

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

<https://doi.org/10.35381/a.g.v6i10.3579>

Pérdida de cobertura vegetal y los cambios de uso del suelo en la Amazonia ecuatoriana

Loss of vegetation cover and changes in land use in the Ecuadorian amazon

Mayra Carolina Heras-Heras

mheras@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-1264-5829>

Joana Alexandra Moreno-López

ja.moreno@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza
Ecuador

<https://orcid.org/0009-0008-4427-670X>

Deisy Valeria Quevedo-Amay

dvquevedo@puce.edu.ec

Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Pichincha
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-3782-6354>

Santiago Homero Cuichan-Paucar

sh.cuichanp@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-0572-9880>

Recibido: 15 de septiembre 2023

Revisado: 10 de noviembre 2023

Aprobado: 15 de diciembre 2023

Publicado: 01 de enero 2024

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

RESUMEN

El propósito de este estudio es analizar la pérdida de cobertura vegetal y los cambios en el uso del suelo durante el período 2001-2020. Metodológicamente la investigación fue de tipo documental, se obtuvo información de las bases de datos SciELO, difusión de alertas en la red Dialnet entre otros. Los resultados evidenciaron que las ganancias y pérdidas de superficie original, para la categoría de bosque denso se demostró mayores pérdidas para el año 2020, a diferencia de las ganancias, gran parte de las pérdidas de bosque se dieron para usos agrícolas y ganaderos. En conclusión, la frontera de pastos y cultivos se incrementaron para el año 2020; se prevé que esta tendencia de cambio continuará hasta el 2040, en mayor proporción para la categoría de pastos y cultivos, esto representa que existirán problemas de biodiversidad de servicios ambientales y sociales, debido a que no se han formulado políticas claras.

Descriptores: Perdida de suelo; vegetación; ganancia; bosque; agricultura. (Tesauro AGROVOC).

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the loss of vegetation cover and changes in land use during the period 2001-2020. Methodologically, the research was documentary in nature, information was obtained from the SciELO databases, dissemination of alerts on the Dialnet network, among others. The results showed that the gains and losses of original surface area, for the dense forest category, greater losses were demonstrated for the year 2020, unlike the gains, a large part of the forest losses were for agricultural and livestock uses. In conclusion, the border of pastures and crops increased by 2020; It is expected that this trend of change will continue until 2040, in greater proportion for the category of pastures and crops, this represents that there will be biodiversity problems of environmental and social services, because no clear policies have been formulated.

Descriptors: Soil loss; vegetation; revenue; forest; agriculture. (AGROVOC Thesaurus).

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la superficie de bosque nativo en la Amazonía ecuatoriana se ha ido reduciendo paulatinamente y la biodiversidad se ha visto perturbada debido al desarrollo vegetal insostenible (Jaramillo y Antunes, 2018). La llegada de la industria petrolera ha provocado cambios significativos en la superficie de la Amazonía ecuatoriana. Porque facilita la creación de caminos de acceso, el tendido de oleoductos, la construcción de campamentos e infraestructura, provocando la pérdida de bosques primarios (Llerena Montoya et al., 2021).

El Ministerio del Ambiente de Ecuador (2018) determinó que la superficie de deforestación en la provincia de Orellana ascendió aproximadamente a 7.175 hectáreas anuales entre 2014 y 2016, y miles de hectáreas de bosque han sido convertidas en áreas deforestadas y cultivos permanentes como la palma africana. Poma (2020) confirmó en su trabajo de investigación que las áreas de suelo afectadas no son aptas para la agricultura, pero sí para actividades ganaderas. Asimismo, la producción ganadera extensiva sin sistemas silvopastoriles incide en la degradación del suelo y pérdida de fertilidad (González y Pérez, 2018).

El territorio del cantón contiene áreas protegidas, zonas intangibles y zonas de amortiguamiento que son importantes para la conservación de la diversidad biológica (Quezada y Sevilla, 2021). Por lo tanto, es crucial evaluar las causas y los impactos negativos de las actividades humanas en la economía, la sociedad y el medio ambiente. Según Bonilla Bedoya et al. (2017), el monitoreo es valioso para evaluar la gestión de la tierra y estudiar los impactos del desmonte de la vegetación, el uso eficiente de la tierra y la resiliencia del paisaje.

