRA EN EL SUR DE ECUADOR

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

Las provincias de Azuay y Cañar poseen una larga historia de 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 entender cómo se ha dado la configuración del 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.

EFFECTOS DE LA CRISIS DEL SOMBRERO DE PAJA TOQUILLA EN LA ZONA SUR DE ECUADOR

A comienzos del siglo XX, la agricultura de gran parte de la Sierra ecuatoriana estaba organizada en haciendas. Allí, los campesinos cultivaban la tierra para los grandes terratenientes sin pagos nominales; recibían tierras como usufructo en un sistema denominado *huasipungo*,¹ fiel a la dinámica latifundista de la época (Comité Interamericano de Desarrollo Agrícola [CIDA] 1965, 16).

El cultivo de paja toquilla, utilizada para confeccionar sombreros para el mercado internacional, era sostenido por el trabajo de los campesinos y campesinas asentados en las zonas rurales de las provincias de Cañar y Azuay; llegó a representar el 10 % del total de las exportaciones del país en el año 1911 (Balarezo 1984, 158). La incursión del sombrero

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

en el mercado internacional permitió que la zona sur del país ingresara en la economía nacional (159).

Sin embargo, al inicio de la década de los 50 las exportaciones del sombrero de paja toquilla empezaron a decaer como consecuencia del fin de la Segunda Guerra Mundial y la liberación del mercado internacional, lo que generó un aumento en las exportaciones del sombrero desde Asia hacia otras partes del planeta a más bajos costos (Aguirre 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 de Azuay y Cañar.

Esta crisis afectó a las familias rurales campesinas de 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 5000 entre los años 1950 y 1961 (28). El descenso en las exportaciones incrementó la emigración campesina interna e internacional, y reconfiguró el territorio.

En este contexto, para el año 1954 la agricultura de la región ya tenía una tendencia creciente hacia la ganadería en pequeña escala y a los monocultivos de maíz y caña de azúcar (Salgado 1978, 28). Esto 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, el inadecuado almacenamiento del grano, etc. (29).

1964: PRIMERA REFORMA AGRARIA DE ECUADOR

En 1964 la Junta Militar del Gobierno ecuatoriano sancionó la primera Ley de Reforma Agraria y Colonización en 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 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 se daría 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 vinieron 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 *descomunalización* 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. Esto 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 áreas altas de los páramos, expandiendo la frontera agrícola (Larrea 2006).

1973: SEGUNDA REFORMA AGRARIA DE ECUADOR

La segunda reforma agraria, expedida en el año 1973, tenía como manifiesto objetivo conseguir «justicia social» y crecimiento agrícola. Sin embargo, de acuerdo con Janvry (1981), el objetivo real de esta medida 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 de la dictadura 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 aumentaron en el mismo año en que fue sancionada la segunda reforma, los programas agrícolas del Gobierno también proliferaron. 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 Ecuador tuvo como consecuencia el desarrollo de procesos de tecnificación de la agricultura que afectaron la calidad de la tierra. Además, la ejecución 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 de 0,80 en el año 2001, de acuerdo con los censos de población reportados; esto demostraría el bajo efecto de la implementación de estas reformas respecto a la concentración de la tierra. En la zona sur de Ecuador, para esta época los hogares más pobres representaban el 40 % de la población (Uquillas 2007, 70).

Las provincias de 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 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 en el aumento de los índices de pobreza en la zona rural.

Posteriormente, en el año 1979, se expidió 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 dio 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 acentuaron a finales del siglo XX y dieron paso al envío de remesas económicas hacia provincias como 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).

1994: LEY DE DESARROLLO AGRARIO

En este contexto, entre los años de 1989 y 1990 se dio un incremento al precio del petróleo, lo cual tuvo como consecuencia un aumento en los costos de producción agrícola, lo que incentivó la movilización de organizaciones sociales como la indígena, reactivando las demandas por el acceso a la tierra. Es así como en 1994 se emitió la Ley de Desarrollo Agrario que eliminó los mecanismos de afectación de la tierra y abrió su mercado (Carrión y Herrera 2015).

La Ley trajo consigo un incremento en los gastos de agricultura por parte del Estado, inversión destinada, en su mayoría, a la legalización de los predios, lo que en conjunto con el aumento que tuvo el precio del petróleo entre 1993 y 1996 permitió atenuar las luchas sociales. Estos procesos tuvieron como resultado la ampliación de los procesos de fragmentación y venta de la tierra comunitaria.

Posteriormente, entre 1997 y 1998, el país enfrentó al fenómeno de El Niño, que se sumó a las problemáticas del gasto público que llevaron a la dolarización del país. Se reactivaron las movilizaciones sociales que permitieron la reactivación del gasto en agricultura hacia el año 2001. Finalmente, entre los años 2007 y 2009, en la presidencia de Rafael Correa, se observó un aumento importante en el presupuesto agrícola, que disminuyó a finales del año 2010 en adelante.

PROBLEMÁTICAS RELACIONADAS CON LA TIERRA EN EL SIGLO XXI

El inicio del siglo XXI estuvo marcado por la llegada de Rafael Correa al poder. En este período se reconoció al buen vivir dentro de la Constitución de 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 comodines*, influenciados por la alta demanda y 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 período, entre los años 2000 y 2012, la provincia de 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 con los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) 2012. La subdivisión de la tierra vía herencia siguió 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 aprobó la Ley Orgánica de Incentivos para Asociaciones Público-Privadas y la Inversión Extranjera, que a través de incentivos de extensión de impuestos estimuló la inversión privada (Torres et al. 2017, 109). En el año 2017 se expidió 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.

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

CONCENTRACIÓN DE LA TIERRA EN LA PROVINCIA DE 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 Ecuador. El análisis de las unidades productivas agropecuarias (UPA)² para el año 2000 muestra cómo las fincas más

2 Las UPA «son extensiones de tierra de 500 m² 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 m² que mantienen las

pequeñas (con menos de 10 ha) 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 ha 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 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 vía herencia y con otros procesos de minifundización de la tierra (Torres et al. 2017, 36). Además, a pesar de que para el año 2012 se observa una disminución en la concentración de la tierra por parte de las fincas más grandes, esta sigue siendo alta en términos de extensión de terreno cultivable.

Cabe señalar que la desigualdad en el acceso a la tierra es diferente en cada una de las provincias de 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 de 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, al comercio o al 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).

características de las UPA descritas, pero que han comercializado un producto agropecuario obtenido de su UPA, durante el período de referencia» (INEC 2012).

El análisis de las UPA en la provincia de Cañar muestra cómo las fincas más pequeñas representaban el 89 % del total y ocupaban el 14 % de la tierra cultivable para el año 2012. Además, las fincas más grandes representaban el 1 % del total 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 de Cañar.

CONFIGURACIÓN Y PROBLEMÁTICA RELACIONADAS CON LA TIERRA EN LA PROVINCIA DE CAÑAR Y EL CANTÓN AZOGUES

La provincia de Cañar tiene una extensión de 3 855,69 km² 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 de Cañar se encuentra bajo condiciones de pobreza extrema (Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad 2011). Además, se estima que entre los años 2001 y 2006 casi 6000 personas emigraron hacia el exterior; la mayoría de ellas eran hombres entre los 20 y los 40 años de edad (Observatorio de los Derechos de la Niñez y Adolescencia 2007). Las mujeres quedaron a cargo de las labores del campo y en la mayoría de los casos se concentraron en actividades de ganadería (Martínez 2006, 157).

La provincia de Cañar se encuentra subdividida en siete cantones: Azogues, Biblián, Cañar, Déleg, El Tambo, La Troncal y Suscal. El cantón 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 ellos 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 de 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 las 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, presenta uno de los coeficientes de Gini más altos del cantón, en relación con las demás ciudades (0,36-0,37), lo 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.

EL FENÓMENO MIGRATORIO EN ECUADOR Y LA PROVINCIA DE CAÑAR

La migración en Ecuador es una constante histórica que se acentuó desde finales de 1970. Un mayor flujo migratorio de personas se concentró en la zona sur del país, principalmente en las provincias de Cañar y Azuay (Jokisch y Kyle 2005, 58). Lo anterior fue 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 los años 70 y 80, a finales de los 90 y a principios del siglo XXI.

Existen datos que indican que un buen número de ecuatorianos emigró en los 70 como consecuencia de la crisis de la paja toquilla. Sus destinos fueron Estados Unidos, Canadá y Venezuela. Muchos 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. Se la conoció como la Nueva Migración y estuvo fuertemente influenciada por la contratación transnacional, congruente con el liberalismo económico de la época, y trajo consigo un fuerte componente de emigración rural en la zona sur de Ecuador (Novak 1995, 137).

La tercera ola migratoria comenzó hacia finales de los 90 y afectó a todo el territorio ecuatoriano, que se encontraba inmerso en la fuerte

crisis política y económica de la época, por lo cual se tuvo cinco presidentes en solo cinco años (1996-2000) a consecuencia del estallido social (Jokisch y Kyle 2005, 58). Además, las fuertes medidas impuestas por el FMI a 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 para el año 2005, cuando emigraron 400 000 personas (64).

En este contexto, de las 377 908 personas que emigraron del país entre los años 1996 y 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 del 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 directamente las formas de vida de la población de la zona sur a través de las dinámicas migratorias.

Para el año 2001, la provincia de 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, para el año 2010, el porcentaje de migración de esta zona disminuiría al 5,97 % (INEC 2010). Pese a ello, 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. Esto, 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 de Cañar, 23 153 se consideraban indígenas, y aproximadamente 14 952 habitantes (el

25,02 % de la población) se reconocían como cañaris (INEC 2010). El pueblo cañari habitó el sur de Ecuador desde la era precolombina y sus costumbres en relación con su gastronomía, su lenguaje, su vestuario y su forma de vida persisten hasta hoy (Zúñiga 2010, 94).

No se cuenta con cifras oficiales sobre el número de indígenas que emigraron, en parte porque 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 de Cañar tienen al menos un integrante en el exterior (Galán 2016, 127). A partir de la crisis generada a finales de los 90, los cañari viajaron principalmente a Estados Unidos (Ramírez y Ramírez 2005, 23). Entre las labores que realizaban en el lugar de destino, las más comunes 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 al campo y a 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 de 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 Ecuador. 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 golpeado particularmente a la región sur de Ecuador, que ha estado afectada por los procesos de concentración en la tenencia de la tierra por parte de las clases dominantes, y a su vez ha generado el crecimiento del monopolio de los cultivos y el encadenamiento productivo.

En la provincia de 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 encuentra bajo condiciones de pobreza, lo que influencia en las dinámicas de migración de la región, que encabeza los índices migratorios del país, y afecta la forma de vida de las comunidades que han formado parte de la zona desde épocas precolombinas.

Los efectos generados por la consolidación del modelo neoliberal se pueden apreciar en el sur de Ecuador; han afectado principalmente a las provincias de Cañar y Azuay. A pesar de que se pueden 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 tanto, el siguiente capítulo centra su análisis en los LUCC a partir del uso de modelos computacionales, disminuyendo la escala de análisis de la microcuenca del río Tabacay.

CAPÍTULO SEGUNDO

MODELOS DE CAMBIO DEL USO Y COBERTURA DE LOS SUELOS

Este capítulo tiene como objetivo revisar los modelos de cambio del uso y 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 entrada para la implementación de dos modelos computacionales en la zona de estudio (un modelo integrado CA Markov y uno estadístico-espacial de regresión logística).

