

Revista Cubana de Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 10, número 1; 2022

Dinámica de cambio de uso de suelo del sector Guangras en el Parque Nacional Sangay, Ecuador

Dynamics of land use change in the Guangras sector of Sangay National Park, Ecuador

Dinâmica da mudança no uso do solo no setor de Guangras do Parque Nacional de Sangay, Equador

Héctor Barrero-Medel^{1*}  <https://orcid.org/0000-0003-4344-5600>

Daniel Adrián Vistín Guamantaqui²  <https://orcid.org/0000-0002-8313-9176>

Hernán Patricio Bastidas Pacheco³  <https://orcid.org/0000-0003-2878-9130>

Eduardo Antonio Muñoz Jácome⁴  <https://orcid.org/0000-0002-6870-3787>

Yensenia Zárate Procel  <https://orcid.org/0000-0003-0684-1700>

Damián Guerra Castellón¹  <https://orcid.org/0000-0002-4536-4938>

¹Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias. Pinar del Río, Cuba.

²Facultad de Recursos Naturales, Instituto de Investigaciones, Proyecto MARERUS, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.

³Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador.

⁴Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.

⁵Centro de Trabajo Centro de Producción Forestal San Andrés. CEPORFSA. Pinar del Río, Cuba

*Autor para la correspondencia: hbarrero@upr.edu.cu



Recibido: 03/07/2021.

Aprobado: 02/02/2022.

RESUMEN

Los estudios del cambio de uso del suelo son herramientas de gran importancia ya que evalúan la velocidad de la deforestación/reforestación, determinan su extensión geográfica y entienden cuáles son las causas sociales y económicas de los cambios, en las escalas global, regional y local. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar los cambios de uso del suelo del sector Guangras, en un área de 1 609,48 ha orientadas a la recuperación de servicios ecosistémicos y a la conservación de la biodiversidad en la zona Sur de la cordillera oriental de los Andes dentro del Parque Nacional Sangay. Se llevó a cabo un estudio espacio-temporal a través de imágenes satelitales, donde se realizó el pre-procesamiento y clasificación de imágenes Landsat, utilizando el software ArcGis 10.1 para determinar el cambio de uso de suelo, y el análisis de la matriz de transición. Como resultado de este estudio geoespacial se identificaron cinco usos de suelo páramo, cultivos agrícolas, bosque, pastizal y cuerpos de agua, así como una dinámica de cambio de 1991 a 2016, en relación al bosque, de disminución de un 2,47 %, del páramo 0,76 %, de los cuerpos de agua 0,28 %, mientras que el pastizal aumentó un 3,07 %, y los cultivos agrícolas en 1,88 %.

Palabras clave: Imágenes satelitales; Cobertura vegetal; Estudio espacio-temporal, degradación; Fragmentación.

ABSTRACT

Land use change studies are very important tools because they evaluate the speed of deforestation/reforestation, determine its geographic extension and comprehend the social and economic causes of the changes at global, regional and local scales. The objective of this work was to analyze land use changes in the Guangras sector, in an area of 1 609.48 ha focused on to the recovery of ecosystem services and biodiversity conservation in the southern zone of the eastern Andean Cordillera within Sangay National Park. A spatio-temporal study was carried out through satellite images, where Landsat images were pre-processed and classified using ArcGis 10.1 software to determine the change in land use and the analysis of the transition matrix. As a result of this geospatial study, five land uses were identified: moorland, agricultural crops, forest, grassland and water bodies, as well as a change dynamic from 1991 to 2016, in relation to the forest, a decrease of 2.47 %, of moorland 0.76 %, of water bodies 0.28 %, while grassland increased by 3.07 %, and agricultural crops by 1.88 %.

Keywords: Satellite images; Vegetation cover; Spatio-temporal study; Degradation; Fragmentation.

RESUMO

Os estudos de mudança do uso da terra são ferramentas muito importantes, pois avaliam a velocidade do desmatamento/reflorestamento, determinam sua extensão geográfica e compreendem as causas sociais e econômicas da mudança em escala global, regional e local. O objetivo deste estudo foi analisar as mudanças no uso da terra no setor de



Guangras, em uma área de 1.609,48 ha orientada para a recuperação dos serviços ecossistêmicos e a conservação da biodiversidade na zona sul da cordilheira dos Andes orientais dentro do Parque Nacional de Sangay. Foi realizado um estudo espaço-temporal utilizando imagens de satélite, pré-processamento e classificação de imagens Landsat, utilizando o software ArcGis 10.1 para determinar a mudança no uso do solo, e a análise da matriz de transição. Como resultado deste estudo geoespacial, foram identificados cinco usos do solo: páramo, culturas agrícolas, florestas, pastagens e corpos de água, assim como uma dinâmica de mudança de 1991 a 2016, em relação à floresta, uma diminuição de 2,47 %, do páramo 0,76 %, dos corpos de água 0,28 %, enquanto as pastagens aumentaram 3,07%, e as culturas agrícolas 1,88 %.

Palavras-chave: Imagens de satélite; Cobertura vegetal; Estudo espaço-temporal, degradação; Fragmentação.

INTRODUCCIÓN

Los estudios del cambio de uso del suelo son herramientas de gran importancia ya que evalúan la velocidad de la deforestación/reforestación, determinan su extensión geográfica y entienden cuáles son las causas sociales y económicas de los cambios, en las escalas global, regional y local (Ruiz, Savé y Herrera, 2014).