El propósito de este estudio es analizar la pérdida de cobertura vegetal y los cambios en el uso del suelo durante el período 2001-2020; interpretados a través de sensores remotos utilizando un modelo prospectivo hasta 2040. Los resultados del análisis proporcionan una base analítica para el desarrollo de estándares de manejo forestal sostenible, evaluación de políticas forestales, asignación efectiva de tierras y toma de decisiones por parte de las entidades municipales. De esta manera, ayudará a alcanzar objetivos de desarrollo sostenible mediante la protección de los ecosistemas

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

y la prestación de servicios ambientales (Mogrovejo, 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica el cantón de Francisco de Orellana, provincia de Orellana, y abarca una superficie de 7.047 km² (704.755 ha) con una altitud que oscila entre 100 y 720 m sobre el nivel del mar. La provincia cuenta con cuatro cantones: Puerto Francisco de Orellana, La Joya de los Sachas, Aguarico y Loreto. Según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2010), el crecimiento poblacional del estado en 2010 fue de 72,795 habitantes frente a 42,010 habitantes en 2001, con una densidad poblacional de 10 hab/km².

Dentro de la provincia encontramos áreas protegidas como: Parque Nacional Sumaco-Napo Galeras con 5 508,52 hectáreas, Parque Nacional Yasuní con 168 022,02 hectáreas, Reserva Biológica Limoncocha con 442,42 hectáreas. Además, encontramos áreas naturales como: Bosque y Vegetación Protectora Estación Científica Payamino, parte de la Reserva de Biosfera Sumaco, zonas intangibles Tagaeri-Taromenane y zonas de amortiguamiento (Quezada y Sevilla, 2021). Este trabajo incluyó un diseño exploratorio utilizando literatura cualitativa. Este tipo de estudios permiten un análisis más detallado de la identificación de variables y determinación de cambios en la cobertura y uso del suelo durante un período específico.

Metodológicamente la investigación fue de tipo documental, para el desarrollo de la investigación, se obtuvo información a partir de las siguientes bases de datos: Scientific Electronic Library Online [Scielo] (FAPESP-BIREME; Brasil), Difusión de Alertas en la Red [Dialnet] (Fundación Dialnet; España), Google Académico (Google, LLC; USA), ScienceDirect (ELSEVIER; Países Bajos), Servicio Geológico de Estados Unidos [USGS] (Departamento del Interior; USA), European Scientific Journal [ESJ] (European Scientific Institute; España y Macedonia).

Por otro lado, la metodología se desarrolla de la siguiente forma: Recopilación de información cartográfica y procesamiento de imágenes satelitales; análisis multitemporal de cobertura vegetal y cambio de uso de suelo y elaboración del modelo

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

prospectivo de cobertura vegetal para al año 2040.

Recopilación de información cartográfica y procesamiento de imágenes satelitales

Se partió de la obtención de imágenes Landsat ETM-7 y Landsat OLI-TIRS-8, con una suma total de 8 imágenes correspondientes a la colección 1-nivel 1, con una resolución espacial de 30m y 15m respectivamente, estas imágenes fueron obtenidas del USGS. Las características del sistema de coordenadas geográficas en proyección cartográfica UTM (Universal Transversal Mercator) corresponden a Datum WGS84 - Zona 18 hemisferio sur, con un porcentaje de nubosidad menor al 30%. Se incluyó información geográfica nacional de vías, ríos, cantones y provincias en formato Shapefile.

Posteriormente se realizó una segmentación de imágenes, para ello, se utilizó el software ENVI v. 5.3 (Harris Geospatial Solutions, Inc. USA); donde empleamos calibraciones radiométricas y correcciones atmosféricas mediante las herramientas Radiometric Calibration y Flaash Atmospheric Correction respectivamente. Este proceso es necesario para asignar valores a los píxeles y disminuir el efecto aerosol y los componentes intrusivos de la atmosfera para obtener una mejor calidad visual de la imagen y con ello garantizar una correcta clasificación de categoría de las variables de cambios ocurridos en el área de estudio (Farias et al., 2018). Por último, se aplicó la herramienta Seamless Mosaic para unir las 4 imágenes para abarcar el área de estudio y finalmente fueron exportadas en formato ráster.