En la actualidad, herramientas como la teledetección y la geodesia han tenido un uso importante debido al interés de mapear el territorio. Sin embargo, su empleo se limita a retratar su dimensión superficial. 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 LUCC (Lambin et al. 2000), que impulsó el desarrollo de una nueva generación de modelos espaciales (Verburg

et al. 2006, 117). Esta 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 Ecuador han modelizado 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 de Ecuador (Tapia-Armijos, Homeier y Draper 2017).

Este 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 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 este estudio.

CONTEXTO HISTÓRICO DE LAS MODELACIONES DE CAMBIO DEL USO Y COBERTURA DEL SUELO

El proyecto interdisciplinario mundial LUCC, realizado en el año 1995 por el Programa Internacional de Geósfera-Biósfera (IGBP, por sus siglas en inglés) 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. LUCC 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 (Verburg 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 Programa Simulado de Predicciones de Crecimiento Urbano (SLEUTH, por sus siglas en inglés) y el Modelo de Simulación de Cambio de Suelo (GEOMOD, por sus siglas en inglés) (Verburg 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 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 y 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 (Verburg et al. 2006).

DISMINUCIÓN DE LA ESCALA EN LOS MODELOS DE CAMBIO DEL 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 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 370 000 000 ha de bosque (Ramankutty et al. 2006, 38).

El proyecto LUCC también 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, 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 (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).

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, etc. (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 et al. (2006) realizaron 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).

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; 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 el 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 con el «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, entre los años 2016 y 2019 Ecuador realizó 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, Acuacultura y Pesca (MAGAP) e 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 esta 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 análisis 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

Nivel I (IPCC 2003)	Nivel II (MAGAP, MAE, IEE)	Definición operativa	Fuente
Bosque	Bosque nativo	Ecosistema arbóreo, primario o secundario, regenerado por sucesión natural; se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos.	MAE (2016)
	Plantación forestal	Masa arbórea establecida antrópicamente con una o más especies forestales.	MAE (2011)
Vegetación arbustiva y herbácea	Vegetación arbustiva	Áreas con un componente sustancial 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-MA-GAP-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-MA-GAP-IEE (2012)
Zona antrópica	Área poblada	Áreas principalmente ocupadas por viviendas y edificios destinados a colectividades o servicios públicos.	MAE-MA-GAP-IEE (2012)
	Infraestructura	Obra civil de transporte, comunicación, agroindustrial y social.	MAE-MA-GAP-IEE (2012)

Nivel I (IPCC 2003)	Nivel II (MAGAP, MAE, IEE)	Definición operativa	Fuente
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).

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, que 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, Qin y Zhou 2018, 358).

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 evidenciado que en altitudes menores de 1300 m o mayores de 3500 m y pendientes suaves inferiores a 35° de inclinación existe una disminución en la recuperación vegetal (Yang et al. 2018, 359).

Múltiples investigaciones han tratado de vincular variables antropogénicas en los modelos de cambio del uso y cobertura del suelo (Tahmasebi, Karami y Keshavarz 2020, 6; Hailu, Mammo y Kidane 2020, 8). Así, un estudio realizado en la cuenca del río Pennar, 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 del uso del suelo de la microcuenca del río Tabacay. Las variables incluidas se escogieron a partir de otros estudios realizados; en algunos estudios se han identificado 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).

IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS LUCC EN LA MICROCUENCA DEL RÍO TABACAY

Para este estudio se decidió utilizar un modelo integrado de CA y cadenas de Markov, ya que estos permiten hacer un análisis estadístico y espacial de las dinámicas de cambio del uso y cobertura del suelo. Se trabaja sobre la base del 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).

En lo que atañe 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 2020; 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, finalmente se optó por un modelo estadístico que incluía la regresión logística dentro de su análisis (Verburg et al. 2002).

MODELO DE CADENAS DE MARKOV

La cadena de Markov es una secuencia de valores al azar, cuya probabilidad es un período 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 período, 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 período determinado en una matriz de transición de probabilidades (Oliveira et al. 2018, 162). Además, la matriz de probabilidad producida puede predecir escenarios de cambio del 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 del uso del suelo en una distribución espacial (Yang y Lv Li 2012, 14). Un modelo de Markov predice el cambio del 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):

$$S(t + 1) = P_{ij}(x_{ij}(t)) \tag{1}$$

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:

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix} \tag{2}$$

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

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.

MODELO DE AUTÓMATAS CELULARES

Los CA son sistemas cuyo estado evoluciona en períodos o lapsos cortos (sistemas dinámicos discretos) y cuya celda en un período 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.

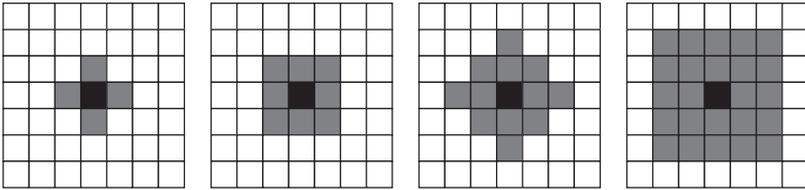
El análisis local, dentro de un vecindario, considera su extensión y la intensidad de interacción de la celda, que disminuye con el aumento de la distancia entre las celdas (Mohamed y Worku 2020, 4). La celda constituye el elemento básico de los CA, que espacialmente se pueden visibilizar como cuadrículas 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):

$$S(t, t + 1) = f(S(t), N) \tag{3}$$

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: Henríquez, Azócar y Aguayo (2006).
Elaboración propia.

MODELO INTEGRADO DE CADENAS DE MARKOV Y AUTÓMATAS CELULARES

La confiabilidad de los métodos de modelado del cambio del 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 CA 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 los CA (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 este 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).

MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA

Las dinámicas de cambio en el uso del suelo y la cobertura vegetal son procesos muy dinámicos y complejos. En ellos 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, así como 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 (p. ej., 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 con la siguiente ecuación:

$$\log \left(\frac{p}{1-p} \right) = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n$$

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, a y b son coeficientes estimados en el modelo (Pineda Jaimes et al. 2008, 39).

CAPÍTULO TERCERO

MICROCUEENCA DEL RÍO TABACAY: ESPACIO Y RELACIONES DE PODER

Este 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 examina 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 último, 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.

MICROCUEENCA DEL RÍO TABACAY

En la zona sur de Ecuador se encuentra ubicada la provincia de Cañar. Al norte está rodeada 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.

La microcuenca del río Tabacay se sitúa administrativamente en la provincia de 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 km² y pertenece a la subcuenca del río Burgay y la cuenca del río Paute, de acuerdo con la división hidrográfica N5 de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA).

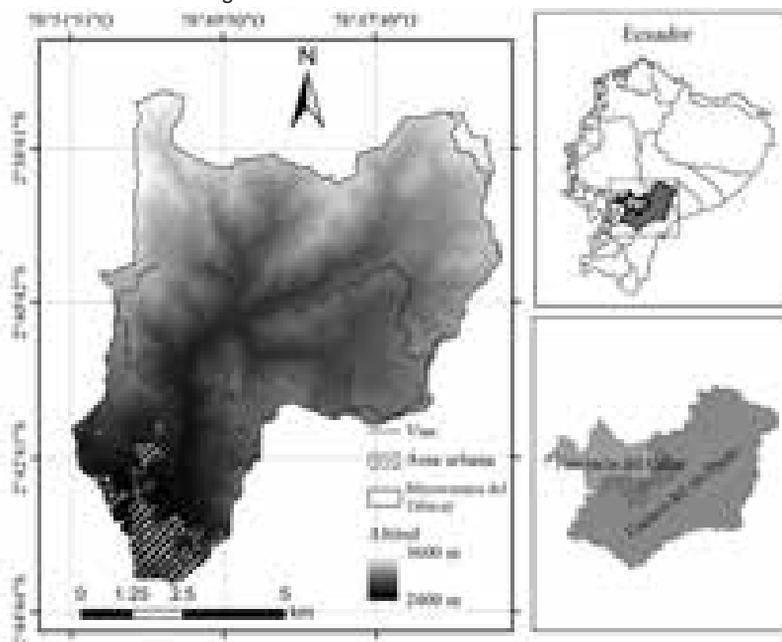
En cuanto a las características fisiográficas de la microcuenca, su altitud varía entre los 2700 y los 3600 m s. n. m., lo cual implica condiciones de clima frío (tabla 7). Su pendiente promedio medida en grados del terreno varía entre los 0° y los 45°, por lo que es considerada una zona con pendientes pronunciadas (tabla 7). Por último, la precipitación media anual está entre los 850 mm y los 1050 mm, y se acentúa en la zona noroeste de la microcuenca (tabla 7).

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 aproximadamente hay 762 familias. Otro dato que puede dar un estimado de su población son los censos nacionales de la parroquia de Guapán (8853 habitantes) y la parroquia de Bayas (3046 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, Quinua, Saguín, Mirapamba, Monjas, San Antonio, Zhindilig, Comuna de Virgen, Pamba, Nudpud, Uchupucún, Leg Abuga, Llaucay y Mahuarca. Estas comunidades cuentan con sus respectivas autoridades, lo que muestra formas de organización social constituidas.

En cuanto a la manera 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 hay en promedio una vivienda por hectárea, con características de minifundios rurales y 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 ha.

Figura 2. Localización del área de estudio



Fuente: Ver tabla 4.
Elaboración propia.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN LAS PARROQUIAS DE GUAPÁN Y BAYAS

En los años 30, 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, las actividades de la explotación de piedra caliza de los lugareños quedaron desplazadas frente a la explotación de insumos para la cementera (Ilustre Municipalidad 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

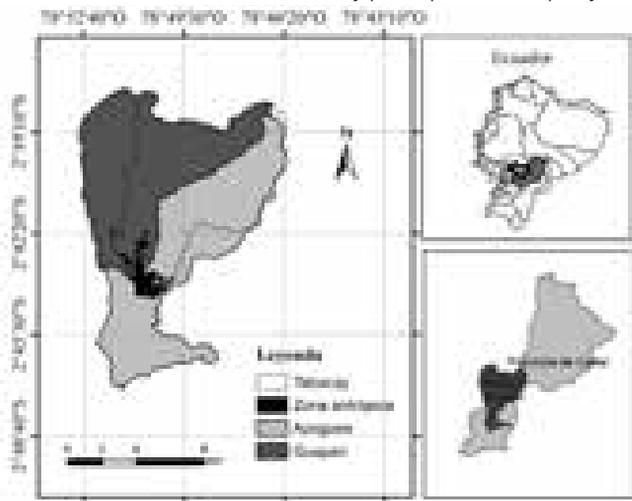
Censo 1990		
Categorías	n.º de personas	%
Agricultura y caza	974	25,36
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	40	1,04
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	1 717	44,7
Construcción	269	7
Otras	881	22,94
Total	3 881	100
Censo 2001		
Categorías	n.º de personas	%
Agricultura y trabajadores 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
Total	3 008	100
Censo 2010		
Actividades	n.º de personas	%
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	850	26,19
Explotación de minas y canteras	3	0,09
Industrias manufactureras	808	24,89
Construcción	312	9,61
Comercio al por mayor y al por menor	207	6,38
Transporte y almacenamiento	134	4,13
Otras	932	28,71
Total	3 246	100

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 al incremento de su centro parroquial, en 1983 la parroquia de Bayas se integró al área urbana de Azogues, lo que favoreció a los terratenientes, quienes 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.

