

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
Álvaro Luis José Reyes-Córdova

[DOI 10.35381/cm.v9i1.1109](https://doi.org/10.35381/cm.v9i1.1109)

Estudio multitemporal de la cobertura vegetal mediante sistemas de información geográfica. Caso: Reserva ecológica antisana

Multitemporal study of vegetation cover through geographic information systems. Case: Antisana Ecological Reserve

Deisy Valeria Quevedo-Amay
dvquevedo@puce.edu.ec
Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Pichincha
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-3782-6354>

Mayra Carolina Heras-Heras
mheras@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-1264-5829>

Santiago Homero Cuichan-Paucar
sh.cuichanp@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-0572-9880>

Álvaro Luis José Reyes-Córdova
al.reyesc@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza
Ecuador
<https://orcid.org/0009-0007-3640-775X>

Recibido: 15 de enero 2023
Revisado: 20 de febrero 2023
Aprobado: 01 de mayo 2023
Publicado: 15 de mayo 2023

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
Álvaro Luis José Reyes-Córdova

RESUMEN

El objetivo del estudio fue realizar un análisis multitemporal de los cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo en la Reserva Ecológica Antisana entre 1990 y 2020. El presente estudio se desarrolló en una investigación descriptiva comparativa. Los resultados arrojados que el análisis multitemporal de los cambios de las capas vegetales y uso de suelo de los períodos 1990-2000 demostró que las vegetaciones que resultaron afectadas con el paso del tiempo fueron el bosque nativo, páramo, pastizal y glaciar. Se puede concluir que una comparación de diferentes tipos de cobertura vegetal y uso de la tierra muestra una disminución preocupante de bosques nativos y glaciares, mientras que la vegetación de páramo está aumentando. Además, hubo un cambio significativo en la vegetación arbustiva y un aumento en el área sin cobertura vegetal, lo que indica un cambio importante en el paisaje con posibles impactos.

Descriptores: Reserva natural; cambio climático; vegetales; suelo; glaciar. (Tesauro UNESCO).

ABSTRACT

The objective of the study was to carry out a multitemporal analysis of the changes in vegetation cover and land use in the Antisana Ecological Reserve between 1990 and 2020. The present study was developed in a comparative descriptive investigation. The results obtained from the multitemporal analysis of the changes in the vegetation layers and land use in the periods 1990-2000 showed that the vegetations that were affected over time were the native forest, páramo, grassland and glacier. It can be concluded that a comparison of different types of vegetation cover and land use shows a worrying decrease in native forests and glaciers, while páramo vegetation is increasing. In addition, there was a significant change in the shrubby vegetation and an increase in the area without vegetation cover, indicating an important change in the landscape with possible impacts.

Descriptors: Nature reserve; climate change; vegetables; floor; glacier. (UNESCO thesaurus)

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
Álvaro Luis José Reyes-Córdova

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las presiones antropogénicas, el cambio climático, el crecimiento demográfico y el consumismo han provocado reducciones en la cobertura vegetal en diferentes ecosistemas a nivel mundial, nacional y local. La cobertura vegetal y el uso del suelo han sufrido cambios drásticos, alterando por completo el paisaje natural (tanto a pequeña como a gran escala). El análisis reciente del modelo climático nacional que usa 1981-2010 como referencia muestra que la temperatura promedio anual aumentará entre 0,6 °C y 2,8 °C en 2011-2040 °C (Cadilhac et al., 2017).

Así, Manciatì et al. (2014) mencionan que a medida que las concentraciones de gases de efecto invernadero elevan las temperaturas, provocan el derretimiento de los glaciares. Antisana también ha cambiado debido a temperaturas más cálidas y menos cobertura de glaciares. El problema es que la actividad económica, el cambio climático y los incendios forestales han afectado la mayor parte de los glaciares, vegetación de páramo (potrerillos y pastizales) y bosques primarios de los diferentes ecosistemas que tiene la Reserva Ecológica Antisana (REA), lo que ha degradado la flora natural de la zona, generando impactos ambientales negativos y afectando así la diversidad de flora y fauna de la región, como lo demuestra el “Proyecto de adaptación al impacto del retroceso acelerado de glaciares en los Andes Tropicales PRAA” que lo realizó el *Consortio Intercooperación Unión Internacional por la Naturaleza* (UICN, 2014).