Análisis multitemporal de cobertura vegetal y cambio de uso de suelo

Para el proceso se empleó el software ArcGIS v. 10.8 (Esri; USA). En primera instancia, se definieron 6 categorías para las variables, con potencial de cambio mediante el método Corine Land Cover [CLC] (AEMA; Dinamarca) las cuales son: zona urbana, pastos y cultivos, bosque denso, suelo desnudo, bosques con nubes y cuerpos de agua. Posteriormente, se realizó un proceso de entrenamiento al software a través de puntos para cada unidad cartografiable sobre la capa ráster base, así

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

mismo, con la herramienta Create Signature se procedió a crear una firma espectral de las áreas de entrenamiento.

Seguidamente, se aplicó el método de Clasificación Supervisada a través del algoritmo paramétrico de Máxima Verosimilitud Maximum Likelihood Classification de ArcGIS para agrupar los píxeles del ráster con el mismo nivel digital en reflectancia. Donde, se aplicó una generalización con la herramienta Majority Filter para disminuir los píxeles individuales con la herramienta Eliminate eliminar las áreas menores a 1000 m², obteniendo dos mapas de cobertura de uso de suelo de los años 2001 y 2020 respectivamente.

Para la evaluación de la dinámica de cambio en la superficie se utilizó el módulo Land Change Modeler (LCM) del software IDRISI SELVA v. 17.00 (Clark Labs; USA); a través de este proceso se obtuvo el mapa de cambios, ganancias, pérdidas y persistencias mismas que fueron procesados en ArcGis para mejorar la visualización y cuantificación de los polígonos resultantes. Seguidamente se elaboró una matriz de tabulación cruzada propuesta por Pontius et al. (2004), mediante los resultados de IDRISI y el uso de Microsoft Excel. Esta matriz permite analizar los cambios ocurridos en dos periodos diferentes y se valida la comparación a través del Índice de Acuerdo al Kappa (KIA).

Elaboración del modelo prospectivo de cobertura vegetal para al año 2040

Para el desarrollo del modelo se utilizó el Módulo Márkov del software IDRISI SELVA el cual mantiene información de cobertura de los periodos analizados (2001-2020). Posteriormente, se generó datos como matriz de probabilidad de cambio y áreas de transición, como información base para elaborar el modelo. Por último, mediante un proceso combinado de Autómatas Celulares/Cadenas de Márkov (CA-MARKOV) se ejecuta una evaluación Multicriterio (MC) y de asignación de tierras Multiobjetivo (MOLA) por sus siglas en inglés (Reynoso et al., 2016). Proceso que añade elementos de contigüidad espacial y la probabilidad de transición en función al análisis de las cadenas de Márkov.

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y uso de suelo

Los resultados reflejaron una disminución en la superficie bosque, el cual para el año 2001 mantuvo un total de 625 693,95 hectáreas, mientras que en el 2020 se redujo a 577 469,93 hectáreas, aquí se consideró la adición entre bosque denso y bosque con nubes, debido a que pertenecen a la misma categoría solo que una contiene nubes. En cuanto a la categoría de pastos y cultivos existió un incremento de 106 162,40 hectáreas para el año 2020 lo que representa un 15.1% del área del cantón. De acuerdo González y Pérez (2018) anteriormente, el 47,5% de los productores de los cantones Francisco de Orellana y Joya de los Sachas se dedicaban a la producción de café y cacao, pero en 2018 el 85,9% se dedicó a la ganadería con técnicas silvopastoriles.

El área urbana aumentó de aproximadamente 566,10 hectáreas a 4.016,09 hectáreas en 2020. La mayor parte del suelo desnudo correspondiente al año inicial ha desaparecido, siendo la superficie total en 2020 de 5.857,68 hectáreas. Basado en los datos de Llerena Montoya et al. (2021) estos cambios son causados por nuevos asentamientos o invasiones y desplazamiento de personas que trabajan en la zona, este último de los cuales estará relacionado directa o indirectamente con el sector petrolero.