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 de Ecuador clasificaron el uso del suelo (ver «Clasificación de los tipos de uso y cobertura del suelo», capítulo segundo). Sin embargo, es importante señalar las limitantes de esta clasificación. Como se mencionó anteriormente, 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 1177,92 ha entre los años 1990 y 2018 (tabla 3 y figura 4). Por su parte, de acuerdo con los mapas, los pastizales que podrían asociarse a las actividades de ganadería desaparecieron para el año 2018 (tabla 3 y figura 4). Además, se observa un crecimiento en el mosaico agropecuario de 4106,2 ha a 4580,83 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 períodos. Posteriormente, a partir de la implementación de los modelos de uso y cobertura del suelo en la zona de estudio se ampliaron el análisis y la discusión de estos usos del suelo.

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, la haba, el sambo, la arveja y la papa (Plan de Manejo del Tabacay 2012, 63).

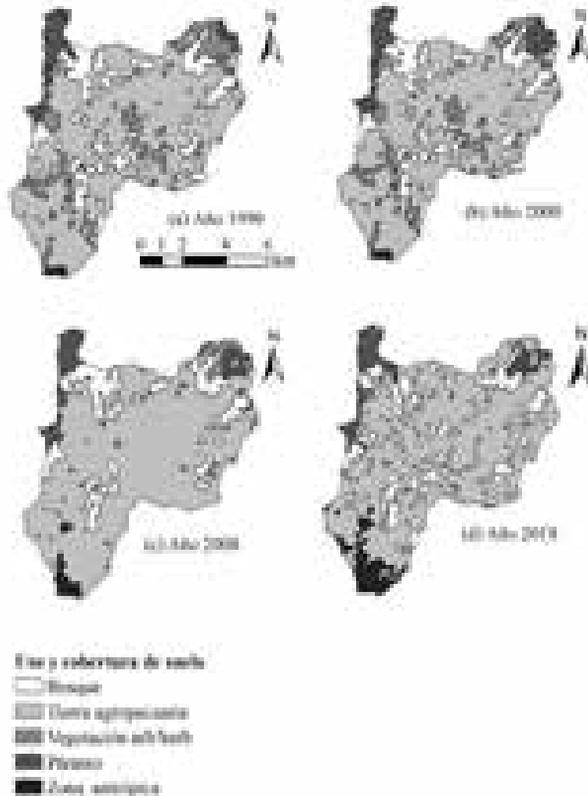
La zona media contaba con un mayor porcentaje de suelos con pastizales y cultivos frutales (>50 %); su agricultura, en su gran mayoría, es de autoconsumo con muy poco uso de maquinaria y tecnología (64 %). Finalmente, la zona alta de la microcuenca se encuentra representada por pastos (70 %). Dicha zona 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)	%						
Vegetación herbácea	6,66	0,1	6,48	0,1	195,52	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	575,91	8,4	1 177,92	17,2
Pastizales	290,26	4,2	296,65	4,3	194,22	2,8	-	-
Páramo	329,38	4,8	413,55	6,1	289,19	2,8	403,63	5,9
Mosaico agropecuario	4 106,2	60,1	4 136,24	60,5	4 999,01	73,1	4 580,83	67,0
Espesores 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	437,65	6,4	254,52	3,7
Área poblada	36,1	0,5	36,19	0,5	117,2	1,7	295,15	4,3
Área sin cobertura vegetal	0,0	0,0	0,0	0,0	25,13	0,4	23,4	0,3
Área total	6 382,55	1,0	6 834,45	1,0	6 833,86	1,0	6 832,62	1,0

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.

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 análisis se hizo 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 colaborativa³ que incluyó la participación de entidades públicas y privadas, al igual que a la población que habita la zona.

En el año 2005 se dio 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 la Unidad Académica de la Universidad de Cuenca ACORDES, un grupo de académicos sociales de esta institución que ejercieron como facilitadores y realizaron el mapa de actores a partir de una primera ronda de entrevistas.

Es importante mencionar, además, que 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 (CG-Paute-2008), 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 problemática de sedimentación de las microcuencas, debido a su efecto sobre las turbinas hidráulicas de la Hidroeléctrica Paute Integral (Molina et al. 2015).

En este punto es importante mencionar que la hidroeléctrica de Paute es considerada como la segunda más potente del país y forma 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

3 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).

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. Su problemática se centró en el suministro de agua potable, debido a que la cantidad de esta 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 centró en la problemática de desabastecimiento de agua, debido a que esta empresa es la encargada de proveer de agua a la ciudad de Azogues, utilizando el río Tabacay para ello (EMAPAL 2021, párr. 3).

Además, el proyecto contó con el apoyo del MAE, a partir de lo que anteriormente era la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), y que formaba parte del Consejo de Programación de Obras Emergentes del Río Paute (COPOE). 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 organizaciones no gubernamentales (ONG) ambientales de la zona, representantes del gobierno municipal y local, entre otros actores sociales que serán mencionados en la siguiente sección.

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 esta investigación, debido a que esto permitió identificar su perspectiva 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 del 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 examinar las relaciones de poder alrededor de la problemática de desabastecimiento de agua en la zona. Su metodología de trabajo se basó en el análisis de los documentos del proyecto, entrevistas con los actores sociales identificados y la participación como observadores 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), esta investigación identificó a 18 actores sociales que se agruparon de acuerdo con 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 identificaron las problemáticas relacionadas con los usos del suelo en la microcuenca del río Tabacay.

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

Nacional	Ministerio de Agricultura	Centro de Reversión Económica	Ministerio de Medio Ambiente	Consejo Nacional de Fuentes de Agua	Central hidroeléctrica
Regional	Centro Universitario de Ingeniería	Provincia			
Municipal	Empresa Municipal de Agua Potable	Asociaciones y consorcios de agua potable	Cooperativa de Minería de Arena	Gobierno local	Municipio
Local	Unidad de Gestión de la Cuenca de Paute	Comité Municipal de Ciudadanos	Fundación Medio Ambiente	ONG ambientales	Propietarios de la tierra

Fuente: Dewulf et al. (2011).

Elaboración propia.

En ese orden de ideas, a continuación se analizarán 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 llevar a cabo este análisis es identificar, como ya se mencionó, cuáles son las problemáticas del uso del suelo en la zona de acuerdo con la perspectiva de cada grupo de actores.

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

Uno de los primeros actores a los 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 qué se refería la comunidad rural cuando mencionaba «colonizaciones fraudulentas». Sin embargo, uno de los representantes de la asociación de agua potable que participó de las entrevistas atribuyó el problema de la deforestación a la poca conciencia de los terratenientes, quienes talan grandes extensiones de bosque (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 un actor social asociado con las problemáticas del cambio de uso del suelo.

Los representantes del MAGAP, el gobierno provincial, la empresa municipal de agua y la planta cementera definieron a 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 (Dewulf et al. 2011, 77).

En 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 (Dewulf et al. 2011, 77). Así trasladaron gran parte de la responsabilidad a las comunidades agrícolas y la ganadería que se asientan en la microcuenca. Este traslado de responsabilidades generó que gran parte del esfuerzo por mitigar la problemática de desabastecimiento de agua se centrara en la población rural de la zona alta, 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 este estudio se encuentra limitado por la intencionalidad de otros trabajos, por lo cual sus conclusiones respecto al objetivo de examinar a los actores sociales están fuertemente influenciadas por estas investigaciones. En ese sentido, para ampliar este análisis es necesario 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 plantean 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 desde la perspectiva de un importante grupo de actores. Por eso es necesario identificar quiénes son estos poseedores de la tierra 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.

La segunda hipótesis tiene que ver con 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. Este Plan 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; su implementación tendrá implicaciones para los diferentes actores sociales que se relacionan en la zona.

Tabla 4. Planes, programas, proyectos y organismos de planificación de la cuenca del río Paute y la microcuenca Tabacay

Planes, programas y organismos	Año	Finalidad	Autoridad responsable	Financiación	Fuente
Consejo de programación de obras emergentes (COPOE)	1993	Se crea con el fin de realizar trabajos de estabilización del cauce del río Paute, ante el desastre de La Josefina. Posteriormente, dio paso a proyectos de desarrollo en la cuenca Paute, algunos en convenio con Hidropaute.	Gobierno central	Presupuesto General del Estado	(Cordero 2013, 65)
Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Río Paute (CG Paute)	2005	Su fin era propiciar el manejo adecuado del agua y los recursos naturales en la cuenca del río Paute. Además, se formula el Plan Maestro de Desarrollo de la Cuenca del Río Paute.	Integra gobiernos seccionales (consejos provinciales y consejos municipales), entidades del sector público (gobierno central) y privado.	Presupuesto General del Estado, además de proyectos y convenios con organizaciones nacionales e internacionales.	(Molina et al. 2015, 41)
Plan de Manejo de la Cuenca del Río Paute	1998	Se crea como herramienta para el ordenamiento territorial, la planificación urbana y rural de la cuenca Paute y se formula el Plan Maestro de Desarrollo de la Cuenca del Río Paute (CG-Paute).	Gobierno autónomo descentralizado, teniendo como ente rector de las políticas ambientales al MAE.	El plan maestro se crea bajo el Proyecto Paute Integral (Central Molino). En el año 1998 el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (Inecel) financia con un crédito del BID la elaboración del Plan de Manejo de la Cuenca del Río Paute).	(Donoso 2002, 162; Cordero 2013, 25)
Plan Maestro de Desarrollo de la Cuenca del Río Paute (CG-Paute-2008)	2008	El Plan es concebido como una herramienta de desarrollo, en el cual se proponen acciones concretas para el control y la gestión ambiental de la cuenca Paute.	Realizado bajo el Consorcio formado por dos empresas españolas y una nacional.		(Molina et al. 2015, 41; Cordero 2013, 25)

Planes, programas y organismos	Año	Finalidad	Autoridad responsable	Financiación	Fuente
Proyecto de Conservación de la Microcuenca del Río Tabacay	2008	El proyecto de conservación tenía como objetivo abordar las problemáticas ambientales de la microcuenca del río Tabacay.	EMAPAL, los estudios técnicos estuvieron a cargo de la Universidad de Cuenca.	Fondos del Plan Maestro de Desarrollo de la Cuenca del Río Paute y la EMAPAL	(Molina et al. 2015)

Fuente y elaboración propias.

PLAN DE MANEJO DE LA MICROCUENCA

El Plan de Manejo de la Microcuenca del Tabacay establece tres programas: 1. Programa de intervención en infraestructura e implementación de obras, 2. Programa agroambiental para proteger las fuentes de agua, 3. Programa de fortalecimiento y concientización. El primero 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, dentro de la propuesta se especifica 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 otra 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 ocurra 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 3200 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 estableció como responsables a las comunidades rurales. Este enfoque es limitado debido a que existen otros actores sociales que tienen que identificarse para buscar una solución integral, como los grandes poseedores de tierras o las industrias de la zona, a quienes no se menciona en el Plan.

Se hace evidente que el Plan de Manejo de la Cuenca se encuentra fuertemente influenciado por planes y proyectos asociados a las problemáticas de la cuenca del río Paute (tabla 4), especialmente a aquellas relacionadas con sedimentación de la cuenca que generan efectos negativos en la Hidroeléctrica Paute Integral, financiada por el Estado a través del Gobierno Autónomo Descentralizado.

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 del 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.

METODOLOGÍA

Hasta el momento, la metodología del presente trabajo de investigación 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 examen 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 siguiente sección tiene como objetivo abordar la metodología para la

implementación de los modelos computacionales del cambio del uso y cobertura del suelo en la microcuenca del río Tabacay.

METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS DE CAMBIO DEL USO Y LA COBERTURA DEL SUELO

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 de Ecuador (MAE 2018). También 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 5).