Los pantanos son importantes porque proveen y regulan los recursos hídricos, y la reducción de glaciares y recursos hídricos en los Andes tropicales tiene consecuencias importantes, ya que muchas poblaciones dependen del suministro de agua (Díaz, 2018). Volcán Antisana provee de agua potable a 750.000 habitantes de la zona sur de Quito. Estudiar la pérdida de glaciares y diferentes capas de vegetación es importante porque las áreas protegidas brindan importantes servicios ecosistémicos que tienen un impacto directo en las poblaciones circundantes. (Lazo, 2020)

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
Álvaro Luis José Reyes-Córdova

La importancia de este estudio radica en determinar la dinámica de la cobertura vegetal del Antisana durante estas tres décadas, comprender los diferentes tipos de cambios que conducen a la transformación morfológica de la planta original y determinar el grado de intervención en las diferentes regiones de diversas formas. Análisis intermedio para que la recuperación se pueda medir más adelante. Los resultados obtenidos en este trabajo pueden utilizarse en nuevas investigaciones o como base para planes de gestión ambiental, evaluaciones de impacto o medidas de restauración en áreas protegidas.

¿Qué capas de vegetación experimentaron cambios dinámicos significativos durante 1990-2020? El objetivo principal de este estudio es realizar un análisis multitemporal de la cobertura vegetal en la Reserva Ecológica Antisana utilizando mapas de 1990 a 2020. Para ello, se diagnosticaron aspectos generales del estado de conservación de la Reserva Ecológica Antisana, comenzando por la Reserva Ecológica Antisana, y luego utilizando ArcMap 10.4 para identificar cambios en la cobertura vegetal en los últimos 30 años (1990-2020). Se interpretan cartográfica, visual y automáticamente, y cuantifican los cambios ocurridos durante el período 1990-2020.

El motivo de este estudio fue el cambio en la cobertura vegetal en el Ecuador y en diferentes partes del mundo. La Reserva Ecológica Antisana es una de las áreas protegidas clave a nivel nacional. Sin embargo, la dinámica de los cambios en la cubierta vegetal es compleja y puede conducir a cambios inesperados en la estructura y función ambiental; como tal, colocan en un gran riesgo la estabilidad del homeostasis de este ecosistema y su sostenibilidad para las generaciones futuras.

Para ello, se realizará un análisis multitemporal de los cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo en la Reserva Ecológica Antisana entre 1990 y 2020. El principal de estos impactos potenciales son los cambios relacionados con el cambio climático en las capas de vegetación (Cadilhac et al., 2017). Ante esta situación, estos escenarios están relacionados con el cambio climático y la pérdida de diferentes ecosistemas. La

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
Álvaro Luis José Reyes-Córdova

información generada será de gran ayuda en futuras investigaciones, estableciendo pautas para la toma de decisiones adecuadas con el fin de proponer visiones alternativas, como guía para el análisis de los resultados del diagnóstico de las diferentes variables que lo afectan y alcanzar el objetivo del estudio que fue, realizar un análisis multitemporal de los cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo en la Reserva Ecológica Antisana entre 1990 y 2020.

METODOLOGÍA

La investigación actual se llevó a cabo en la Reserva Ecológica Antisana, un área protegida que contiene los bosques de Balamós y los Andes orientales. La reserva está ubicada en los Andes orientales, al sureste de Quito, e incluye las provincias de Napo y Pichincha. El área de estudio se encuentra dentro del rango altitudinal de 1,400 - 5,758 m.s.n.m. La Reserva Ecológica Antisana cubre la mayor parte de los páramos cerca del volcán Antisana y se extiende hacia el norte desde la cuenca del río Tambo hasta la carretera Pivo-Papallacta, cubriendo un área de alrededor de 120.000 hectáreas. (Zambrano, 2018).

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
 Álvaro Luis José Reyes-Córdova