Para el desarrollo de la tasa anual de cambio se basó en la superficie de cada categoría y la aplicación de la fórmula antes mencionada, esta refleja el porcentaje con mayor o menor cambio en el uso del suelo durante los 19 años transcurridos del periodo 2001-2020. Donde encontramos valores negativos en las categorías de suelo desnudo con -7,5%, seguido de bosque denso con -1,7% y cuerpos de agua con -1,2%. A partir del año 2001 la superficie forestal ha venido disminuyendo, solo las áreas de infraestructura y agricultura han aumentado hasta 2017, según un estudio empleado en el bloque petrolero ITT (bloque 43) efectuada por (Heredia et al., 2021). Esto puede tener una influencia indirecta en la pérdida de bosque ya que en el área de interés se encuentran los bloques 47, 45, 61, 7, 64, 17 entre otros.

Las transiciones más representativas dieron como resultado 14 mosaicos con cambios

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

mayores a 1 000 hectáreas, donde alrededor de 57 914,6 hectáreas se convirtieron de bosque denso a pastos y cultivos, siendo este el cambio más representativo en la pérdida de cobertura vegetal nativa del área de estudio, estos cambios se sitúan principalmente alrededor de las vías de acceso hacia distintas parroquias y pozos petroleros. De acuerdo con Llerena Montoya et al. (2021) el desplazamiento de bosque está influenciada directamente por el uso de suelo, para fines agrícolas y en menor proporción por actividades petroleras.

El mosaico de suelo desnudo a zona urbana representó un área de 1 843,8 hectáreas que fueron aprovechados para la expansión poblacional, así mismo, 16 887,7 hectáreas pasaron de suelo desnudo a pastos y cultivos y cerca de 4 108,1 hectáreas pasaron de suelo desnudo a bosque denso, lo que significa que para el 2001 hubo más suelo desnudo y para el año 2020 fueron transformadas a otros usos.

Hubo también cambios en torno a mosaicos de Pastos y cultivos a bosque denso con una superficie de 8 443,6 hectáreas, lo que favoreció una resiliencia de áreas degradadas a cobertura de bosque, esto puede darse por el abandono de actividades agrícolas. Al existir una diversidad de características vegetales y una alta biodiversidad permite que los bosques sean menos vulnerables frente a los cambios (Sakschewski et al., 2016). Por otro lado, los sistemas agroforestales (chakras) que mantienen algunas comunidades, al ser abandonados promueven una mejor resiliencia de los bosques (Vera et al., 2019), estos estudios demuestran la veracidad del cambio en el mosaico de pastos y cultivos a bosque denso.

Una mínima superficie de 1 015,4 hectáreas pasó de pastos y cultivos a suelo desnudo; seguidamente 3 140,7 hectáreas pasaron de bosque denso a suelo desnudo, siendo estos los cambios más pequeños ocurridos en el periodo establecido. Se evidenció cambios en menor proporción en el bosque debido al flujo natural de los cuerpos de agua con alrededor de 1 509 hectáreas de bosque denso a cuerpos de agua, del mismo modo, pasó una superficie de 1 445,9 hectáreas de cuerpos de agua a pastos y cultivos. Se puede considerar que los productores aprovecharon las zonas ribereñas debido a que son ricas en nutrientes y permiten altos rendimientos de cultivos (Labarta et al., 2007). Se evidenció las ganancias y pérdidas de superficie

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

original, para la categoría de bosque denso se demostró mayores pérdidas con cerca de 194 769,3 hectáreas para el año 2020, a diferencia de las ganancias que solo fueron de 22 137,9 hectáreas de bosque, gran parte de las pérdidas de bosque se dieron para usos agrícolas y ganaderos.

Por otra parte, la categoría de suelo desnudo perdió 24 325,7 hectáreas y se ganaron 4 753,4 hectáreas, lo que significa que el suelo desnudo se aprovechó para otras actividades, tales como uso para agricultura y ganadería, resiliencia hacia bosques y crecimiento urbano. Por otro lado, gran parte de ganancias se ubicaron alrededor de las vías de acceso, estos cambios corresponden en su mayoría al incremento de actividades agrícolas, ganaderas, nuevos asentamientos y actividades petroleras. En los periodos de 1990 a 2000 y del 2000 a 2008 en la región amazónica se perdieron la mayor cantidad de bosque nativo, los pobladores kichwas y colonos dependían principalmente de la agricultura, ganadería y por último de la venta de madera (Tamayo et al., 2020), por otro lado, la deforestación se atribuye a la tala ilegal, creación de nuevas vías y actividades petroleras en el periodo 2000 a 2020 (Quezada y Sevilla, 2021).