El uso de imágenes de satélite y la aplicación de ellas en estudios multitemporales utilizando SIG, han logrado cuantificar los cambios antrópicos ocurridos en un determinado espacio y en un periodo de tiempo definido, de ésta manera y gracias a este tipo de herramientas los cambios de uso de suelo y cobertura de suelo han tenido una mayor atención los últimos años; éste tipo de estudios aportan una valiosa información en la toma de decisiones de tipo ambiental y son de gran ayuda como herramientas para monitorear y cuantificar los cambios ocurridos en un área de interés con un periodo de tiempo establecido (Pimiento, 2019).

Esta temática ha cobrado interés en la actualidad destacándose los trabajos realizados por Escobar y Castillo, (2021) quienes analizan las trayectorias del cambio en la cobertura y usos del suelo en tres cuencas en la región del Soconusco, Chiapas, México durante un período de 25 años; Sandoval *et al.*, (2021) en una microcuenca de la Mixteca Alta Oaxaqueña, México durante el periodo de 1995 a 2016; Pérez *et al.*, (2021) en ecosistemas del municipio San Pablo Cuatro Venados, Zaachila, Oaxaca en el periodo de 1998 al año 2000.

Bonilla-Moheno *et al.*, (2012) señalan que las investigaciones sobre el cambio de cobertura y uso del suelo a nivel local proporcionan información puntual de los principales factores de esas modificaciones; además de, incorporar al análisis detalles de las actividades productivas en el ámbito familiar, así como en el contexto histórico y social.

Es por ello que, contando con un plan de manejo del Parque Nacional Sangay desactualizado, el cual data del año 1998, trae por consiguiente que no se conozcan los cambios que ha experimentado el área por las actividades antrópicas, las cuales han sido intensas según Vistín (2018) este trabajo se plantea como objetivo: analizar los cambios de uso del suelo del sector Guangras dentro del Parque Nacional Sangay (PNS).



MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en el bosque de la comunidad de Guangras en la Parroquia Achupallas dentro de la microcuenca del río Santiago, ubicado en la provincia de Chimborazo dentro de los límites del Parque Nacional Sangay, Ecuador, la cual limita al Norte con la microcuenca de Ozogoché, al Sur con la provincia de Azuay, al Este con la provincia de Morona Santiago, y al Oeste con la provincia de Cañar. Las coordenadas geográficas proyectadas UTM Zona 17S, DATUM WGS 84 son de Latitud Sur, 765693 de Longitud Este 9726656 (Figura 1).



Figura 1. - Ubicación del área de estudio

Para la clasificación de uso de suelo y los cambios ocurridos a través del periodo 1991-2016 fueron empleadas dos imágenes Landsat 5 para la imagen de 1991 y Landsat 8 para la imagen de 2016 obtenidas durante la estación seca con una cobertura de nubosidad del 10 % (path/row: 10/62), técnicas de percepción remota, y el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Donde se determinó los siguientes usos de suelo: bosque, cuerpos de agua, cultivos, pastizal, plantaciones y páramos en las fechas enero de 1991 y noviembre del 2016.

Las imágenes de satélite de las fechas seleccionadas se obtuvieron del portal de Internet del Servicio Geológico de los Estados Unidos (United States Geological Survey USGS). Se seleccionaron las fechas anteriores por la escasez de imágenes sin cobertura de nubosidad, problema recurrente en la zona de estudio. Las imágenes fueron georreferenciadas usando coordenadas en la proyección cartográfica Universal Transversal de Mercator (WGS 84 Zona 17S), para su integración dentro del entorno SIG. Con una resolución espacial (30x30m).

Este proceso se llevó a cabo en el SIG ArcGis 10.1 una vez que las imágenes tuvieron la misma georreferencia, se procedió entonces a las correcciones radiométricas que implica la restauración de líneas o píxeles perdidos, mediante Surface Reflectance, combinación de bandas, corrección atmosférica que se efectuó con modelos matemáticos que integran el valor registrado de niveles de gris con los valores reales existentes del objeto sobre el terreno (proceso de calibración) mediante LEDAPS (software nasa), y corrección geométrica que modifica la geometría de los píxeles ajustándolos a un sistema



geométrico, proceso que se realizó mediante imágenes georreferenciadas 17S UTM Datum WGS 84.

Las correcciones radiométricas son fundamentales para una adecuada interpretación de las imágenes satelitales, ya que los contrastes en la iluminación y la geometría deben ser minimizados en estudios multitemporales mediante el uso de valores constantes o coeficientes de corrección de factores tales como la distancia entre la Tierra y el Sol (Alexakis *et al.*, 2014).

La corrección consistió en la utilización de ecuaciones estándar para convertir números digitales (ND) a unidades de radiancia y reflectancia percibida por el sensor del satélite. Las ecuaciones y los datos de calibración fueron obtenidos de Chander *et al.*, (2009). Después de la conversión a radiancia, cada imagen fue convertida a reflectancia superficial considerando la corrección atmosférica.

Una alternativa para determinar la influencia atmosférica y reducir sus efectos dentro del proceso de calibración fue mediante la propia información de la imagen, para lo cual se empleó el método de substracción del objeto oscuro (DOS) propuesto por Chavez (1996).