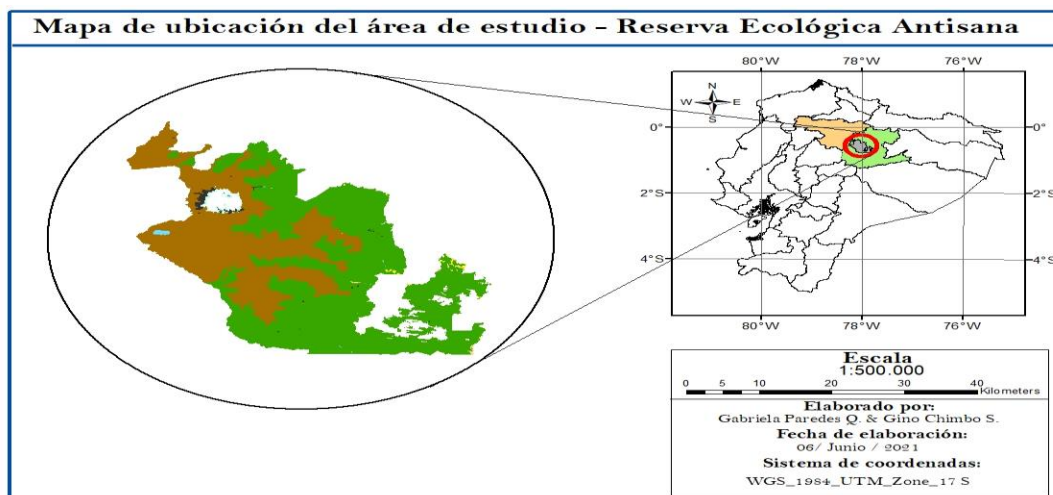


Figura 1. Mapa con la ubicación del área de estudio.

El presente estudio se desarrolló en una investigación descriptiva comparativa. Ya que se realizaron comparaciones de las características como también las variables en base a una revisión bibliográfica de documentos y estudios similares (Hernández et al., 2014). Además, para el desarrollo se utilizó sistemas de información geográfica (SIG) con el objetivo de elaborar cartografías de los cambios que presenta la Reserva Ecológica Antisana en los últimos 30 años. Posterior a la obtención de los mapas de los diferentes periodos se realizó un análisis para poder obtener las variaciones que se ha producido en el periodo comprendido de 1990-2020.

Para el diagnóstico de los aspectos ambientales del estado de conservación, se basó en la metodología propuesta por Glacer y Straus (1990) que consiste en un análisis mediante el método comparativo en donde se analiza datos que tienen iguales características. La información provino de la base de datos Google academic y Way back Machine. Para la identificación de los cambios ocurridos de las coberturas vegetales de la reserva ecológica Antisana se realizó el análisis multitemporal ya que es posible hallar cambios

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
Álvaro Luis José Reyes-Córdova

de la evolución del medio natural en relación con las repercusiones de la acción humana entre diferentes fechas de referencia. Se procedió a la elaboración de mapas de la cobertura y uso de suelo de los años 1990, 2000, 2008 y 2020 con el Software ArcMap.

Indagación y generación de las cartografías de los cambios de la pérdida de cobertura vegetal

La fuente de información cartográfica base corresponde a shapefiles de Cobertura y Uso de la Tierra de los años mencionados anteriormente, obtenidos de la página oficial del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica con sitio en: <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>, también se necesitó el shapefile de Patrimonio de áreas naturales para delimitar el área de la reserva ecológica Antisana.

Elaboración de cartografías base

Los shapefiles de cobertura vegetal de los diferentes períodos se colocaron en ArcMap al igual con el Shapefile de patrimonio de áreas naturales, posterior se realizó un corte del área que se necesita (área de la reserva ecológica Antisana) con la herramienta *Clip* para mejorar la percepción del análisis de la información cartográfica. Para el estudio multitemporal es necesario realizar una identificación y clasificación de categorías principales que presenta el área. De acuerdo con el mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador Continental se consideró tomar como referencia para la leyenda de las coberturas el Nivel II ya que presentan clases de cobertura y uso de suelo más detallada para un mejor análisis.

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
 Álvaro Luis José Reyes-Córdova

Tabla 1.
 Leyenda Temática de Coberturas.

| Nivel I | Nivel II |
|---------------------------------|------------------------|
| Bosque | Bosque Nativo |
| | Plantación Forestal |
| Tierra Agropecuaria | Cultivo Anual |
| | Cultivo Semipermanente |
| | Cultivo Permanente |
| | Pastizal |
| | Mosaico Agropecuario |
| Vegetación Arbustiva y Herbácea | Vegetación Arbustiva |
| | Vegetación Herbácea |
| | Páramo |
| Cuerpo de Agua | Natural |
| | Artificial |
| Zona Antrópicas | Área Poblada |

Fuente: Quevedo y otros (2022).