Modelo prospectivo para el año 2040

El modelo prospectivo para el año 2040 fue desarrollado mediante el método combinado de Autómatas Celulares y CA-MARKOV. El uso de Autómatas Celulares son unos de los métodos más adecuados para la modelación de escenarios a futuro (Pinos, 2016). Se puede evidenciar los cambios en relación con el uso del suelo (Figura 1), estos se mantienen, la categoría de pastos y cultivos continuará con una tendencia en aumento con un valor alrededor de 143 636,1 hectáreas para el año 2040, la categoría de bosque denso seguirá disminuyendo debido a las actividades antropogénicas (519 332,4 hectáreas) a diferencia de las 610 349,2 hectáreas correspondientes al año 2001, mientras que, la zona urbana continuará en aumento, pero en menor proporción. También se predice una pequeña perturbación en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yasuní.

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

Estas variaciones mencionadas anteriormente pueden resultar en problemas ambientales, aunque la deforestación en la Amazonía ecuatoriana es baja en comparación con Bolivia, Colombia, Perú y Brasil (Finer y Mamani, 2020), por otro lado, la pérdida de masa forestal puede tener consecuencias negativas en el servicio ambiental de retención y regulación de carbono. Tan solo en 2014 se estimó que más de un tercio de las emisiones provinieron de LULUCF (Blackman y Veit, 2018), favoreciendo así las emisiones por deforestación.