Tabla 5. Características de la información de teledetección y otros datos usados en el área de estudio

Datos	Fuente	Resolución	Fecha	Tipo de dato
Mapas de uso y cobertura vegetal	MAE	1:100 000	2016, 2017, 2018	Shp*
Red de carreteras	IGM	1:100 000	2016	Shp*
Centros poblados	IGM	1:100 000	2013	Shp*
Precipitación media	IGM	1:100 000	2013	Raster
Evotranspiración anual	IGM	1:100 000	2013	Raster
DEM	Alaska Satellite Facility	12,5 m	2020	Raster

*Shp: *shapefile*

Fuente y elaboración propias.

Uso del suelo y cobertura vegetal

A partir de la clasificación del MAE (tabla 1), se identificaron cinco tipos de LUCC en la microcuenca: bosque, vegetación arbustiva/herbácea, páramo, tierra agropecuaria y zona antrópica (tabla 6), 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 6. Características de los tipos de uso y cobertura del suelo

Tipo LUCC		Descripción
Nivel I	Nivel II	
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.
	Plantación forestal	Masa arbórea establecida antrópicamente con una o más especies forestales.
Vegetación arbustiva y herbácea	Vegetación arbustiva	Áreas con un componente sustancial 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.
Páramo		Vegetación tropical altoandina caracterizada por especies dominantes no arbóreas que incluyen fragmentos de bosque nativo propios de la zona.
Tierra agropecuaria		Área bajo cultivo agrícola y pastos plantados, o que se encuentran dentro de una rotación entre estos.
Zona antrópica	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).

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 2020; 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 7).

Tabla 7. Factores impulsores del cambio de uso y de cobertura del suelo

Parámetro	Descripción
Pendiente	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).
Elevación	Las tierras planas de menos elevación son más adecuadas para la expansión urbana que las elevaciones más altas (Birhanu et al. 2019).

Parámetro	Descripción
Evotranspiración	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).
Precipitación	La precipitación tiene una respuesta positiva sobre el crecimiento vegetal (Sun et al. 2015).
Distancia con respecto a los drenajes	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).
Distancia con respecto a los centros poblados	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).
Distancia con respecto a las vías	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, Sonter y Sánchez 2020).

Fuente y elaboración propias.

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, mientras que 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.

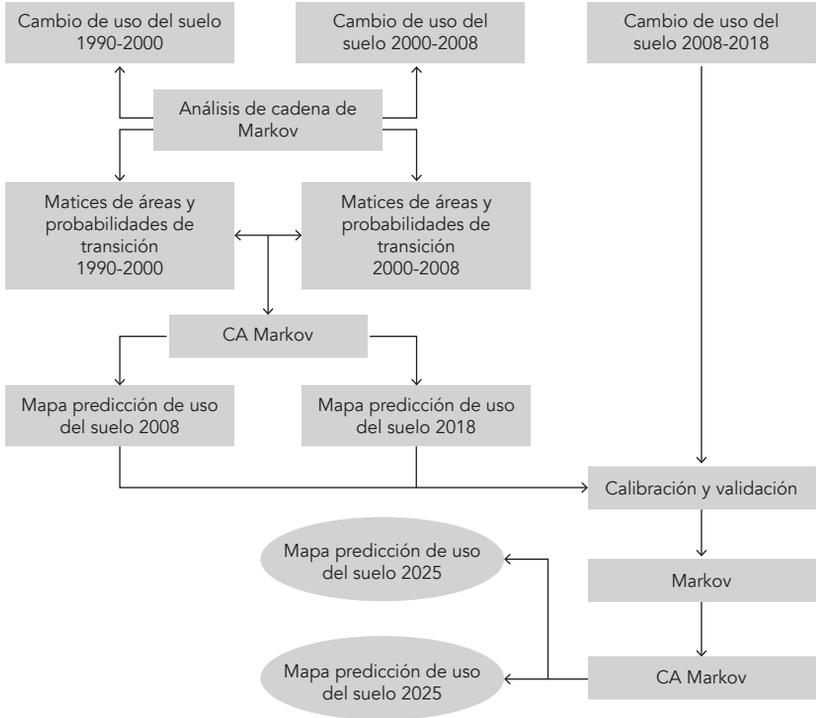
MODELO INTEGRADO CA MARKOV

En este estudio, la implementación del modelo CA Markov se apoyó en la metodología propuesta por Al-sharif y Pradhan (2014), a partir del análisis de tabulación cruzada (figura 6), 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. Estos se clasificaron en una resolución espacial de 12,5 x 12,5 m; los cálculos se realizaron en función de la complejidad del terreno (Hengl 2006). Para llevar a cabo la modelación se siguieron estos pasos:

- 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. Se las utilizó para predecir los cambios en los años 2008 y 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, mientras que 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 al aplicar 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, con el fin de predecir el cambio del uso y la cobertura del suelo para los años 2035 y 2040. Se tomaron estos dos años para las predicciones futuras debido a que los cambios de cobertura del suelo son más visibles para estos períodos.

Figura 6. Diagrama de flujo del modelo aplicado CA Markov



Fuente y elaboración propias.

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 Hyandye (2015). Primero, se examinó el comportamiento de los factores impulsores respecto a las dinámicas de LUCC, a partir del estudio estadístico de regresión lineal múltiple. Luego, se utilizó un análisis espacial cuyo objetivo fue 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). La eficiencia de los modelados en ambos análisis se midió con base en la característica operativa del receptor⁴ (ROC, por sus siglas en inglés), utilizada en otras investigaciones (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, nuevamente se simularon las proyecciones para los años 2035 y 2040 de la microcuenca, con base en la metodología planteada por Eastman (2003, 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.

4 La curva 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).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MODELACIONES DE CAMBIO DEL USO Y LA COBERTURA DE SUELO

MODELO INTEGRADO CA MARKOV

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 creadas por los cambios espaciales en el uso y la cobertura del suelo de la microcuenca del río Tabacay a partir del modelo CA Markov. Así se observa que entre los años 1990 y 2008 el área boscosa disminuyó de 1274,07 ha a 988,2 ha, mientras que en el año 2018 aumentó a 1436,77 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 los años 1990 y 2018.

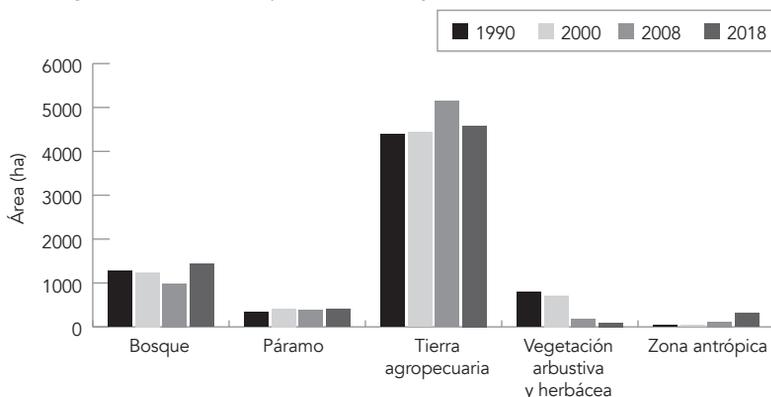
La tierra agropecuaria aumentó de 4393,42 ha a 5151,16 ha entre los años 1900 y 2008, y desde este último período hasta el año 2018 disminuyó a 4581 ha a una tasa de 57,02 ha/año. Además, el área de vegetación arbustiva y herbácea disminuyó de 800,79 ha a 93,35 ha entre los años 1990 y 2018, con una tasa anual particularmente alta de 65,07 ha entre los años 2000 y 2008. Finalmente, el área antrópica aumentó de 36,35 ha a 319,4 ha entre los años 1990 y 2018, con una tasa de crecimiento anual de 19,80 ha en la última década de 2008 y 2018.

Tabla 8. Cambios temporales del uso y la cobertura del suelo (en ha)
Modelo CA Markov

	Bosque	Páramo	Tierra agropecuaria	Vegetación arbustiva y herbácea	Zona antrópica
1990	1 274,07	330,69	4 393,42	800,79	36,35
2000	1 242,66	415,22	4 431,01	710,09	36,35
2008	988,2	385,04	5 151,16	189,52	121,41
2018	1 436,77	401,98	4 581	93,35	319,4
2035 (simulación)	1 961,04	408,69	3 684,57	102,17	678,15
2040 (simulación)	1 969,34	424,22	3 585,75	98,64	757,74
Cambio anual (1990-2000)	-3,141	8,45	3,76	-9,07	0
Cambio anual (2000-2008)	-31,81	-3,77	90,02	-65,07	10,63
Cambio anual (2008-2018)	44,86	1,69	-57,02	-9,62	19,80
Cambio anual (2018-2035)	30,840	0,395	-52,731	0,519	21,103
Cambio anual (2018-2040)	24,208	1,011	-45,239	0,241	19,924

Fuente y elaboración propias.

Figura 7. Cambios temporales del uso y la cobertura del suelo (en ha)



Fuente y elaboración propias.

Las matrices de probabilidad de transición del uso y la cobertura del suelo para los períodos 1990–2000, 2000–2008 y 2008–2018, calculadas en relación con la distribución de frecuencias espaciales en el tiempo, se muestran en las tablas 9a, 9b y 9c. 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. En la tabla 9a se puede observar 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 2008 (tabla 9b), pero disminuyó al 8 % para 2018 (tabla 9c).

Tabla 9a. 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
Bosque	0,81	0	0,18	0,01	0
Páramo	0,18	0,82	0	0	0
Tierra agropecuaria	0,11	0	0,84	0,05	0
Vegetación arbustiva y herbácea	0	0,22	0,02	0,76	0
Zona antrópica	0,04	0,04	0,04	0,04	0,85

Fuente y elaboración propias.

Tabla 9b. 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
Bosque	0,51	0	0,46	0,02	0
Páramo	0,19	0,75	0,06	0	0
Tierra agropecuaria	0,08	0,01	0,82	0	0,09
Vegetación arbustiva y herbácea	0,1	0	0,78	0,09	0,03
Zona antrópica	0,04	0,04	0,04	0,04	0,85

Fuente y elaboración propias.

Tabla 9c. Matriz de probabilidades de transición del uso y la cobertura del suelo, 2008-2018

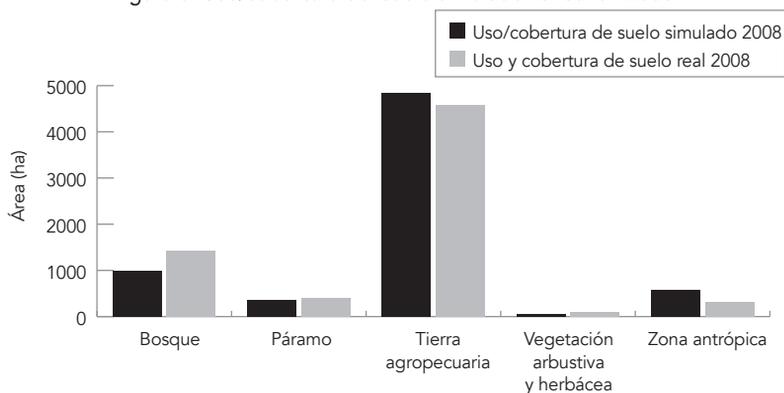
		2018				
2008		Bosque	Páramo	Tierra agropecuaria	Vegetación arbustiva y herbácea	Zona antrópica
Bosque		0,44	0,07	0,44	0,02	0,02
Páramo		0,08	0,58	0,31	0,02	0
Tierra agropecuaria		0,28	0,01	0,62	0,01	0,08
Vegetación arbustiva y herbácea		0,25	0,24	0,45	0,05	0,01
Zona antrópica		0,01	0	0,14	0	0,85

Fuente y elaboración propias.