Determinación de los porcentajes de las principales capas de cobertura

Una vez ya definida las categorías se procedió a calcular los porcentajes de las coberturas, mediante ArcMap. Se introdujo el clip de la zona de estudio, posterior se calculó el área de los polígonos en km² con la herramienta *Calculate Geometry*. Una vez ya obtenido el área se procedió a realizar la agrupación de estos polígonos para sumarlos por las categorías principales para el análisis, con la ayuda de la herramienta *Dissolve* la cual permite simplificar los polígonos de igual categoría o cobertura. Después se obtiene la sumatoria de cada una de las categorías y a continuación se calcula los porcentajes de las coberturas con la herramienta *Field Calculator* en donde se hizo una regla de tres con la sumatoria del área en km² dividido con el sumatorio total del área de la capa vegetativa y se multiplicado por 100.

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
Álvaro Luis José Reyes-Córdova

Cuantificación de los cambios de la cobertura

Con las superficies de cada cobertura vegetal se logra ver las variaciones del área que comprende la reserva ecológica Antisana comparando con los diferentes años (1990-2020). Para calcular la diferencia que existe entre las clases de cobertura se empleó la metodología de Tabulación cruzada, ya que con esta se puede evaluar la pérdida o el aumento de área en km² de cada cobertura del período de estudio que abarca el año 1990 y el año 2020. Se realizó con la utilización del software ArcMap 10.4, empleando la herramienta *Tabulate Area* que automáticamente genera la matriz (Columba et al., 2016). Con la matriz de tabulación cruzada se determinó las ganancias y las pérdidas. También se calculó la tasa de cambio promedio anual de las coberturas y uso de tierra con unidades de medida km²/año implementado por Figueredo et al., (2020). con la siguiente ecuación:

$$TAC = \frac{(Superficie_2 - Superficie_1)}{n}$$

Donde:

Superficie₂ = es el área en km² del periodo final de estudio

Superficie₁ = es el área en km² del periodo inicial de estudio

n= es el número de años de estudio

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
Álvaro Luis José Reyes-Córdova

RESULTADOS

Aspectos generales del estado de conservación de la Reserva Ecológica Antisana

Debido a la ubicación geográfica que se encuentra tiene un gran cantidad de recursos hídricos como: humedales, ríos, lagunas y los bosques montanos proveen de agua a la capital del país (ECOLAP & MAE, 2007). Según el Instituto Geofísico el Antisana es un Estratovolcán compuesto activo. Debido a la actividad volcánica que ha tenido comprende de grandes capas de materiales piroclásticos, formando unidades morfológicas tales como: cumbres, planicies, edificio volcánico y vertientes montañosas (Zambrano, 2018). El edificio volcánico del Antisana comprende un casquete glaciar, la franja peri glaciar y laderas, en cuanto a las planicies existen dos tipos de paisajes: palustres-lacustres y planicies inclinadas (Alvarado, 2009).

Debido a los pisos altitudinales que abarca tiene como resultado una variación en su clima que va desde los -0.6 hasta los 15° C. A demás presenta precipitaciones anuales altas en un rango de 990,8mm hasta los 1259,1 mm (Zambrano, 2018). Según el INAMHI la reserva cuenta con una presión atmosférica de 692,5hPa y con 100% de humedad del aire (Laso, 2020).

La vegetación que presenta posee una gran variedad especies florísticas así lo afirman en los estudios realizados por Balslev en 1988 y Fuentes en 1998 quienes mencionan que los bosques montañosos de la REA tienen un alto endemismo y albergan casi la mitad de especies florística de todo el país (ECOLAP & MAE, 2007). Algunas de las especies que más sobresalen son: almohadillas, chiquiragua (*Chiquiragua jussieui*), variedad de orquídeas, musgos. También se ha convertido en un refugio para especies amenazadas como es el caso de cedro (*Cedrela odorata*), nogal (*Juglans neotropica*), laurel de cera (*Myrica pubescens*), motilón (*Hyeronima macrocarpa*), arrayán (*Myrcianthes rhopaloides*), palma de ramos (*Ceroxylon echinulatum*) (Andrade, 2016).

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
Álvaro Luis José Reyes-Córdova

Debido a que se encuentra colindante con la reserva ecológica Cayambe-Coca y el parque nacional Sumaco Napo-Galeras existe gran biodiversidad, favoreciendo el mantenimiento de poblaciones de fauna que necesitan desplazarse ampliamente (ECOLAP & MAE, 2007). Según Zambrano (2018) debido a la conservación de los hábitats dentro de la REA se ha vuelto un refugio para especies en peligro de extinción como también vulnerables tal es el caso del cóndor (*Vultur gryphus*) y el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*). El estudio realizado por Coello et al, en el año 2002 menciona que los mamíferos existentes dentro de la reserva representan el 19,78% del total de mamíferos del país, de igual manera las aves que habitan en el área representan el 26% del total que se tiene registro en el país del mismo modo los anfibios y reptiles se evidencia que tienen el 10,45% del total de especies registradas a nivel nacional (Laso, 2020).