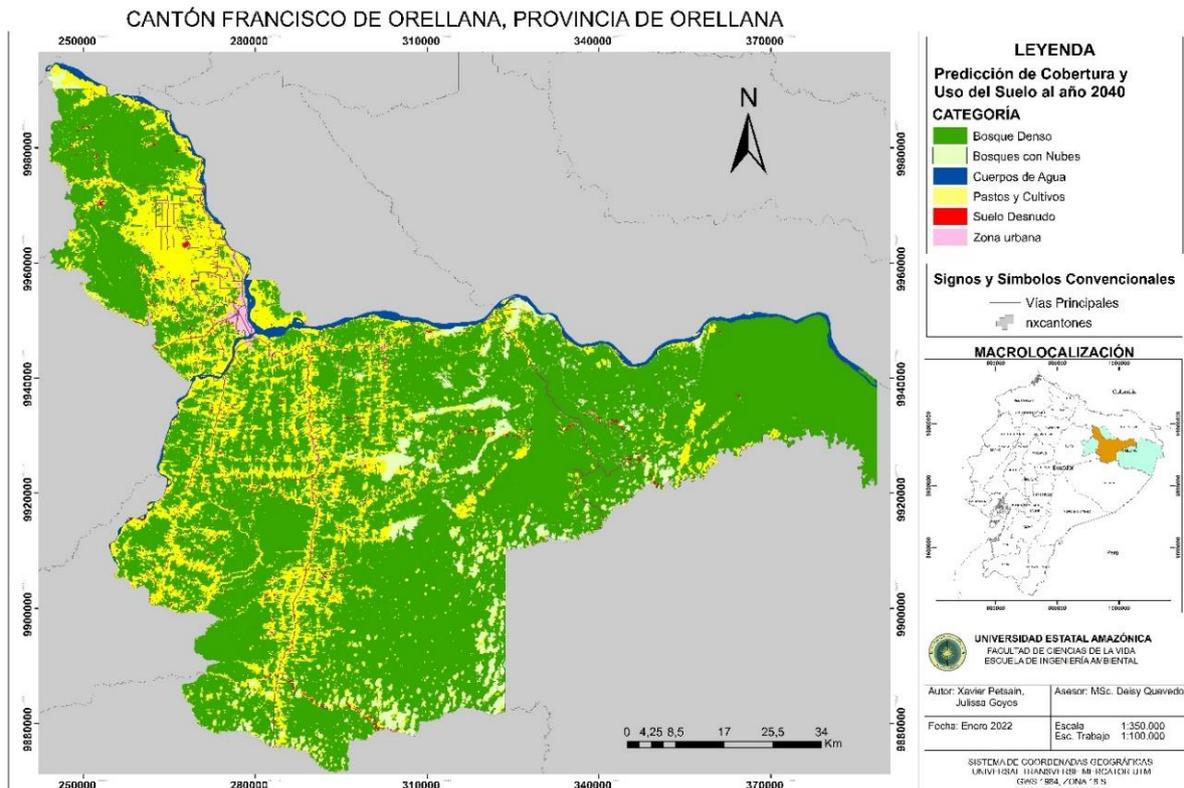


Figura 1. Modelo prospectivo de cobertura vegetal y uso de suelo al año 2040.
Fuente: Pinos (2016).

El mal uso de la tierra puede causar impactos negativos en el área económica, social y ambiental (Figura 2). De acuerdo con Zumaeta Lozano (2019) en países sudamericanos las tierras con fines de protección se utilizan indiscriminadamente para

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

áreas agrícolas y los suelos que se usaban anteriormente para pastos y cultivos son utilizados para nuevos asentamientos urbanos. De tal manera que, contribuyen a la erosión del suelo y a la búsqueda de nuevas áreas con aptitud agrícola.

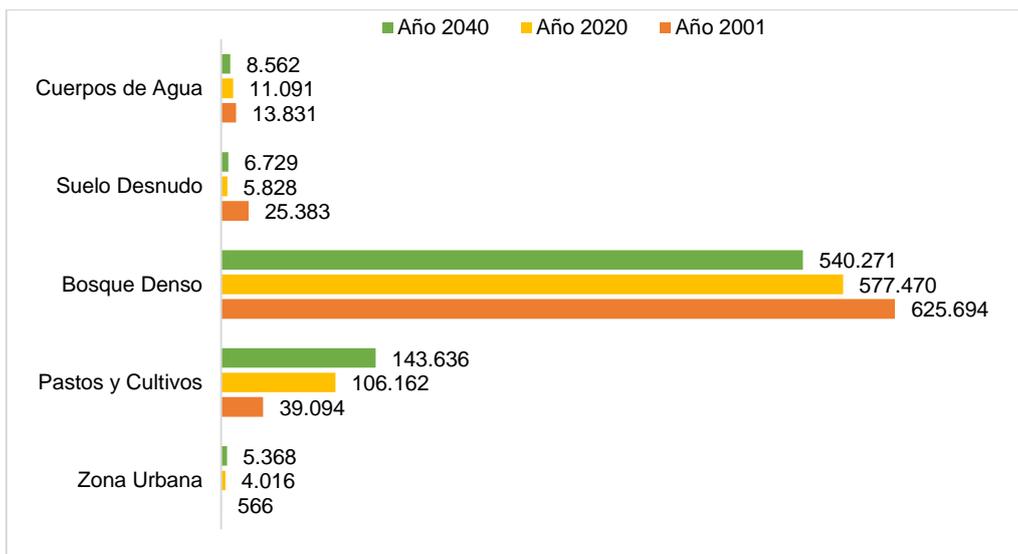


Figura 2. Dinámica de Cambio para cada Categoría en los años 2001; 2020 y 2040.
Fuente: Pinos (2016).

Validación

Para la validación de los métodos para el desarrollo de la comparación y predicción Jaramillo y Antunes (2018), mencionan que, el Índice de Acuerdo al Kappa de Cohen 1960, es utilizado para evaluar la fiabilidad del método empleado al analizar dos capas de cobertura con fechas diferentes. Podemos observar el criterio de valorización del Índice de Kappa (Tabla 1), donde se obtuvo un valor KIA general de 0.75 y 0.95 (Tabla 2) entre las coberturas del periodo 1 y 2; siendo este valor considerado como una concordancia “buena” y “muy buena” respectivamente para los periodos analizados.

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

Tabla 1.
Índice de Kappa.