El procedimiento se realizó mediante una clasificación supervisada, utilizando el clasificador de máxima verosimilitud, ya que es uno de los algoritmos más comúnmente utilizados en percepción remota y es considerado como uno de los procedimientos de discriminación más eficientes donde se estableció en la imagen campos de entrenamiento representativos de cada categoría de cobertura vegetal y uso de suelo, con base en los cuales se caracterizó estadísticamente cada categoría. Posteriormente, se evaluó una función de probabilidad multidimensional completa, en la que cada píxel es asignado a la clase de mayor probabilidad de pertenencia (Eastman, 2010). Es importante notar que este enfoque se basa únicamente en la información espectral de la imagen y no considera elementos como textura, forma y disposición de objetos (Berlanga *et al.*, 2010).

Para el análisis de la cobertura vegetal, en el 2016 el procedimiento involucró la selección de áreas de entrenamiento, donde se delimitan áreas representativas de las distintas categorías; posteriormente, se calculó los parámetros que caracterizan la distribución de los datos espectrales de las áreas definidas como muestras, se hizo el análisis de las áreas y finalmente la clasificación para obtener en forma de polígonos las superficies de las diferentes categorías. A partir de la corrección radiométrica, geométrica y atmosférica de la imagen de satélite Landsat 8 del 2016 y su posterior clasificación supervisada con el algoritmo de máxima verosimilitud, se generó el mapa de uso de suelo.



RESULTADOS

Cuando se aplicó el módulo de clasificación supervisada para el análisis de cada uso de suelo o cubierta vegetal se generaron nuevas capas, cada una según el valor de radiancia de los píxeles (Figura 2).

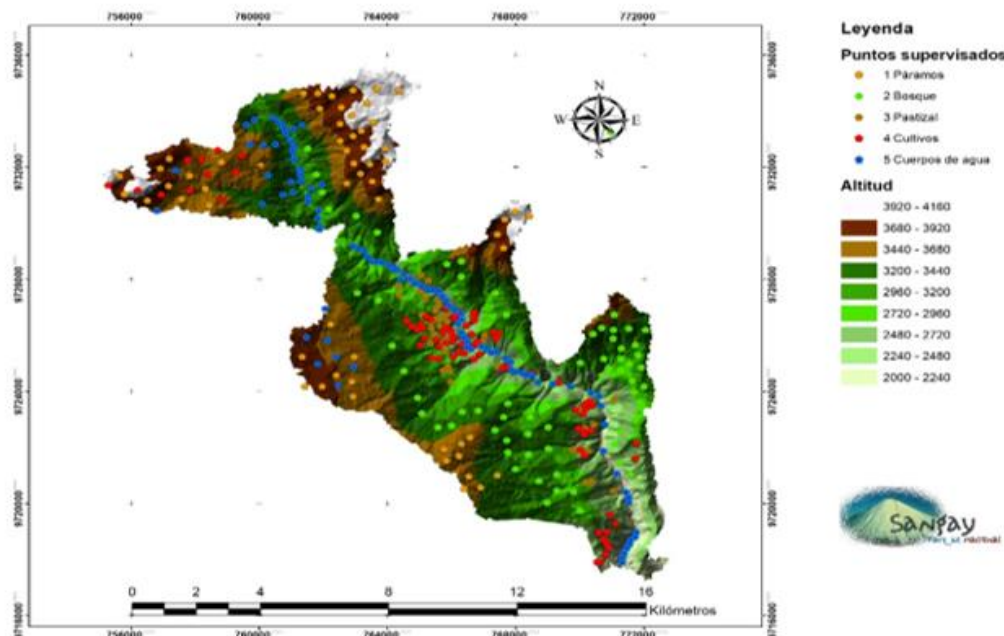


Figura 2. - Clasificación supervisada de los usos de suelo

Posteriormente, con la utilización de la herramienta (Spatial Analyst tools) (Multivariate) (Maximum Likelihood) del Arc Gis 10.1, y la combinación de bandas cuatro, tres, dos para color natural, cinco, cuatro, tres para infrarrojo, cinco, seis, dos para vegetación saludable además de la banda número ocho pancromática logró una mejor resolución (15 m) pudiendo determinar la pérdida de cobertura vegetal (Figura 3).



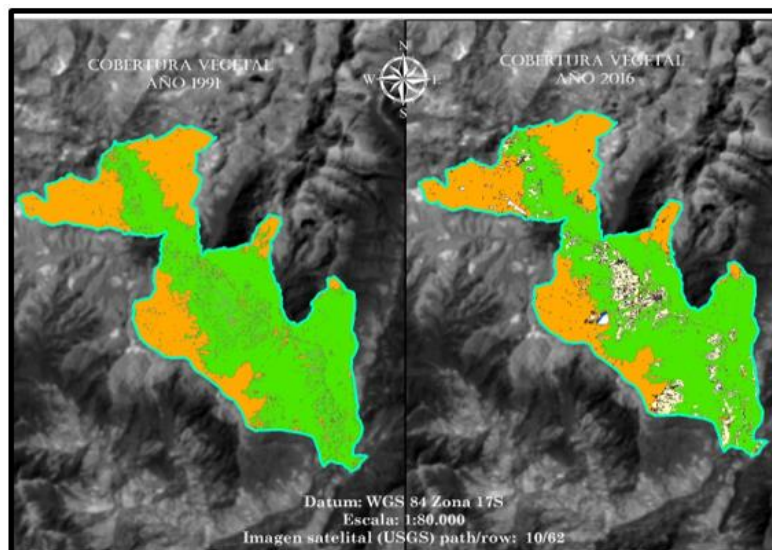


Figura 3. - Geoprocesamiento de imágenes ASTER de 1991 y 2016

Las imágenes del año 1991 corresponden a recortes suministrados por la USGS. Dichos recortes hacen parte del área significativa para el estudio de cambio en la cobertura vegetal en la microcuenca del río Santiago, PNS.