Validación del modelo

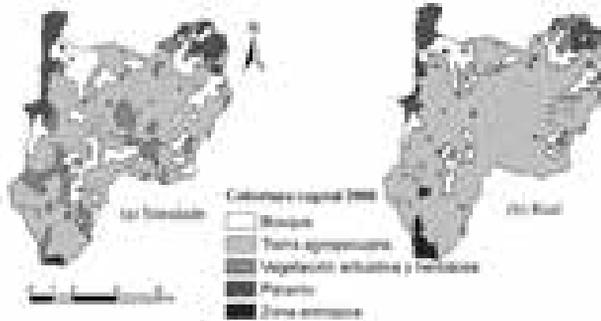
Para la validación del modelo, a partir de la estadística kappa, se compararon los mapas simulados de uso y cobertura del suelo para los años 2008 y 2018 con los mapas reales de uso y cobertura del suelo obtenidos por el MAE. El éxito de la simulación del modelo de cadenas de Markov y los CA es del 78 % y el 80 % para los años 2008 y 2018, respectivamente. Con base en las figuras 8 y 9, para el año 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 8. Uso/cobertura del suelo simulado vs real en 2008



Fuente y elaboración propias.

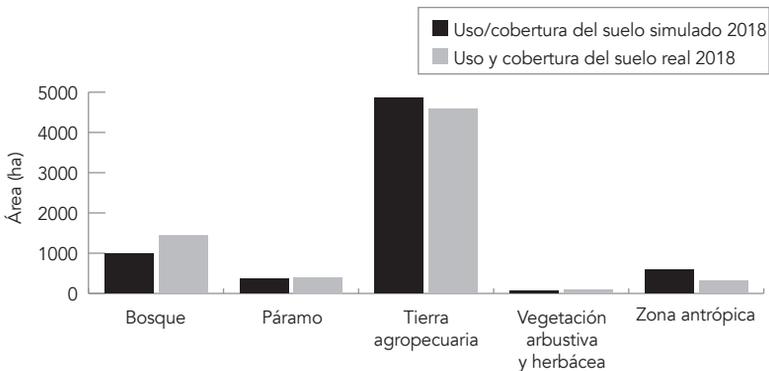
Figura 9. Uso/cobertura del suelo simulado vs real en 2008



Fuente: MAE (2018).
Elaboración propia.

La relación entre los mapas simulados y los 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 año 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 10. Uso/cobertura del suelo simulado vs real en 2018



Fuente y elaboración propias.

Figura 11. Uso/cobertura del suelo simulado vs real en 2018



Fuente: MAE (2018).
Elaboración propia.

Cambio futuro en el uso y la cobertura del suelo

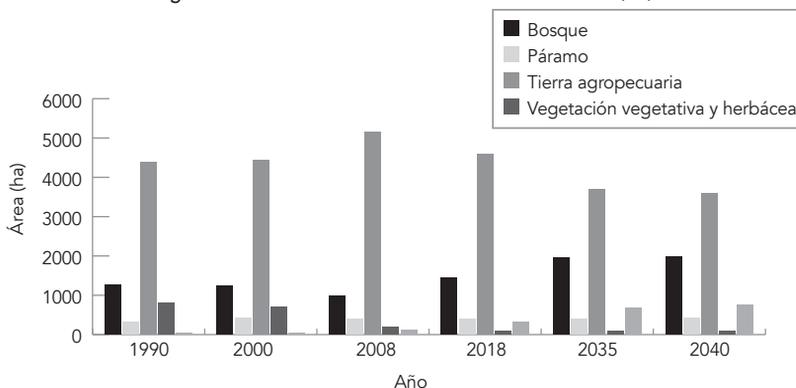
A partir del éxito de los modelos de los años 2008 y 2018, se simularon los mapas futuros del uso y la cobertura del suelo para los años 2035 y 2040 (tabla 5, figuras 14 y 15), utilizando el mapa base de uso y cobertura del suelo del año 2018 y la matriz de probabilidades de transición del uso y la cobertura del suelo del período 2008-2018. 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 12. Mapas simulados de uso/cobertura futura del suelo: (a) 2035 y (b) 2040



Fuente y elaboración propias.

Figura 13. Cambio en el uso/cobertura del suelo (ha)



Fuente y elaboración propias.

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 aumentan su eficiencia al alcanzar valores cercanos a 1 y la disminuyen al alejarse de la unidad. El modelo de mayor eficiencia fue el generado para el área antrópica, de acuerdo con 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.

Se muestran los coeficientes ROC (tabla 11) en relación con la eficiencia de los modelos, a partir de los cuales se puede determinar que aquellos con mejor ajuste fueron el área antrópica (94 %) y el páramo (86 %). 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 ellos 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 β – 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.

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

Tabla 10. Coeficientes de determinación R² - modelo de regresión logística

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

Fuente y elaboración propias.

Tabla 11. Variables de la ecuación logística a partir del uso y la cobertura del suelo en 2018

Factores impulsores	Bosque			Páramo			Tierra agropecuaria			Vegetación arbustiva y herbácea			Zona antrópica		
	β	Sig.	OR	β	Sig.	OR	β	Sig.	OR	β	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	0,0002	0,00	1,00	0,006	0,00	1,00
Distancia de los drenajes	0,0002	0,00	1,00	0,0001	0,14	1,00	0,00002	0,74	1,00	0,0002	0,24	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	1,00	0,97	-0,02	1,00	0,96	0,031	1,00	1,03	-0,04	1,00	0,96	0,01	1,00	1,01
Elevación	0,0003	0,06	1,00	-0,004	0,00	1,00	0,0003	0,07	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	0,93	1,00	0,004	0,00	1,00	0,01	0,00	1,01
Pendiente	0,0002	0,77	1,00	-0,004	0,00	1,00	0,00004	0,95	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 propias.

Tabla 12. Coeficientes ROC - modelo de regresión logística

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

Fuente y elaboración propias.

VALIDACIÓN DEL MODELO

A partir de la validación realizada con el análisis espacial se obtuvieron los coeficientes ROC (tabla 10) y β – beta (tabla 11), generados respecto al mapa de uso y cobertura del suelo del año 2018. Al comparar los coeficientes β – 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 β – beta se pueden relacionar de manera positiva o negativa y 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.

Por un lado, respecto a los coeficientes ROC, el modelo generado a partir del análisis espacial muestra mejores ajustes frente al análisis estadístico. Por otro lado, se pueden observar los mapas de idoneidad para cada uso y cobertura del suelo generados a partir del análisis espacial (figura 11), los cuales comprenden valores de 0 y 1, y potencian el cambio de una clase de uso y cobertura a otra para valores cercanos a 1.

Tabla 13. 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 propias.

Tabla 14. Variables β – beta de la ecuación logística a partir del uso y la cobertura del suelo en 2018. Análisis espacial

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

Fuente y elaboración propias.

MODELO INTEGRADO DE MARKOV Y REGRESIÓN LOGÍSTICA

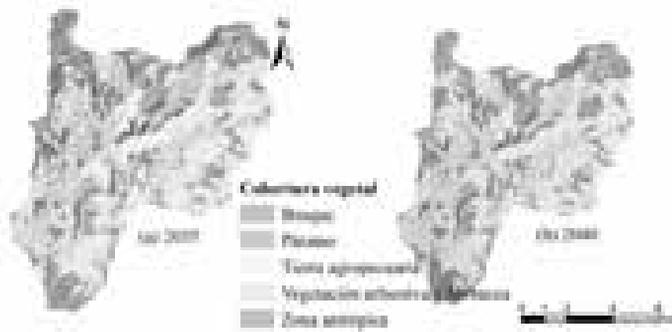
Por último, a partir del modelo de Markov se simularon los mapas futuros de uso y cobertura del suelo para los años 2035 y 2040 (figura 14). La modelación se realizó teniendo como base los submodelos de transición del suelo generados a partir del modelo de regresión logística. Estos relacionan los factores 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 cambios considerables en el futuro próximo, 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 15. Cambio en el uso y la cobertura del suelo (en ha) - modelo de Markov y regresión logística

	Bosque	Páramo	Tierra agropecuaria	Vegetación arbustiva y herbácea	Zona antrópica
1990	1 274,07	330,69	4 393,42	800,79	36,35
2000	1 242,66	415,22	4 431,01	710,09	36,35
2008	988,2	385,04	5 151,16	189,52	121,41
2018	1 436,77	401,98	4 581	93,35	319,4
2035 (simulación)	1 444,58	415,67	4 470,46	8,35	491,69
2040 (simulación)	1 432,65	415,45	4 438,90	7,84	535,90

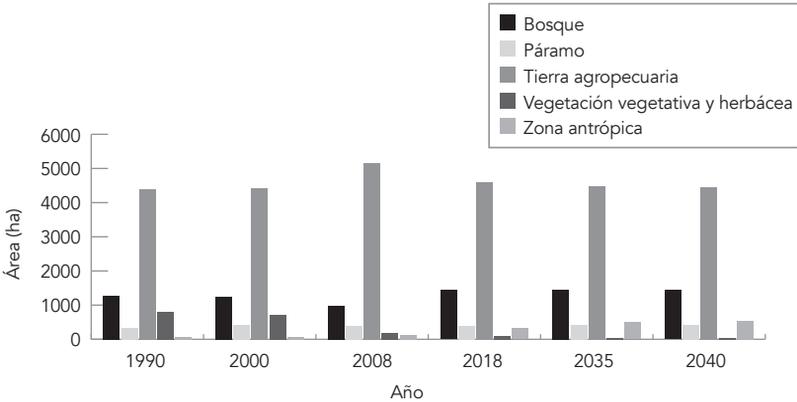
Fuente y elaboración propias.

Figura 14. Mapas simulados de uso/coertura futura del suelo: (a) 2035 y (b) 2040



Fuente y elaboración propias.

Figura 15. Cambio en el uso/coertura del suelo (ha)



Fuente y elaboración propias.

DISCUSIÓN

CAMBIOS EN EL USO Y LA COBERTURA DEL SUELO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO TABACAY

Como vimos en el capítulo primero, el sur de 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 descomunización y la minifundización de la tierra (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 los años 1990 y 2000, la Sierra sur de Ecuador estuvo sumida en una crisis social debido a la caída de las exportaciones del sombrero de paja toquilla, la cual afectaba en gran medida a los campesinos y los indígenas asentados en las zonas rurales (Salgado 1978, 27). Asimismo, la implementación de las reformas agrarias influía en la crisis migratoria de la región (Novak 1995, 137).

Posteriormente, en la década 2000–2010, las políticas neoliberales se profundizaron a partir de la implementación de los modelos de agroindustria y agroexportación, y el surgimiento de los cultivos comodín en el campo impulsó la dependencia de los monocultivos y de la ganadería a gran escala (Torres et al. 2017, 17). Además, los efectos generados por los procesos de subdivisión de la tierra vía herencia y la falta de mano de obra campesina causada 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).

Esta investigación encontró que en la microcuenca del río Tabacay se han dado procesos de pérdida de su cobertura vegetal (bosque nativo, páramo, vegetación arbustiva y herbácea) entre los años 1990 y 2008 (tabla 3), debido a la expansión del mosaico agropecuario (matrices de probabilidad de las tablas 9a y 9b). Este resultado es congruente con el estudio realizado por Tapia-Armijos et al. (2015), quienes estimaron que durante el período 1989–2008 la deforestación en el sur de 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 se mantuvieron, algo que podría estar relacionado con

actividades ganaderas (tabla 3). De hecho, 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. Rebañ (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 antrópico, definido como todas aquellas zonas 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). Lo anterior representó la pérdida de uso del suelo agropecuario y, según las matrices de probabilidad, esta conversión fue del 14 % solo entre los años 2008 y 2018 (matrices de probabilidad de las tablas 9a y 9b).