Mapa de cobertura vegetal y uso de suelo: 1990, 2000, 2008 y 2020

Se realizaron cartografías de la cobertura vegetal y uso de suelo con base en el Ministerio del ambiente, agua y transición ecológica (MAATE) del año 1990, 2000, 2008 y 2020, producto de la aplicación de shapefiles y layers del SUIA de capas vegetales: La leyenda para estas cartografías corresponde a las categorías: área sin cobertura vegetal, bosque nativo, glaciar, natural (agua), pastizal, páramo, tierra agropecuaria, área poblada, vegetación arbustiva y vegetación herbácea.

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
 Álvaro Luis José Reyes-Córdova

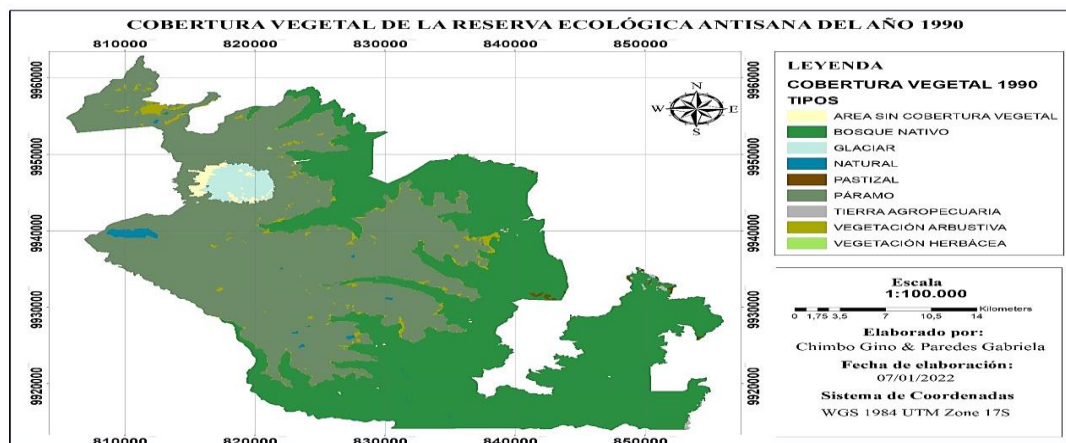


Figura 1. Mapa de cobertura vegetal y uso de suelo del año 1990.

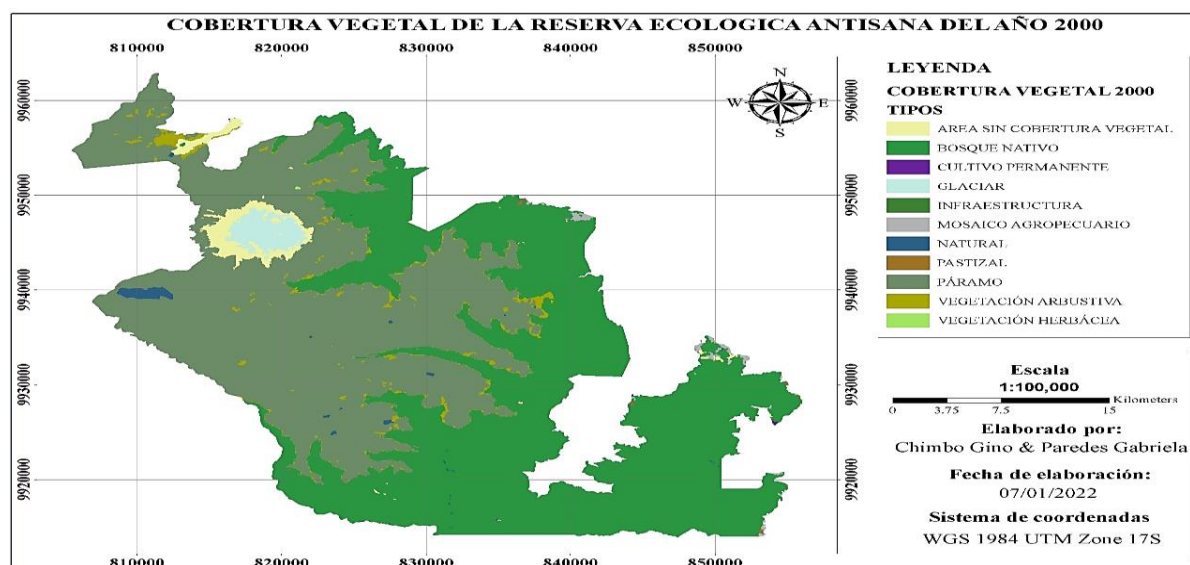


Figura 2. Mapa de cobertura vegetal y uso de suelo del año 2000.