A partir de la corrección radiométrica, geométrica y atmosférica de las imágenes del satélite Landsat 5 de 1991 y su posterior clasificación supervisada con el algoritmo de máxima verosimilitud, se genera el mapa de uso de suelo, dando como resultado cinco usos y coberturas de suelo (páramo, cultivo, bosque, pastizal y cuerpos de agua) de manera cuantitativa los siguientes valores de uso de suelo: zona de páramo 4 146,06 ha que representan el 35,28 %, cultivos 1 990,17 ha el 16,93 %, bosque 4 332,89 ha con el 36,87 %, pastizal 1 251,83 ha el 10,65 %, cuerpos de agua 32,40 ha con el 0,28 %, con un total del área de estudio de 11 753,35 ha.

El análisis de la cobertura vegetal en el 2016 dio como resultado los mismos cinco usos y coberturas de suelo que en el análisis de 1991 de manera cuantitativa los siguientes valores de usos de suelo: zona de páramo 3 431,14 ha que representan el 29,19 %, cultivos 3 200,53 ha el 27,23 %, bosque 2 355,95 ha con el 20,04 %, pastizal 2 735,53 ha el 23,27 %, cuerpos de agua 30,20 ha con el 0,26 %, con un total del área de estudio de 11 753,35 ha.

Cambio de cobertura de suelo

En la Figura 4, se muestran los cambios de uso del suelo del área de estudio, en 1991 el área boscosa tenía una superficie de 4 332,89 ha sin embargo, para el 2016 esté disminuyó a 1 976,94 ha con una tasa de deforestación del 2,47 %, de igual manera el área de páramo tenía una superficie de 4 146,06 ha reduciéndose para el 2016 en 714 ha con una tasa de pérdida de 0,76 % los cuerpos de agua contaban con un área de 32,4 ha la cual disminuyó en 2,2 ha así la tasa de cambio fue de 0,28 %, mientras tanto para pastizales el área inicial era de 1 251,83 ha la cual aumentó en un 3,07 %, de igual manera el área de cultivos se registró 1 990,17 ha aumentado en 1,88 % (Figura 4).



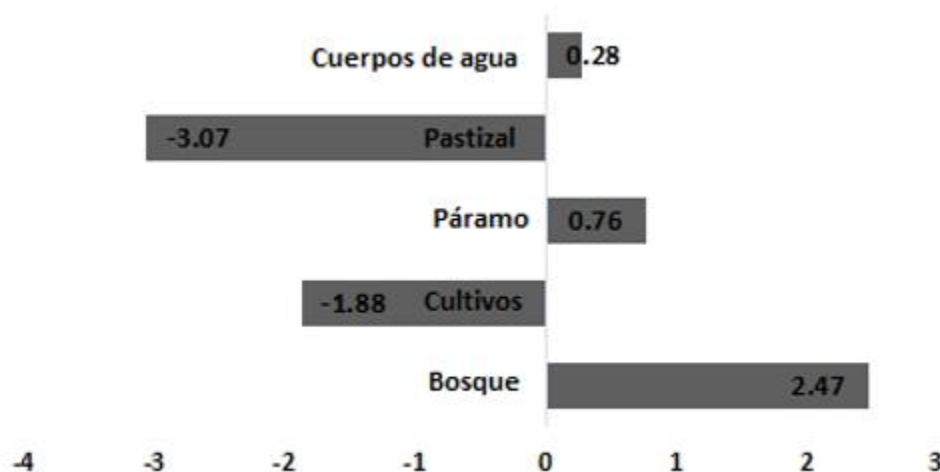


Figura 4. - Cambio de uso de suelo en el período 1991 2016

Para el análisis de los patrones de cambio de uso de suelo se generó una matriz de evolución en superficie y porcentaje donde se explica claramente los cambios ocurridos en cada categoría en un lapso de 25 años (Tabla 1).

Entre 1991 y 2016, se ha perdido 1 976,94 ha de zonas de bosque, 714,92 ha de páramo, 2,2 ha de cuerpos de agua (Tabla 1), por lo tanto, se representa con valores negativos indicando que estas tres categorías fueron perdiendo área paulatinamente en 25 años.

Mientras que 1 210,36 ha pertenecientes a cultivos y 1 483,7 ha de pastizales representan sitios que, presuntamente, pudieran haber contribuido al avance de la frontera agrícola mientras que las zonas de pasto han venido aumentando debido a la implementación de crianza de ganado.

Pudiera especularse que, por las causas anteriores, esta zona boscosa se haya fragmentado y degradado a lo largo de estos 25 años, a esto hay que sumarle las actividades de roza, tumba y quema por parte de los moradores del sitio, ocasionando con esta actividad una pérdida, no solo de las especies vegetales, sino también de toda la diversidad del bosque a pesar de encontrarse dentro de una zona protegida.