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 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 ha desplazado a 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 de Cañar, gracias a las políticas agrarias implementadas en el pasado. Aunque en este período 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).

Además, en este período 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 infraestructura y 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 completo de temas más profundos como la desigualdad social o el incentivo a proyectos de desarrollo que concentran los recursos (Durand 2017, 44).

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 9b y 9c). 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 (Cordero Camacho 2008; Chaffa et al. 2016), otros creen que estos podrían promover la monetización del uso del suelo a partir de una lógica de mercado (Castro 2014, 70), lo que fomentaría los procesos de homogenización de las relaciones sociales y culturales reduciéndolas a un valor monetario de uso.

IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE CAMBIO DEL USO Y COBERTURA DEL SUELO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO TABACAY

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 4581 ha en el año 2018 a 3684,57 ha en el año 2035 y 3585,75 en el año 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 1969,34 ha, respectivamente para el año 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 de los años 2008 y 2018, considerados buenos de acuerdo con otras investigaciones (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 (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 o *drivers* 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.

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, no se tuvieron en cuenta debido a que la literatura no recomienda la aplicación de estos coeficientes para el análisis de los datos de regresiones logísticas múltiples (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 (2001, 246). Sin embargo, los valores de cobertura de bosque (0,55) y tierra agropecuaria (0,57) no se pueden considerar significativos en términos de eficiencia (Lin et al. 2011, 71).

Para analizar la relación entre las variables dependientes y las variables independientes se utilizaron los valores OR, significancia y β – beta. La razón de la probabilidad de regresión individual 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 (Cerdeira, 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 β – 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 9a se descartaron para el análisis de la 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 OR, estos fueron cercanos a 1 en general, y mostraron una buena relación entre las variables predictoras y los cambios de cobertura.

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 β – beta del análisis espacial (tabla 11) para analizar la correlación entre las variables.

Respecto a los valores β – 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 se puede interpretar como que a menor distancia de las vías mayor es la probabilidad de cambio de las coberturas del suelo.

Lo anterior posiblemente se da 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).

También 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 menores 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 β – 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 donde se encontró una respuesta positiva entre las precipitaciones y el crecimiento de la cubierta vegetal.

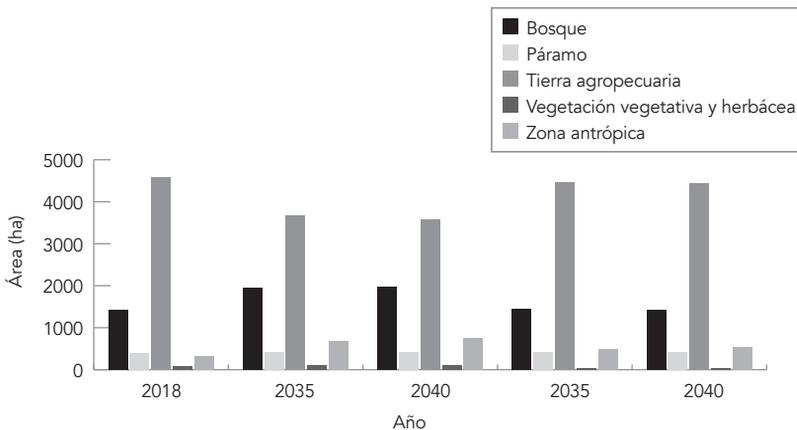
MODELO DE MARKOV Y REGRESIÓN LOGÍSTICA

Finalmente, se decidió utilizar un modelo integrado de Markov y regresión logística para vincular los factores impulsores del cambio del uso del suelo en las simulaciones de las proyecciones futuras para los años 2035 y 2040 (figura 16). Estas simulaciones predicen una reducción en el área de la tierra agrícola de 4581 ha en 2018 a 4470,46 ha en 2035 y 4438,90 ha en 2040.

Respecto a la dinámica de crecimiento de la cobertura de bosque, a partir de este modelo integrado se predice un crecimiento en el área de 1436,77 ha en el año 2018 a 1444,58 ha en 2035, y una disminución de 1432,65 ha en 2040. En los escenarios simulados la zona antrópica tendrá una expansión de 319,4 ha en 2018, 491,69 ha en 2035 y 535,90 ha en 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. Aunque se difiere en los datos de crecimiento del bosque, también se prevén dinámicas que favorecen su conservación.

Figura 16. Datos de simulación de uso/cobertura futura del suelo:
(a) CA Markov y (b) LCM



Fuente y elaboración propias.

Es complejo predecir qué cambios se darán en un futuro en relación con el uso del suelo en la microcuenca del río Tabacay y, en general, en el campo ecuatoriano. Sin embargo, como se ha analizado en el transcurso del documento, estos cambios dependerán en gran medida de las políticas agrícolas y ganaderas impulsadas por el Estado. A pesar de que a nivel mundial la reducción de la pobreza es uno de los objetivos imperativos del nuevo milenio, la realidad es que gran parte de los campesinos se encuentran luchando por evitar el despojo que la agroindustria está causando en su territorio (Giarracca y Teubal 2009, 23).

Algunos procesos de resistencia buscan restablecer el rol del campesino en el modelo agroalimentario a partir del fortalecimiento de la economías regionales y nacionales en función de la pequeña producción familiar (Rubio 2007, 20). Martínez Alier (2004) define como «ecología popular» a la defensa del ambiente desde estos sectores sociales y cuya principal motivación es la más básica supervivencia. En este sentido, el futuro del campo se encuentra mediado por las estrategias de acumulación del capital y los procesos de resistencia.

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 de Ecuador, especialmente en las provincias de Cañar y 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 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. También han generado, entre otros, los procesos de subdivisión de la tierra vía herencia, que a su vez han desvalorizado los terrenos, facilitado su compra y desplazado a las comunidades rurales de su territorio. Como consecuencia, muchos 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 de Ecuador, en especial en las provincias de Cañar y 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, lo 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 la problemática del cambio de uso de suelo 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 al 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 otros tipos influye en la reconfiguración del territorio y en los cambios de los patrones del paisaje, lo que vuelve 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.

REFERENCIAS

- Acosta, Carlos, y Javier Ordóñez. 2017. «Crisis civilizatoria, propuestas y desarrollos teóricos en trabajo social». Tesis de grado, Universidad de La Salle. 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». Tesis de maestría, 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): 4291-301. doi:10.1007/s12517-013-1119-7.
- Ansell, Chris, y Alison Gash. 2007. «Collaborative Governance in Theory and Practice». *Journal of Public Administration Research and Theory*, 18 (4): 543-71. doi:10.1093/jopart/mum032.
- Balarezo, Susana. 1984. «Tejedoras de paja toquilla y reproducción campesina en Cañar». En *Mujer y transformaciones agrarias en la Sierra ecuatoriana*, Osvaldo Barsky, Susana Balarezo, Lucía Carrión, Patricia de la Torre, Rocío Rosero y Lucía Salamea, 147-244. Quito: Centro de Planificación y Estudios Sociales / Corporación Editora Nacional (CEN).
- Bedoya, Juan Carlos, y Mauricio Barrera. 2006. «Convergencia de las cadenas de Markov». *Scientia et Technica* 3 (32): 73-8. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911652014>.
- 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 Paramos». *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): 70-5. <https://www.redalyc.org/pdf/3768/376839847012.pdf>.
- Carrión, Diego, y Stalin Herrera. 2015. *Ecuador rural del siglo XXI: Soberanía alimentaria, inversión pública y política agraria*. Quito: Instituto de Estudios Ecuatorianos / Fundación Rosa Luxemburg / Centro de Derechos Económicos y Sociales / CRECE / OXFAM / FIAM.

- 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): 1329-35. doi:10.4067/S0034-98872013001000014.
- Chafla, Pablo, 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): 25-40. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-24222016000600025&lng=pt&nrm=iso.
- Chamba Flores, Enith. 2020. «El modelo extractivista y los peligros para la soberanía alimentaria en el caso ecuatoriano». *SaberEs* 12 (1): 1-19. doi:10.35305/s.v12i1.209.
- Comité Interamericano de Desarrollo Agrícola (CIDA). 1965. *Tenencia de la tierra y desarrollo socioeconómico del sector agrícola: Ecuador*. Washington D.C.: Unión Panamericana / CIDA.
- Cordero Camacho, D. 2008. «Esquemas de pagos por servicios ambientales para la conservación de cuencas hidrográficas en el Ecuador». *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales* 17 (1): 54-66. <https://www.cbd.int/financial/doc/ecuador-peswater.pdf>.
- Cordero Domínguez, Iván Rodrigo. 2013. «Evaluación de la gestión territorial de la cuenca del río Paute, estrategias y líneas de acción para superarlas». Tesis de maestría, Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3358>.
- Cruz Zúñiga, Pilar. 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): 81-98. <http://remhu.csem.org.br/index.php/remhu/article/view/210>.
- Dadhich, Pran Nath, y Shinya Hanaoka. 2011. «Spatio-temporal Urban Growth Modeling of Jaipur, India». *Journal of Urban Technology* 18 (3): 45-65. doi:10.1080/10630732.2011.615567.
- De Koning, G., Peter Verburg, Antonie Veldkamp y L. Fresco. 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, Art, Mónica Mancero, Germán 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. doi: 10.1177/0020852310390108.
- Donoso Correa, Mario Ernesto. 2002. «La cuenca del río Paute: Diagnóstico y propuesta de manejo integral. Políticas de desarrollo agropecuario». Tesis de maestría, FLACSO Ecuador. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/985/23/TFLACSO-01-2002MEDC.pdf>.
- 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*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. doi:10.22201/crim.9786070291463e.2017.
- Durand, Guy, y Guido van Huylenbroeck. 2003. «Multifunctionality and rural development: A general framework». En *Multifunctional Agriculture. A new paradigm for European Agriculture and Rural Development*, editado por Guido van Huylenbroeck y Guy Durand, 1-18. Ashgate: Burlington.
- Eastman, Ronald. 2003. «IDRISI Kilimanjaro, Guide to GIS and Image Processing». Worcester, MA: Clark Lab, Clark University. https://www.academia.edu/24202322/IDRISI_Kilimanjaro_Guide_to_GIS_and_Image_Processing.
- EC. 1964. *Ley de la Reforma Agraria y Colonización en el Ecuador. Decreto 1480*. 12 de julio.
- . 1973. *Ley de la Reforma Agraria del Ecuador. Decreto 1172*. Registro Oficial 410, 15 de octubre.
- . 1994. *Ley de Desarrollo Agrario. Ley 54*. Registro Oficial 461, 14 de julio.
- . 2015. *Ley Orgánica de Incentivos para Asociaciones Público Privadas y la Inversión Extranjera*. Oficio 2372, 14 de diciembre.
- . 2017. *Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales. Decreto 1283*. Registro Oficial 920, 11 de enero.
- EC Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2016. «Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra 1990, 2000, 2008 y 2014». <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>.
- . 2017. «Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra 2016». <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>.
- . 2018. «Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra 2018». <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>.
- Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Ambiental del Cantón Azogues (EMAPAL). 2021. «Captaciones». EMAPAL. <https://www.emapal.gob.ec/captaciones/>.