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
 Álvaro Luis José Reyes-Córdova

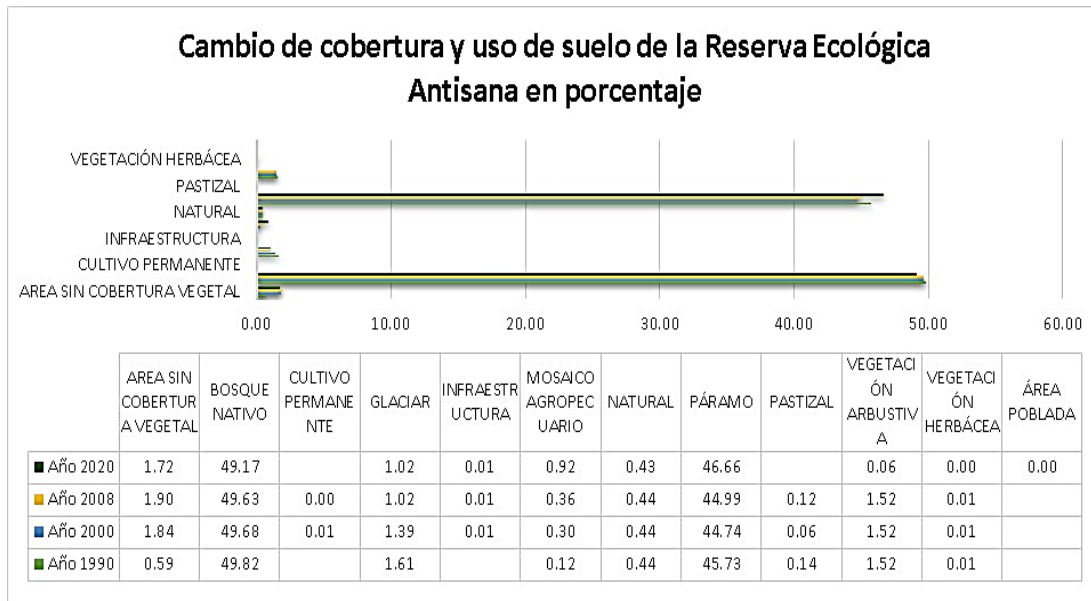


Figura 3. Mapa de cobertura vegetal y uso de suelo del año 2020.

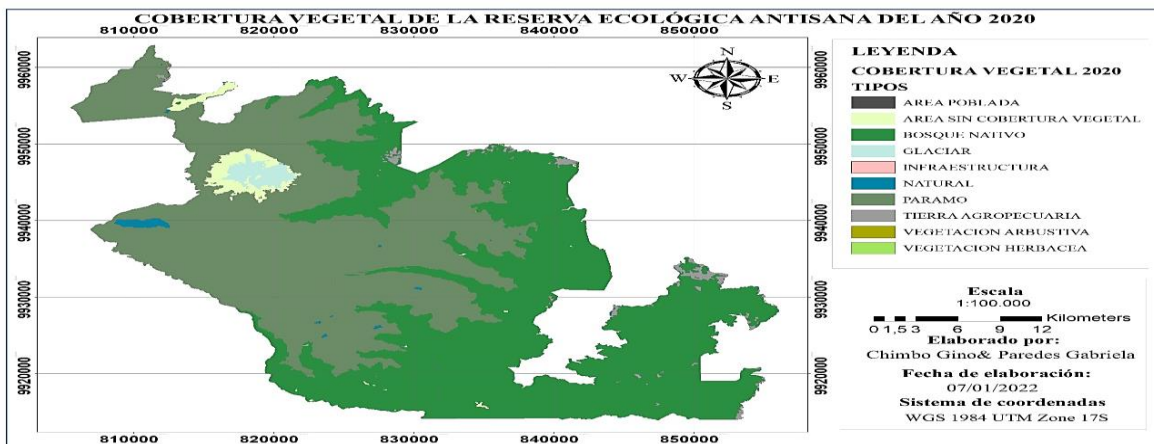


Figura 4. Cambio de cobertura y uso de suelo en porcentaje de los años 1990,2000, 2008 y 2020.