Tabla 1. - Evolución del uso de suelo en superficie y porcentaje entre 1991 y 2016

Nº	Categorías	1991 (ha)	%	2016 (ha)	%	Cambio de la superficie (ha)
1	bosque	4 332,89	36,87	2 355,95	20,04	-1 976,94
2	cultivo	1 990,17	16,93	3 200,53	27,23	1210,36
3	páramo	4 146,06	35,28	3 431,14	29,19	-714,92
4	pastizal	1 251,83	10,65	2 735,53	23,27	1 483,70
5	cuerpo de agua	32,40	0,28	30,20	0,26	-2,20
	Total	11 753,35	100	11 753,35	100	



La dinámica del cambio de uso de suelo se presenta en la Tabla 2.

La sumatoria de los valores de persistencia (indicados en la diagonal) establece que un total de 9 059,29 ha mantuvieron su categoría de ocupación lo que representa el 77,08 % del total de la superficie del bosque de la comunidad de Guangras.

Los resultados de ganancias y pérdidas indican notables pérdidas de 1 689,65 ha de bosque y una ínfima ganancia de apenas un 0,35 ha, los cultivos tuvieron una pérdida de 2,3 ha y una ganancia de 1 403,44 ha, la pérdida de páramos fue de 788,67 ha con una ganancia de 3,35 ha, los pastizales tuvieron 213,24 ha de pérdida y 1 286,92 ha de ganancia y los cuerpos de agua perdieron 0,2 ha con una ganancia de cero (Tabla 2).

Tabla 2.- Matriz de transición por tabulación cruzada usos del suelo de 1991 y 2016

Estables (9059,29)	bosque	cultivo	páramo	pastizal	cuerpo de agua	Total (1991)	Pérdidas	Cambio total
bosque	2 355,95	723,14	0,36	966,15	0	4 045,60	1 689,65	1 690,00
cultivo	0	1 990,17	2,30	0	0	1 992,47	2,30	1 405,74
páramo	0	468,10	3 431,14	320,57	0	4 219,81	788,67	792,02
pastizal	0,35	212,20	0,69	1 251,83	0	1 465,07	213,24	1 500,16
cuerpos de agua	0	0	0	0,20	30,20	30,40	0,20	0,20
Total (2016)	2 356,30	3 393,61	3 434,49	2 538,75	30,20	11 753,35		
Ganancias	0,35	1 403,44	3,35	1 286,92	0			

El resultado del presente estudio ofrece una caracterización del cambio de uso de suelo en la microcuenca del río Santiago durante el período 1991-2016, mediante el uso del procedimiento de máxima verosimilitud (Figura 5).

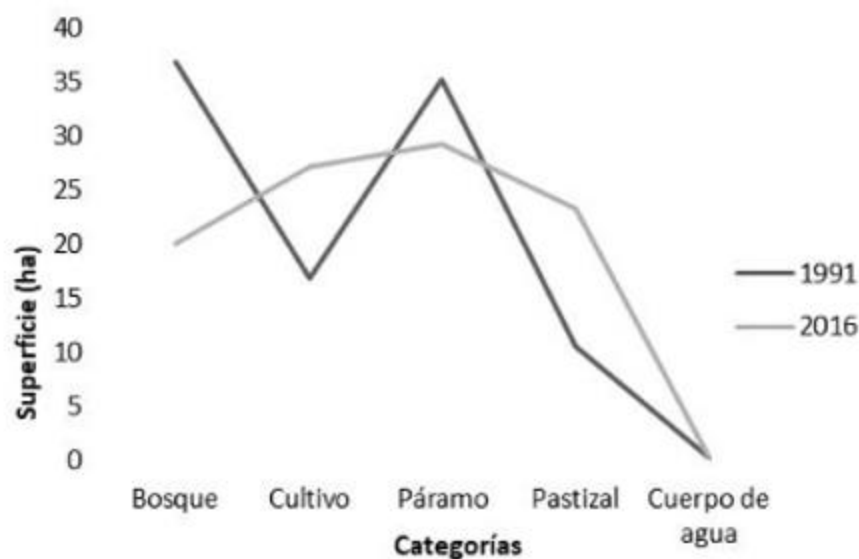


Figura 5. - Dinámica de cambio de uso de suelo entre 1991-2016



Los cambios de superficie más representativos son el bosque ya que ha perdido un 16,83 % mientras que los cultivos aumentaron en un 10,3 %, en cambio la zona de páramo se ha perdido un 6,09 %, no obstante, la zona de pastizal aumentó en área un 12,62 %, y los cuerpos de agua disminuyeron un 0,02 %.

Entre 1991 y 2016 se perdieron más de 2 694,35 ha de vegetación natural. La situación es especialmente crítica en el caso de los bosques, que aportan el 36,87 % del área total. Los terrenos dedicados a la ganadería (pastizales) aumentaron su superficie en 1 483,7 ha debido a la expansión de áreas agrícolas y la ganadería.

DISCUSIÓN

La evaluación de la confiabilidad temática en los cinco usos de suelo: bosque, cultivo, páramo, pastizal, cuerpo de agua, se concuerda con los obtenidos por (Champo, Valderrama y España 2012; Pimiento, 2019; Camacho, Jara y González, 2022).