- . 2005. «Plan de Manejo Integral del río Tabacay». <https://docplayer.es/17602729-Plan-de-manejo-de-la-microcuenca-del-rio-tabacay.html>.
- Espinosa, Roque. 2000. «La crisis económica financiera ecuatoriana de finales de siglo y la dolarización». *Aportes Andinos: Educación en y para los derechos humanos*, 20.
- 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*, 271. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122705.
- Ferreira, João J. M., Cristina I. Fernandes y Fernando A. F. Ferreira. 2020. «Technology transfer, climate change mitigation, and environmental patent impact on sustainability and economic growth: A comparison of European countries». *Technological Forecasting and Social Change*, 150: 119770. doi:10.1016/j.techfore.2019.119770.
- Frieiro, Leonardo, y Belén Sánchez. 2021. «Ecuador: El neoliberalismo por sorpresa». *Revista Argentina de Ciencia Política* 26 (1): 125–64. <https://publicaciones.sociales.uba.ar/index.php/revistaargentinacienciapolitica/article/view/6665>.
- 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». Tesis de maestría, Universidad de León. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=60243>.
- García, Catalina. 2016. «Determinar por métodos cualitativos el nivel de riesgos a los que están expuestos los trabajadores de la hormigonera de la Unión Cementera Nacional (UCEM-CEM), planta industrial Guapán». Tesis de maestría, Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/24388>.
- García, Víctor, Carmen Márquez, Tom Isenhardt, Marco Rodríguez, Santiago Crespo y Alexis Cifuentes. 2019. «Evaluating the Conservation State of the Paramo Ecosystem: An Object-Based Image Analysis and CART Algorithm Approach for Central Ecuador». *Heliyon* 5 (10). doi:10.1016/j.heliyon.2019.e02701.
- 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*, 1: 48–56. 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*, editado por Eric Lambin y Helmut Heist, 41-70. Berlín: 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*, 110: 74-87. doi:10.1016/j.gloplacha.2012.09.007.
- Giarraca, Norma, y Miguel Teubal, coord. 2009. *La tierra es nuestra, tuya y de aquel. Las disputas por el territorio en América Latina*. Buenos Aires: Editorial Antropofagia.
- Giraldo, Omar Felipe, y Peter M. Rosset. 2018. «Agroecology as a territory in dispute: Between institutionality and social movements». *The Journal of Peasant Studies* 45 (3): 545-64. doi:10.1080/03066150.2017.1353496.
- Gil, Jacky, y Javier Castañeda. 2005. «Una mirada al valor de p en investigación». *Revista Colombiana de Psiquiatría* 34 (3): 414-24. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502005000300008.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Cantonal de Azogues. 2015. *Actualización del Plan del Buen Vivir y Ordenamiento Territorial Azogues 2015*. Azogues: Gráfica Hernández.
- 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*, 85: 142-54. doi:10.1016/j.landusepol.2019.03.027.
- Granstrand, Ove, y Marcus Holgersson. 2020. «Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition». *Technovation*, 90-91. 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, 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.
- Haesbaert, Rogério. 2011. *El mito de la desterritorialización. Del fin de los territorios a la multiterritorialidad*. Ciudad de México: Siglo XXI Editores.
- 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*, 99. 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: 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): 1-23. doi:10.3390/su10103421.
- Hamdy, Omar, Shichen Zhao, Taher Osman, Mohamed A. Salheen y Youhansen 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): 1-17. doi:10.3390/geosciences6040043.
- Hamdy, Omar, Shichen Zhao, Mohamed Salheen y Youhansen Eid. 2017. «Analyses the Driving Forces for Urban Growth by Using IDRISI Selva Models Abouelreesh – Aswan as a Case Study». *International Journal of Engineering and Technology* 9 (3): 226-32. doi:10.7763/IJET.2017.V9.975.
- Hengl, Tomislav. 2006. «Finding the right pixel size». *Computers & Geosciences* 32 (9) : 1283-98. 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*, 36: 61-74. 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: 318-27. doi:10.1016/j.rsase.2018.12.005.
- Herrera, Gioconda, coord. 2008. *Ecuador: La migración internacional en cifras*. Quito: FLACSO Ecuador.
- 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* 3 (1): 6-16. doi:10.11648/j.ajrs.20150301.12.
- Ilustre Municipalidad de Azogues. 2006. *Guapán pasado y presente. Compilación bibliográfica*. Azogues: I. Municipalidad de Azogues.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador (INEC). 2001. *Censo de Población y Vivienda*. Quito: INEC.
- . 2010. *Censo de Población y Vivienda*. Quito: INEC.
- . 2012. *Censo de Población y Vivienda*. Quito: INEC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2003. «Good Practice Guidance for land use, land-use change and forestry». Kanagawa, JP: The IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme.

- 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 (1): 37-47. doi:10.1016/j.ejrs.2016.12.005.
- 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): 45-58. <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*, editado por Gioconda Herrera, María Cristina Carrillo y Alicia Torres, 57-71. Quito: FLACSO Ecuador.
- Jordán, Fausto. 2003. «Reforma agraria en el Ecuador». En *¿Reforma Agraria en el Ecuador?: viejos temas, nuevos argumentos*, editado por Frank Bassel y Stalin Herrera, 285-317. Quito: Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en Ecuador.
- 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*, 18 (4). doi:10.1016/j.rsase.2020.100321.
- Kyle, David. 2000. *Transnational Peasants: Migrations, Networks, and Ethnicity in Andean Ecuador*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Lambin, Eric, X. Baaulies, N.E. Bockstael, Gunther Fischer, T. Krug y Rik Leemans. 2000. «Land-use and land-cover change (LUCC): Implementation strategy». *IGBP Report 48, IHDP Report 10*.
- Larrea, Carlos. 2006. *Hacia una historia ecológica del Ecuador: Propuestas para el debate*. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador (UASB-E) / CEN / EcoCiencia.
- Lasso, Geovanna. 2016. «Soberanía alimentaria, modernización y neodesarrollismo: Las contradicciones de la política agraria en el Ecuador de la revolución ciudadana». En *La revolución ciudadana en escala de grises*, editado por Mathieu Le Quang, 260-91. Quito: Editorial del Instituto de Altos Estudios Nacionales.
- . 2019. «Territorios en disputa en torno al sistema agroalimentario ecuatoriano. Estrategias de poder y resistencia, procesos de territorialización y

- desterritorialización». Tesis de doctorado, Universitat Autònoma de Barcelona. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=275070>.
- Li, KongMing, Feng Mingming, Asim Biswas, Su Haohai, Yalin Niu y Cao Jianjun. 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): 1-20. 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): 65-87. doi:10.1080/13658811003752332.
- Lu, Liang, Luo Guo y Song-ting Zhao. 2014. «Land use and land cover change on slope in Qiandongnan prefecture of Southwest China». *Journal of Mountain Science*, 11: 762-73. 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». Ponencia presentada en el XXVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. VIII Jornadas de Sociología de la Universidad de Buenos Aires. Asociación Latinoamericana de Sociología, Buenos Aires.
- 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: 104414. doi:10.1016/j.landusepol.2019.104414.
- Martínez, Luciano . 2006. «Las comunidades rurales pobres y la reforma agraria en el Ecuador». En *Reforma agraria y desarrollo rural en la región andina*, coordinado por Fernando Eguren, 163-75. Lima: CEPES.
- Martínez, Polioptro, y Carlos Patiño. 2012. «Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México». *Tecnología y ciencias del agua* III (1): 5-20. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v3n1/v3n1a1.pdf>.
- Martínez, Rubí, y Ernesto Reyes. 2012. «El Consenso de Washington: La instauración de las políticas neoliberales». *Política y cultura*, 37: 35-64. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-77422012000100003&script=sci_abstract .
- Martínez Alier, Joan. 2004. *El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Barcelona: Icaria.

- Matthews, Elaine. 1983. «Global vegetation and land use: new high-resolution data bases for climate studies». *Journal of climate and applied meteorology* 22 (3): 474–87. doi: 10.1175/1520-0450(1983)022<0474:GVALUN>2.0.CO;2.
- 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, 125–44. Nueva York: New York University Press.
- 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 Langkat Basin, Malaysia». *Journal of Geographic Information System* 4 (6): 542–54. doi:10.4236/jgis.2012.46059.
- Menard, Scott. 2011. *Applied Logistic Regression Analysis*. 2.^a ed. California: SAGE Publications.
- Mintegiuga, 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.
- Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Productividad (MIPRO). 2011. «Agenda de Transformación Productiva Territorial: Provincia del Azuay». <https://es.scribd.com/document/270725396/Agenda-Territorial-Azuay>.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). 2016. «Mapa de cobertura y uso de la tierra 1990, 2000, 2008 y 2014». <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>.
- . 2017. «Mapa de cobertura y uso de la tierra 2016». <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>.
- . 2018. «Mapa de cobertura y uso de la tierra 2018». <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>.
- Mohamed, Asfaw, y Hailu Worku. 2020. «Simulating urban land use and cover dynamics using cellular automata and Markov chain approach in Addis Ababa and the surrounding». *Urban Climate*, 31. doi:10.1016/j.uclim.2019.100545.
- Molina, Andrea, Esteban Cabrera, Lorena Moreno, Mary Alexander Sharman y Facundo Cuevas. 2015. *Mapa de Pobreza y Desigualdad por consumo Ecuador 2014*. Quito: INEC / Banco Mundial.
- 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*, 17. doi: 10.1016/j.rsase.2019.100276.
- Mustafa, Ahmed, Andreas Rienow, Ismaïl Saadi, Mario Cools y Jacques Teller. 2018. «Comparing support vector machines with logistic regression for calibrating cellular automata land use change models». *European Journal of Remote Sensing* 51 (1): 391-401. doi:10.1080/22797254.2018.1442179.
- Novak, Fabián. 1995. «La contratación entre estados y empresas transnacionales». *Agenda Internacional* 2 (5): 133-62. doi:10.18800/agenda.199503.008.
- Oberem, Udo. 1978. «Contribución a la historia del trabajador rural de América Latina: Conciertos y huasipungueros en Ecuador». *Sarance. Revista del Instituto Otavaleño de Antropología*: 49-78. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/6073/1/RFLACSO-Sa6-03-Oberem.pdf>.
- Observatorio de los Derechos de la Niñez y Adolescencia. 2007. «Niñez indígena: La doble exclusión». Quito: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.
- 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: 160-7. 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* 8 (2): 253-67. doi:10.29312/remexca.v8i2.48.
- Pineda Jaimes, Noel, Joaquín Bosque, Montserrat 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*, 69: 33-52. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56912295004>.
- Podwojewski, Pascal, Jérôme Poulenard, Tania Zambrana y Robert Hofstede. 2002. «Overgrazing effects on vegetation cover and properties of volcanic ash soil in the paramo of Llangahua and La Esperanza (Tungurahua, Ecuador)». *Soil Use and Management* 18 (1): 45-55. doi:10.1079/SUM2001100.
- Polyakov, Maxim, y DaoWei Zhang. 2008. «Population Growth and Land Use Dynamics along Urban-Rural Gradient». *Journal of Agricultural and Applied Economics* 40 (2): 649-66. doi:10.1017/S1074070800023919.