Coeficiente Kappa	Fuerza de concordancia
< 0,20	Pobre
0,21-0,40	Débil
0,41-0,60	Moderada
0,61-0,80	Buena
0,81-1,00	Muy buena

Fuente: Jaramillo y Antúnes (2018).

Tabla 2.
Validación del método e índice Kappa.

Periodos a validación	Índice de acuerdo al Kappa (KIA)		KIA General
	MV	CA-Márkov	MV y CA-Márkov
(2001-2020)	0,7477	NO	0,7477
(2020-2040)	NO	0,9475	0,9475

Fuente: Jaramillo y Antúnes (2018).

CONCLUSIÓN

La superficie de Francisco de Orellana experimentó cambios considerables durante el periodo analizado, disminuyendo el área de bosque denso de 625.693,95 hectáreas en 2001 a 577.469,93 hectáreas en 2020. Asimismo, se estableció que los cambios son debido a la expansión de la frontera de pastos y cultivos que se incrementaron a 106 162,40 hectáreas para el año 2020. Se prevé que esta tendencia de cambio continuará hasta el 2040, en mayor proporción para la categoría de pastos y cultivos mismo que se espera un aumento de 143 636,2 hectáreas, esto representa que existirán problemas en cuanto a la biodiversidad, servicios ambientales y sociales, debido a que no se han formulado políticas claras para abordar la distribución

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

adecuada del recurso suelo, aprovechamiento de madera y topografía.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTO

A todos los actores sociales involucrados en el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Blackman, A., y Veit, P. (2018) Titled Amazon Indigenous Communities Cut Forest Carbon Emissions. *Ecological Economics*, 153, 56-67. <https://n9.cl/6xes0>
- Bonilla Bedoya, S., López Ulloa, M., Vanwalleghem, T., y Herrera Machuca, M. (2017) Effects of Land Use Change on Soil Quality Indicators in Forest Landscapes of the Western Amazon. *Ciencia del suelo*, 182(4), 128-136. <https://n9.cl/0u86n>
- Farias, B., Márquez, A., Rey Lago, D., y Guevara, E. (2018) Caracterización espacio-temporal del uso de tierras en cuencas mediante técnicas geomáticas. [Spatio-temporal characterization of land use in basins using geomatic techniques]. *Revista INGENIERÍA UC*, 25(1), 19-30. <https://n9.cl/51zfl>
- Finer, M., y Mamani, N. (7 de febrero de 2020) MAAP Synthesis: Deforestation trends and hotspots. *Amazon Conservation*. <https://n9.cl/km1pf>
- González, R., y Pérez, J. (2018). Percepciones y caracterización de pastizales en los cantones Joya de los Sachas y Francisco de Orellana. [Perceptions and characterization of grasslands in the Joya de los Sachas and Francisco de Orellana cantons]. *European Scientific Journal*, 14(24), 311. <https://n9.cl/o62p3>
- Heredia, M., Cayambe, J., Schorsch, C., Toulkeridis, T., Barreto, D., Poma, P., y Villegas, G. (2021) Multitemporal Analysis as a Non-Invasive Technology Indicates a Rapid Change in Land Use in the Amazon: The Case of the ITT Oil Block. *Environment*, 8(12), 139. <https://n9.cl/aqmje>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010) Resultados Censo de población. [Results of Population Census]. <https://n9.cl/9satz>