En relación a los cambios de usos de suelo se concuerda con Damian *et al.*, (2018) en la microcuenca del río Jubal (MCJ), Suroeste del Parque Nacional Sangay, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo, donde el análisis de cambios de cobertura y uso del suelo arrojó en de 1991 a 2011 hubo una disminución de la superficie de páramo y un aumento de áreas de cultivo y pastizales resultados atribuidos a un aumento de la producción ganadera y la agrícola. De hecho, estas son las actividades de subsistencia más importantes en la parte Este de la microcuenca.

También se coincide con los resultados reportados por Cargua *et al.*, 2018 en bosque de Ceja Andina en el sur occidental del PNS donde hubo del año 2001 al 2014 disminución del bosque de 18 888,72 ha, con una pérdida de 1 931,60 ha como consecuencia según al aprovechamiento del bosque para luego usar los terrenos en la agricultura.

Los cambios de uso del suelo que se presentan en el área según Vistin (2018) son como consecuencia de que las comunidades indígenas han cambiado su economía, realizando actividades como la ganadería, el cultivo de *Solanum quitoense* Lam y la explotación de madera mediante prácticas inadecuadas deteriorando los recursos naturales y el medio ambiente del interior y de la zona de amortiguación del PNS.

Las comunidades de la zona alta del Parque son en su mayor parte, indígenas quichuas de asentamiento tradicional que han obtenido sus tierras por medio del reconocimiento de territorios comunales realizado por parte del extinto Instituto Ecuatoriano de Reforma Agraria y Colonización. El tiempo de asentamiento, la tierra disponible y las presiones del mercado interno son las causas para que su principal forma de trabajo haya sido la tumba del bosque, extendiendo la frontera agropecuaria mediante la introducción de cultivos y ganado mayor.

Las comunidades campesinas se orientan a una producción básica de subsistencia combinada con unos pocos cultivos para comercialización en el mercado interno. Dichas comunidades también han sido desplazadas a tierras no aptas para usos agrícolas y pecuarios dando lugar a un progresivo agotamiento del recurso que reduce substancialmente los rendimientos y desencadena procesos erosivos, estos fenómenos van en contra de los fines conservacionistas del Parque. El pastoreo es una actividad que se ha intensificado en esta última década especialmente en los páramos. Por las



condiciones climáticas y especialmente por las frecuentes heladas la agricultura no se practica en altitudes a 3.400 m. Por esta razón, todas las familias se dedican a la crianza del ganado principalmente ovino (Gómez *et al.*, 1998).

Downer (1996) afirma que de 1991-1993 en el sector de Culebrillas (incluyendo áreas del interior del parque) había entre 300 a 1.000 cabezas de ganado vacuno, que causan varios problemas incluyendo la erosión del suelo. La dinámica de cambio es desencadenada y controlada también por factores demográficos y las consecuentes actividades productivas; la mayoría de la población que se asienta en los alrededores del parque tiene como principal ocupación la actividad agropecuaria: 33,9 % en Pondoá, 50 % de los hombres de Osogoché, 43.6 % en San Vicente y 54 % en Colonia Tarquí. Pese a que las mujeres se consideran dedicadas a los quehaceres domésticos, se tiene referencia que también de parte de ellas existe una gran contribución y participación en labores agrícolas y de pastoreo de animales Parque (Gómez *et al.*, (1998).

El estado de conservación del recurso bosque presenta fragmentos de hábitat natural bajo una fuerte presión como producto de factores antropogénicos (MARENA, 2004). La fragmentación del bosque nativo se da por el reemplazo de grandes áreas por otros ecosistemas, dejando parches (o islas) separados del bosque y entre sí Dzieszko (2014). En el área, esto se evidencia en los diferentes tamaños y formas de los fragmentos que reflejan las diferentes coberturas paisajísticas. El grado de intervención del área da lugar a una fragmentación excesiva del bosque.

Las modificaciones humanas son las más determinantes en la fragmentación de los ecosistemas, acelerando la pérdida de hábitat y la reducción de la diversidad biológica. El paso de bosque nativo a áreas de pastizales y agrícolas en el área, hace que el paisaje se encuentre más fragmentado y el efecto de borde sea más abrupto (Ruiz, Savé y Herrera 2013).

Los resultados vienen a corroborar estimaciones sobre la proporción de superficies de ciertas coberturas y sus cambios, expuestas en otros trabajos de investigación dentro de la microcuenca del río Blanco, Cayambe, Ecuador tal es el caso del trabajo de Valencia (2014), quien determinó que el 19 % del bosque ha sido convertido a pastizales, mientras que en este estudio el resultado fue de 20,04 %. También existió coincidencia con los resultados de Lozano, Delgado y Aguirre (2003), quienes determinaron que las principales causas de deforestación en Bosques Montanos ubicadas en el Parque Nacional Podocarpus han sido provocadas por el crecimiento de la actividad agropecuaria a costa de la cobertura vegetal existente.

Así se coincide también con la pérdida de cobertura vegetal de otros estudios espacio temporales como son los reportados por Nájera *et al.*, (2010) de 1995 y 2005, en el estado de Nayarit, México, por Hernández *et al.*, (2015) de 1995 y 2008 en la costa de Tabasco, México, por Fragosó (2017) de 2003 a 2014 en el municipio Acaxochitlán, del estado de Hidalgo, México, Sepúlveda, Saavedra y Esse (2019) en una subcuenca hidrográfica, de la región de La Araucanía, Chile, de 1994-2007, así como en áreas protegidas como los reportados por Ruiz, Save y Herrera (2014) en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotenté, Nicaragua de 1993-2011.