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
Álvaro Luis José Reyes-Córdova

DISCUSIÓN

El análisis multitemporal de los cambios de las capas vegetales y uso de suelo de los períodos 1990-2000 demostró que las vegetaciones que resultaron afectadas con el paso del tiempo fueron el bosque nativo, páramo, pastizal y glaciar el cual se modificó en mosaico agropecuario, cultivo permanente y la notable expansión del área sin cobertura vegetal. Este tipo de cambios es una actividad muy conocida por áreas pobladas, dado que la frontera agrícola se ha ampliado debido al desarrollo antropogénico y por causas naturales como el cambio climático. Cabe resaltar que el cambio dinámico de la cobertura vegetal y uso de suelo es una problemática a nivel mundial.

Una comparación de los tipos de capas o coberturas vegetales y uso de suelo confirma una disminución de 7,84 km² de bosque nativo con una tasa anual de cambio de 0,26% entre 1990 hasta 2020. Glaciar tuvo una reducción de 7,09 km² con una tasa anual de 0,24% entre 1990-2020. Páramo aumentó su área vegetal en 11,13 km² con tasa anual de cambio de 0,37%. Los cambios más notables que se pudieron observar tanto en las tablas como en las cartografías: vegetación arbustiva, se redujo drásticamente hasta casi una desaparición total de 17,60 km² con tasa anual de cambio de 0,59% entre 1990-2020; Aumento del área sin cobertura vegetal de 13,61 km² con tasa anual de cambio de 0,45% entre los períodos 1990-2020.

Por otro lado, el análisis de tasas de cambios de las coberturas mediante la matriz transición o tabulación cruzada permitió identificar que todos los cambios de la clase bosque no necesariamente son deforestación real inducida, sino más bien una serie de cambios naturales como se describió previamente. De acuerdo a Pontius *et al.* (2004) se fundamenta que la matriz evalúa el cambio total de clases de coberturas de suelo de acuerdo a las pérdidas y ganancias entre tipo de cobertura vegetal, asimismo, el análisis de estos componentes permitió distinguir entre una transición del paisaje claramente sistemática y una transición paisaje aparentemente al azar.

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
Álvaro Luis José Reyes-Córdova

Lo anterior, ayudó a centrarse en las señales más fuertes de transiciones sistémicas del paisaje para distinguir el patrón natural y antrópico y por consiguiente detectar los cambios de la cobertura de suelo y uso de suelo con mayor exactitud. El análisis en general reveló, que dichas variaciones se justifican, en primera instancia al incremento de las actividades antropogénicas y cambio climático y en segunda instancia a la calidad de información espacial de cobertura y uso del suelo, siendo en muchas partes no cercana a la realidad del territorio.

CONCLUSIONES

En resumen, los cambios significativos en los tipos de cobertura vegetal y el uso de la tierra durante el período de 30 años desde 1990 hasta 2020 se presentan gráficamente y comparan diferentes tipos de cobertura vegetal y su evolución:

Bosque nativo: Se observa una disminución de 7,84 km² de bosque nativo durante este período, lo que representa una tasa anual de cambio del 0,26%. Esta disminución indica una pérdida considerable de esta cobertura vegetal, lo cual es preocupante desde el punto de vista de la conservación y la biodiversidad.

Glaciares: Se registra una reducción de 7,09 km² de área cubierta por glaciares, con una tasa anual de cambio del 0,24%. Esta disminución indica la pérdida de masa de hielo en los glaciares, posiblemente debido al calentamiento global y el cambio climático.

Páramo: En contraste con los otros tipos de coberturas vegetales, el páramo muestra un aumento en su área vegetal de 11,13 km². La tasa anual de cambio para el páramo es del 0,37%. Este aumento puede deberse a factores como la restauración de áreas degradadas o cambios en las prácticas de uso de la tierra.

Vegetación arbustiva: La cobertura de vegetación arbustiva experimenta una disminución drástica, casi desapareciendo en su totalidad, con una reducción de 17,60 km² durante el período de 1990 a 2020. La tasa anual de cambio para esta cobertura vegetal es del

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
Álvaro Luis José Reyes-Córdova

0,59%. Este cambio indica una transformación significativa en el paisaje y posiblemente esté relacionado con la expansión de otros tipos de coberturas o actividades humanas.