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

- Jaramillo, L., y Antunes, A. (2018) Detección de cambios en la cobertura vegetal mediante interpretación de imágenes. Landsat por redes neuronales artificiales (RNA). Caso de estudio: Región Amazónica Ecuatoriana. [Detection of changes in vegetation cover through image interpretation. Landsat by artificial neural networks (ANN). Case study: Ecuadorian Amazon Region]. *Revista de Teledetección*, (51), 33-46. <https://doi.org/10.4995/raet.2018.8995>
- Labarta, R. A., White, D., Leguía, E., Guzmán, W., y Soto, J. (2007) La agricultura en la Amazonia ribereña del río Ucayali. ¿Una zona productiva pero poco rentable? [Agriculture in the Amazon along the Ucayali River. A productive but unprofitable area?]. *Acta Amazónica*, 37(2), 177-186. <https://n9.cl/5phi9v>
- Llerena Montoya, S., Velastegui Montoya, A., Zhirzhan Azanza, B., Herrera Matamoros, V., Adami, M., de Lima, A., Moscoso Silva, F., y Encalada, L. (2021) Multitemporal Analysis of Land Use and Land Cover within an Oil Block in the Ecuadorian Amazon. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 10(3), 191. <https://doi.org/10.3390/ijgi10030191>
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2018). Estadísticas del Patrimonio Natural del Ecuador Continental. [Statistics of the Natural Heritage of Continental Ecuador]. (2da ed.). Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente. <https://n9.cl/l2f9s>
- Mogrovejo, P. R. (2017) Bosques y cambio climático en Ecuador: el regente forestal como actor clave en la mitigación del cambio climático. [Forests and climate change in Ecuador: the forest regent as a key actor in climate change mitigation]. (Tesis de maestría), Maestría en Cambio Climático y Negociación Ambiental, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. Quito, Ecuador. <https://n9.cl/p7x80>
- Pinos, N. J. (2016). Prospectiva del uso de suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial - Caso cantón Cuenca. [Prospective of land use and vegetation cover in territorial planning - Case of Cuenca canton]. *Estoa. Journal of the Faculty of Architecture and Urbanism*, 5(9), 7-19. <https://n9.cl/2wjjf>
- Poma, B. (2020). Análisis de deforestación y fragmentación dentro y fuera del Parque Nacional Yasuní: área Tiputini, provincia de Orellana. [Analysis of deforestation and fragmentation inside and outside the Yasuní National Park: Tiputini area, Orellana province]. (Tesis de pregrado). Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. <https://n9.cl/p6fpp>

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

- Pontius, R., Menzie, E., y McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2-3), 251-268. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>
- Quezada, A., y Sevilla, J. (2021) Estimación de la tasa de deforestación a través del análisis multitemporal de imágenes satelitales en las provincias de Pastaza y Orellana en el periodo 2000 al 2020. [Estimation of the deforestation rate through multi-temporal analysis of satellite images in the provinces of Pastaza and Orellana in the period 2000 to 2020]. (Tesis de pregrado). Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. <https://n9.cl/ogzh3>
- Reynoso, R., Valdez, J., Escalona, M., de los Santos, H., y Péres, M. (2016). Cadenas de Markov y autómatas celulares para la modelación de cambio de uso de suelo. [Markov chains and cellular automata for land use change modeling]. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 37(1), 72-81. <https://n9.cl/85a6w>
- Sakschewski, B., Von Bloh, W., Boit, A., Poorter, L., Peña Claros, M., Heinke, J., Joshi, J., y Thonicke, K. (2016) La resiliencia de los bosques amazónicos emerge de la diversidad de rasgos de las plantas. [The resilience of Amazon forests emerges from the diversity of plant traits]. *Nature Clim Change*, (6), 1032-1036. <https://doi.org/10.1038/nclimate3109>
- Tamayo, F., Torres, B., Fischer, R., Vargas, J., Torres, A., Samaniego, E., Tipán, C., Ferrer, R., y Günter, S. (2020). Deforestación en paisajes forestales tropicales del Ecuador. [Deforestation in tropical forest landscapes of Ecuador: Scientific bases for political perspectives]. Puyo, Ecuador: Universidad Estatal Amazónica - Instituto Johann Heinrich von Thünen. <https://n9.cl/1rliy>
- Vera, R., Cota Sánchez, H., y Grijalva Olmedo, J. E. (2019). Biodiversidad, dinámica e impacto de los chakras en la Amazonía ecuatoriana. [Biodiversity, dynamics and impact of chakras in the Ecuadorian Amazon]. *Journal of Plant Ecology*, 2(1), 34-44. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtx060>
- Zumaeta Lozano, D. (2019). Análisis multitemporal y predictivo del cambio del uso del suelo y pérdida de cobertura vegetal. [Multi-temporal and predictive analysis of land use change and loss of vegetation cover]. *UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 2(3), 81-89. <http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v2i3.607>

Mayra Carolina Heras-Heras; Joana Alexandra Moreno-López; Deisy Valeria Quevedo-Amay; Santiago Homero Cuichan-Paucar

©2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).