CONCLUSIONES

El uso y cobertura del suelo en la microcuenca del Santiago cambiaron considerablemente de 1991 al 2016, el bosque, páramo, y cuerpos de agua exhibieron una reducción del área debido a la actividad antropogénica de 2,47 %, 0,76 %, 0,28 % respectivamente. La principal fuerza impulsora de los cambios de uso y cobertura en la microcuenca del río Santiago son la ganadería y la agricultura. Los resultados de este trabajo son de utilidad para futuros planes de ordenamiento territorial y en la planeación de estrategias para la conservación de los recursos naturales de la microcuenca del río Santiago perteneciente al Parque Nacional Sangay.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXAKIS, D.D., AGAPIOU, A., HADJIMITSIS, D.G. y RETALIS, A., 2012. Optimizing statistical classification accuracy of satellite remotely sensed imagery for supporting fast flood hydrological analysis. *Acta Geophysica* [en línea], vol. 60, no. 3, pp. 959-984. [Consulta: 3 febrero 2022]. ISSN 1895-7455. DOI 10.2478/s11600-012-0025-9. Disponible en: <https://doi.org/10.2478/s11600-012-0025-9>.
- BERLANGA ROBLES, C.A., GARCÍA CAMPOS, R.R., LÓPEZ BLANCO, J. y RUIZ LUNA, A., 2010. Patrones de cambio de coberturas y usos del suelo en la región costa norte de Nayarit (1973-2000). *Investigaciones geográficas* [en línea], no. 72, pp. 7-22. [Consulta: 3 febrero 2022]. ISSN 0188-4611. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-46112010000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- BONILLA-MOHENO, M., AIDE, T.M. y CLARK, M.L., 2012. The influence of socioeconomic, environmental, and demographic factors on municipality-scale land-cover change in Mexico. *Regional Environmental Change* [en línea], vol. 12, no. 3, pp. 543-557. [Consulta: 3 febrero 2022]. ISSN 1436-378X. DOI 10.1007/s10113-011-0268-z. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10113-011-0268-z>.
- CAMACHO-LÓPEZ, C.O., JARA-FRANCO, N.E. y GONZÁLEZ-RIVADENEIRA, J.L., 2022. Análisis multitemporal de la deforestación y cambio de la cobertura del suelo en Morona Santiago. *Polo del Conocimiento* [en línea], vol. 7, no. 1, pp. 797. [Consulta: 3 febrero 2022]. ISSN 2550-682X. DOI 10.23857/pc.v7i1.3511. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3511>.
- ESCOBAR FLORES, ROSA ELENA y CASTILLO SANTIAGO, MIGUEL ÁNGEL. Cambios en la cobertura y uso del suelo en la región del Soconusco, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias forestales* [en línea], 2021. vol. 12, no. 66, pp. 46-69. [Consulta: 3 febrero 2022]. ISSN 2007-1132. DOI 10.29298/rmcf.v12i66.755. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11322021000400046&lng=es&tlng=es&nrm=iso.



- CARGUA, F.E., RODRÍGUEZ, M.V., ROMERO, B. y SANTILLÁN, P., 2018. Evaluación del estado de conservación del bosque de ceja andina sur occidental del Parque Nacional Sangay (Ecuador), para una mejor gestión del recurso forestal. *Revista espacios* [en línea], vol. 39, no. 45, pp. 29-41. [Consulta: 3 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluaci%C3%B3n-del-estado-de-conservaci%C3%B3n-del-bosque-de-Cargua-Rodr%C3%ADguez/4fb4e936b2df5787adfeecede3045a456fce2ef>.
- CHAMPO-JIMÉNEZ, O., VALDERRAMA-LANDEROS, L. y ESPAÑA-BOQUERA, M.L., 2012. Pérdida de cobertura forestal en la reserva de la biosfera Mariposa Monarca, Michoacán, México (2006-2010). *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* [en línea], vol. 18, no. 2, pp. 143-157. [Consulta: 3 febrero 2022]. ISSN 2007-4018. DOI 10.5154/r.rchscfa.2010.09.074. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-40182012000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- CHAVEZ, J., Pat, 1996. Image-Based Atmospheric Corrections - Revisited and Improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* [en línea], vol. 62, pp. 1025-1036. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/236769129_Image-Based_Atmospheric_Corrections_-_Revisited_and_Improved.
- DAMIAN, D.A., MÁRQUEZ, C.O., GARCÍA, V.J., RODRÍGUEZ, M.V. y RECALDE, C.G., 2018. Transiciones sistemáticas en el uso y la cobertura del suelo en una microcuenca alto andina, Ecuador 1991-2011. *Revista Espacios* [en línea], vol. 39, no. 32. [Consulta: 3 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Transiciones-sistem%C3%A1ticas-en-el-uso-y-la-cobertura-Damian-M%C3%A1rquez/bd57211ce31ee6a9c848e4da9739e2b1beb6a0bf>.
- DZIESZKO, P., 2014. Land-cover modelling using corine land cover data and multi-layer perceptron. *Quaestiones Geographicae* [en línea], vol. 33, no. 1. DOI 10.2478/quageo-2014-0004. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/272537119_Land-cover_modelling_using_corine_land_cover_data_and_multi-layer_perceptron.
- LOZANO, P., DELGADO, T. y AGUIRRE, Z., 2003. *Estado actual de la flora endémica exclusiva y su distribución en el occidente del Parque Nacional Podocarpus* [en línea]. Loja: Fundación ecuatoriana para la Investigación y Desarrollo de la Botánica. ISBN 978-9978-09-027-5. Disponible en: http://biblioteca.udet.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1130&shelfbrowse_itemnumber=1266.581.9866/L925
- MARENA, 2004. *Plan De Manejo Del Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotenté*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Managua. 2004. S.l.: MARENA.
- NÁJERA-GONZÁLEZ, O., BOJÓRQUEZ-SERRANO, J.I., CIFUENTES-LEMUS, J.L. y MARCELEÑO-FLORES, S., 2010. Cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Mololoa, Nayarit. *Revista Bio Ciencias* [en línea], vol. 1, no. 1. [Consulta: 3 febrero 2022]. ISSN 2007-3380. DOI 10.15741/revbio.01.01.03. Disponible en: <http://revista.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/8>.