Área sin cobertura vegetal: Se observa un aumento de 13,61 km² en el área sin cobertura vegetal durante el período mencionado, con una tasa anual de cambio del 0,45%. Este cambio indica una expansión de áreas donde no hay presencia de vegetación, lo cual puede estar asociado con actividades como la deforestación, urbanización o transformación del paisaje para fines agrícolas o industriales.

Finalmente, se puede concluir que una comparación de diferentes tipos de cobertura vegetal y uso de la tierra muestra una disminución preocupante de bosques nativos y glaciares, mientras que la vegetación de páramo está aumentando. Además, hubo un cambio significativo en la vegetación arbustiva y un aumento en el área sin cobertura vegetal, lo que indica un cambio importante en el paisaje con posibles impactos ambientales.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTO

A los actores involucrados y vinculados, por el apoyo y aporte científico ofrecido en el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS CONSULTADAS

Alvarado, C. (2009). Caracterización Hidrogeológica de las Vertientes Occidentales del Volcán Antisana como parte de los Estudios de los Glaciares y Páramos frente al Cambio Climático. [Hydrogeological Characterization of the Western Slopes of the Antisana Volcano as part of the Studies of Glaciers and Páramos against Climate Change]. (Tesis de pregrado). Universidad central del Ecuador. <https://n9.cl/pdqlh>

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
Álvaro Luis José Reyes-Córdova

- Andrade, R. (2016). Propuesta técnica para el desarrollo de actividades ecoturísticas en la Reserva Ecológica Antisana. [Technical proposal for the development of ecotourism activities in the Antisana Ecological Reserve]. (Tesis de pregrado). Universidad Iberoamericana del Ecuador UNIBE. <https://n9.cl/db85vv>
- Cadilhac, L., Torres, R., Calles, J., Vanacker, V., & Calderon, E. (2017). Desafíos para la investigación sobre el cambio climático en Ecuador. [Challenges for research on climate change in Ecuador]. *Neotropical Biodiversity*, 3(1), 168–181. <https://doi.org/10.1080/23766808.2017.1328247>
- Díaz, C. (2018). Análisis del comportamiento de las frecuencias de valores extremos de temperatura y precipitación en zonas de alta montaña: Caso de estudio Volcán Antisana.[Analysis of the behavior of the frequencies of extreme values of temperature and precipitation in high mountain areas: Antisana Volcano Case Study].(Tesis de Pregrado). Escuela politécnica Nacional. <https://n9.cl/xg7bf>
- ECOLAP, & MAE. (2007). Guía del Patrimonio de áreas naturales protegidas del Ecuador.[Guide to the Heritage of protected natural areas of Ecuador]. *In Reserva ecológica Antisana*. (ECOFUND, F). <https://n9.cl/cvngw>
- Glaser, B., & Strauss, A. (1990). The discovery of Grounded theory: Strategies for qualitative research (Aldin publ). <https://n9.cl/v91y kz>
- Hernández, R., Fernández, C. & Batista, P. (2014). Metodología de la investigación. [Investigation methodology]. (6ª ed.). México: McGraw- HILL Interamericana., S.A.
- Lazo, W. (2020). Valoración económico ambiental del servicio hidrológico agua en la Reserva Ecológica Antisana.[Environmental economic valuation of the water hydrological service in the Antisana Ecological Reserve] .(Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://n9.cl/twig3>
- Manciati, C., Villacís, M., Taupin, J. D., Cadier, E., Galárraga, R., & Cáceres, B. (2014). Empirical mass balance modelling of South American tropical glaciers: Case study of Antisana volcano, Ecuador. *Hydrological Sciences Journal*, 59(8), 1519–1535. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.888490>

Deisy Valeria Quevedo-Amay; Mayra Carolina Heras-Heras; Santiago Homero Cuichan-Paucar;
Álvaro Luis José Reyes-Córdova

Pontius Jr., R.G. y Lippitt, C.D. (2006): "Can error explain map differences over time?", *Cartography and Geographic Information Science*, 33 (2), pp. 159-171.
<https://n9.cl/jkmkr>

UICN. (2014). Plan de Manejo Adaptativo de la parte alta de la Reserva Ecológica Antisana. [Adaptive Management Plan for the upper part of the Antisana Ecological Reserve]. <https://n9.cl/bedgzc>

Zambrano, E. K. (2018). Análisis de la gestión turística de áreas protegidas, caso: Reserva Ecológica Antisana Zona Alta. [Analysis of tourism management of protected areas, case: Antisana Zona Alta Ecological Reserve]. (Tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas. <https://n9.cl/rcl8u>