- Pontius, Robert, y Marco Millones. 2011. «Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment». *International Journal of Remote Sensing* 32 (15): 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* 85 (3): 239-48. doi:10.1016/S0167-8809(01)00187-6.
- Qasim, Muhammad, Klaus Hubáček, Mette Termansen y Luuk Flekens. 2013. «Modelling Land Use Change across Elevation Gradients in District Swat, Pakistan». *Regional Environmental Change* 13 (3): 567-81. doi:10.1007/s10113-012-0395-1.
- Ramankutty, Navin, Lisa Graumlich, Diogenes Archard, Abha Chhabra, Ruth DeFries, Jonathan Foley, Helmut Geist, Richard Houghton, Kees Klein, Eric Lambin, Andrew Millington, Kjeld Rasmussen, Robin S. Reid y Billie Turner. 2006. «Global Land-Cover Change: Recent Progress, Remaining Challenges». En *Land-Use and Land-Cover Change*, editado por Helmut Geist y Eric Lambin, 9-39. Berlín: Springer.
- Ramírez, Jacques, y Franklin Ramírez. 2005. *La estampida migratoria ecuatoriana: Crisis, redes transnacionales y repertorios de acción migratoria*. Quito: Centro de Investigaciones CIUDAD / Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.
- Rebaï, Nasser. 2009. «Migración y cambios concretos en la Sierra ecuatoriana: Un punto de vista desde la parroquia Juncal-Provincia de Cañar». *Pucará*, 21: 17-23. <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografiadelapoblacion/17.pdf>.
- 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 XXXVIII* (1): 72-81. https://www.researchgate.net/publication/317515724_Cadenas_de_Markov_y_automatas_celulares_para_la_modelacion_de_cambio_de_uso_de_suelo.
- Rhon, Francisco, y Carlos Pástor. 2016. *50 años de reforma agraria: Cuestiones pendientes y miradas alternativas*. Quito: UASB-E / Ediciones La Tierra.
- 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». Actas del I Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y

- Tecnologías de la Información Geográfica, Tegucigalpa, Honduras, 11 al 16 de octubre.
- Rubio, Blanca. 2007. «¿Hacia un nuevo orden agroalimentario energético mundial?». *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios* (26-27): 5-23. <https://www.ciea.com.ar/web/wp-content/uploads/2016/11/RIEA26-27-01.pdf>.
- 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* 51 (1): 39-48. doi:10.1016/0034-4257(94)00063-S.
- Rwanga, Sophia, y Julius Ndambuki. 2017. «Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS». *International Journal of Geosciences* 8 (4): 611-22. doi:10.4236/ijg.2017.84033.
- Salgado, Germánico. 1978. *Crisis y activación en una economía regional: La experiencia de cuenca y su zona de influencia (1950-1970)*. Quito: Friedrich-Ebert-Stiftung / Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales.
- Seoane, José. 2012. «Neoliberalismo y ofensiva extractivista. Actualidad de la acumulación por despojo, desafíos de Nuestra América». *Theomai*, 26. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12426097006>.
- Shahbazian, Zohreh, Marzban Faramarzi, Noredín 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.
- Siqueira-Gay, Juliana, Laura J. Sonter y Luis E. Sánchez. 2020. «Exploring potential impacts of mining on forest loss and fragmentation within a bio-diverse region of Brazil's northeastern Amazon». *Resources Policy*, 67: | -10. doi:10.1016/j.resourpol.2020.101662.
- Sun, Wenyi, Xiaoyan Song, Xingmin Mu, Peng Gao, Fei Wang y Guanjun Zhao. 2015. «Spatiotemporal vegetation cover variations associated with climate change and ecological restoration in the Loess Plateau». *Agricultural and Forest Meteorology* (209-210): 87-99. doi:10.1016/j.agrformet.2015.05.002.
- Tahmasebi, Tahereh, Ezatollah Karami y Marzieh Keshavarz. 2020. «Agricultural land use change under climate variability and change: Drivers and impacts». *Journal of Arid Environments* 180 (1): 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: 22-32. doi:10.1016/j.apgeog.2016.10.007.
- Tapia-Armijos, María Fernanda, Jürgen Homeier, Carlos Iván Espinosa, Christoph Leuschner y Marcelino de la Cruz. 2015. «Deforestation and Forest Fragmentation in South Ecuador since the 1970s - Losing a Hotspot of Biodiversity». *PLOS ONE* 10 (9): e0133701. doi:10.1371/journal.pone.0133701.
- Torres, Nataly, Jonathan Baez, 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*. Quito: FLACSO Ecuador.
- Uquillas, Carlos. 2007. *El fracaso del neoliberalismo en el Ecuador y alternativas frente a la crisis*. Eumed. Edición electrónica. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2007c/313/313.pdf>.
- Vásconez, Allison, Rossana Córdoba y Pabel Muñoz. 2005. «Políticas sociales en el Ecuador en el período 1978-2003: Sentidos, contextos y resultados». En *Política y políticas públicas en los procesos de reforma de América Latina*, editado por Rolando Franco y Jorge Lanzaro, 353-83. Ciudad de México: Comisión Económica para América Latina y el Caribe / FLACSO México.
- Verburg, Peter, Antonie Veldkamp, Victoria Ramil, W. Soepboer y Sharifah Mastura. 2002. «Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model». *Environmental Management* 30 (3): 391-405.
- Verburg, Peter, Koen Overmars y Nol 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.
- Verburg, Peter, Kasper Kok, Robert Gilmore y Alice Veldkamp. 2006. «Modeling Land-Use and Land-Cover Change». En *Land-Use and Land-Cover Change*, editado por Eric Lambin y Helmut Geist, 117-35. Berlín: Springer.
- Walmsley, Emily. 2001. «Transformando los pueblos: La migración internacional y el impacto social al nivel comunitario (tema central)». En *Ecuador Debate*, 54: 155-174. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/4889/1/RFLACSO-ED54-10-Walmsley.pdf>.
- 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): 251-65. doi:10.1080/22797254.2017.1419831.
- Washima, Paulino. 2013. «El aplazamiento del Proyecto Hidroeléctrico Pante Mazar: Una interpretación desde las Ciencias Sociales». *Letras Verdes*:

- Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 8: 25-8. doi:10.17141/letrasverdes.8.2011.898.
- 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): 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* 29 (10): 3355-65. 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*, 233: 11-9. doi:10.1016/j.ecolmodel.
- Yapp, Graham, Joe Walker y Richard Thackway. 2010. «Linking vegetation type and condition to ecosystem goods and services». *Ecological Complexity* 7 (3): 292-301. 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». Conference: Computer and Computing Technologies in Agriculture. https://www.researchgate.net/publication/220828658_Simulating_Land_UseCover_Changes_of_Nenjiang_County_Based_on_CA-Markov_Model.
- Zevallos, José. 1964. «Reforma agraria y cambio estructural». *Ecuador debate*, 20: 23-68. <http://hdl.handle.net/10469/9964>.
- Zhiyuan, Ren, Zhang Yanfang y Li Jing. 2003. «The value of vegetation ecosystem services: A case of Qinling-Daba Mountains». *Journal of Geographical Sciences*, 13: 195-200. doi: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: 105048. doi:10.1016/j.landusepol.2020.105048.



**UNIVERSIDAD ANDINA
SIMÓN BOLÍVAR**
Ecuador

La Universidad Andina Simón Bolívar (UASB) es una institución académica creada para afrontar los desafíos del siglo XXI. Como centro de excelencia, se dedica a la investigación, la enseñanza y la prestación de servicios para la transmisión de conocimientos científicos y tecnológicos. Es un centro académico abierto a la cooperación internacional. Tiene como eje fundamental de trabajo la reflexión sobre América Andina, su historia, su cultura, su desarrollo científico y tecnológico, su proceso de integración y el papel de la subregión en Sudamérica, América Latina y el mundo.

La UASB fue creada en 1985. Es una institución de la Comunidad Andina (CAN). Como tal, forma parte del Sistema Andino de Integración. Además de su carácter de centro académico autónomo, goza del estatus de organismo de derecho público internacional. Tiene sedes académicas en Sucre (Bolivia) y Quito (Ecuador).

La UASB se estableció en Ecuador en 1992. En ese año, suscribió con el Ministerio de Relaciones Exteriores, en representación del Gobierno de Ecuador, un convenio que ratifica su carácter de organismo académico internacional. En 1997, el Congreso de la República del Ecuador la incorporó mediante ley al sistema de educación superior de Ecuador. Es la primera universidad en el país que logró, desde 2010, una acreditación internacional de calidad y excelencia.

La Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador (UASB-E), realiza actividades de docencia, investigación y vinculación con la colectividad de alcance nacional e internacional, dirigidas a la Comunidad Andina, América Latina y otros espacios del mundo. Para ello, se organiza en las áreas académicas de Ambiente y Sustentabilidad, Comunicación, Derecho, Educación, Estudios Sociales y Globales, Gestión, Letras y Estudios Culturales, Historia y Salud. Tiene también programas, cátedras y centros especializados en relaciones internacionales, integración y comercio, estudios latinoamericanos, estudios sobre democracia, derechos humanos, migraciones, medicinas tradicionales, gestión pública, dirección de empresas, economía y finanzas, patrimonio cultural, estudios interculturales, indígenas y afroecuatorianos.

ÚLTIMOS TÍTULOS DE LA SERIE MAGÍSTER

368	Susana Toral, <i>Justicia integral: Garantía para el ejercicio de los derechos constitucionales</i>
369	Fernando Guerra Coronel, <i>Conciencia y dignidad: Fundamento jurídico de los derechos de los animales</i>
370	Pablo Castillo, <i>Opiniones consultivas de la Corte IDH: ¿Utopía o mandato?</i>
371	Ramiro Urbina, <i>Necrocomicidad en Joker, Southpark y Jackass: Risas que pueden matar</i>
372	Sergio Arias, <i>Práctica judicial y delito en la provincia de Mariquita (1821-1830)</i>
373	Elisa Escobar, <i>Estrategias de comunicación y etnodesarrollo en San Andrés de Canoa</i>
374	Paola Vanessa Hidalgo, <i>La representación de lo diferente: El autismo en la narrativa mediática</i>
375	Alex Panizo, <i>Migración y educación pública: Inclusión de estudiantes venezolanos en Ecuador</i>
376	Alejandro Rodas O., <i>Beneficios de la acupuntura y acupuntura en la fase de cese del Tianguí</i>
377	Janneth Rangles, <i>Alteraciones de la energía del Espíritu-Shen: Estrés académico y proceso socioeconómico</i>
378	Jeanneth Albuja Echeverría, <i>Derechos humanos, mujeres y gestión de política pública local</i>
379	Vinicio Benalcázar, <i>Trazos en la mirada: El grafiti en la movilización popular de octubre de 2019</i>
380	Camilo Pinos Jaén, <i>Deconstrucción del habeas corpus en Ecuador: Análisis de su eficacia</i>
381	Daliseth Rojas-Rendón, <i>Emigración venezolana ante la crisis humanitaria, política y social</i>
382	Daniel Pabón, <i>Estudio histórico y espacial del uso del suelo en la microcuenca del río Tabacay</i>

El objetivo de este trabajo es estudiar las problemáticas de cambio del uso del suelo y concentración de la tierra en la microcuenca del río Tabacay, en la zona Sur de Ecuador. Esta investigación realiza una exploración histórica desde la perspectiva de la ecología política y espacial, con el uso de modelos geoespaciales. Como resultado del estudio espacial se pudo concluir que en las últimas décadas la cobertura vegetal y de bosque ha disminuido en área, frente al crecimiento de zonas de uso antrópico. Además, el análisis histórico permitió determinar que gran parte de la responsabilidad de la pérdida del páramo se ha atribuido a los campesinos que habitan las zonas altas, y se han desconocido los procesos de división y acaparamiento de la tierra generados como consecuencia de las políticas agrarias en Ecuador.

Daniel Pabón (Colombia, 1990) es ingeniero ambiental (2015) por la Universidad del Cauca y magíster en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo (2022) por la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. En los últimos años, ha trabajado en temas ambientales y de educación relacionados con comunidades en diferentes regiones de Colombia.



9789942641809