- ORTEGA, J.G., ÁLVAREZ, V. y RIVADENEIRA, D., 1998. *Plan de manejo estratégico del Parque Nacional Sangay* [en línea]. S.l.: Ecuador. Dirección Nacional de Areas Naturales y Vida Silvestre, Instituto Ecuatoriano Forestal y de Areas Naturales y Vida Silvestre. Disponible en: https://books.google.com/cu/books/about/Plan_de_manejo_estrat%C3%A9gico_del_Parque_N.html?id=1qvOPgAACAAJ&redir_esc=y.
- PÉREZ HERNÁNDEZ, M.J., HERNÁNDEZ ACOSTA, E., SÁNCHEZ JIMÉNEZ, R., GONZÁLEZ GERVACIO, C., MADRIGAL REYES, S., PÉREZ HERNÁNDEZ, M.J., HERNÁNDEZ ACOSTA, E., SÁNCHEZ JIMÉNEZ, R., GONZÁLEZ GERVACIO, C. y MADRIGAL REYES, S., 2021. Dinámica de cambios de uso de suelo y vegetación por actividades antropogénicas en Zaachila, Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias forestales* [en línea], vol. 12, no. 66, pp. 26-45. [Consulta: 3 febrero 2022]. ISSN 2007-1132. DOI 10.29298/rmcf.v12i66.894. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11322021000400026&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- RUIZ, V., SAVÉ, R. y HERRERA, A., 2013. Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993-2011. En: Accepted: 2014-01-10T11:07:50Z, *Revista Científica de FAREM-Estelí. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano* [en línea], vol. 11, no. 3. [Consulta: 3 febrero 2022]. ISSN 1697-2473. DOI 10.7818/ECOS.2013.22-3.16. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/34856>.
- SANDOVAL-GARCÍA, R., GONZÁLEZ CUBAS, R., JIMÉNEZ PÉREZ, J., SANDOVAL-GARCÍA, R., GONZÁLEZ CUBAS, R. y JIMÉNEZ PÉREZ, J., 2021. Análisis multitemporal del cambio en la cobertura del suelo en la Mixteca Alta Oaxaqueña. *Revista mexicana de ciencias forestales* [en línea], vol. 12, no. 66, pp. 96-121. [Consulta: 3 febrero 2022]. ISSN 2007-1132. DOI 10.29298/rmcf.v12i66.816. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11322021000400096&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- SEPÚLVEDA-VARAS, A., SAAVEDRA-BRIONES, P., ESSE, C., SEPÚLVEDA-VARAS, A., SAAVEDRA-BRIONES, P. y ESSE, C., 2019. Análisis de cambio de cobertura y uso de suelo en una subcuenca preandina chilena. Herramienta para la sustentabilidad productiva de un territorio. *Revista de geografía Norte Grande* [en línea], no. 72, pp. 9-25. [Consulta: 3 febrero 2022]. ISSN 0718-3402. DOI 10.4067/S0718-34022019000100009. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-34022019000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

Conflictos de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Héctor Barrero-Medel: Concepción de la idea, recopilación de la información resultado de los instrumentos aplicados, análisis estadístico, redacción del original (primera versión), revisión y versión final del artículo, corrección del artículo, coordinador de la autoría.



Daniel Adrian Vistín Guamantaquí: Confección de instrumentos, aplicación de instrumentos.

Hernán Patricio Bastidas Pacheco: Asesoramiento general por la temática abordada.

Eduardo Antonio Muñoz Jácome: Confección de base de datos, revisión y versión final del artículo.

Yensenia Zárate Procel: Corrección del artículo, revisión de la aplicación de la norma bibliográfica aplicada.

Damian Guerra Castellón: Búsqueda y revisión de literatura, confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, traducción de términos o información obtenida.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.
Copyright (c) 2022 Héctor Barrero-Medel, Daniel Adrian Vistín Guamantaquí, Hernán Patricio Bastidas Pacheco, Eduardo Antonio Muñoz Jácome, Yensenia Zárate Procel, Damian Guerra Castellón

