



Investigatio



ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Edita: Universidad Espíritu Santo © – UEES

Estado actual de la cobertura arbórea de Ecuador continental y sus regiones naturales. Oportunidades para mejorar los programas de conservación

Current status of tree cover in continental Ecuador and its natural regions. Opportunities for improving conservation programmes

Cristian Barros-Diaz ¹  0000-0003-0727-7996

¹Fundación para la Conservación e Investigación JaPu, Francisco de Marcos 330 entre Chile y Chimborazo, Guayaquil, Ecuador.

²Facultad de Ciencias Naturales, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Av. 12 de octubre y Vicente Ramón Roca Quito, Pichincha, Ecuador.

Cita: Barros-Diaz, C. (2024). *Estado actual de la cobertura arbórea de Ecuador y sus regiones naturales. Oportunidades para mejorar los programas de conservación.* *INVESTIGATIO*, 1(21). <https://doi.org/10.31095/investigatio.2024.21.5>

Fechas · Dates

Recibido: 15.05.2023
Aceptado: 11.01.2024
Publicado: 27.03.2024

Correspondencia · Corresponding Author

Cristian Barros-Diaz
Fundación para la Conservación e Investigación JaPu, Francisco de Marcos 330 entre Chile y Chimborazo, Guayaquil, Ecuador
c.barros@japufundacion.org

Resumen

Este estudio examina la dinámica de la cobertura arbórea en Ecuador y sus regiones naturales durante el período 2000-2022, proporcionando una evaluación detallada del estado actual de los bosques. Utilizando el conjunto de datos de Hansen Global Forest Watch y programando en Google Earth Engine, se identificaron tendencias en la pérdida de cobertura arbórea. Los resultados revelaron una pérdida neta de 995 278 hectáreas durante el

período de estudio, con una ganancia de 217 000 hectáreas hasta 2012. Los años 2012 y 2017 se identificaron como los de mayor pérdida de cobertura arbórea. Las regiones naturales del país también presentaron variaciones significativas en las tendencias de pérdida. Se destaca la Amazonia como la región con mayor pérdida, mientras que el bosque seco tropical y el páramo presentaron pérdidas menores en comparación. Se subraya la necesidad de políticas de conservación más eficaces y específicas para cada región, especialmente en las zonas críticas de alta biodiversidad y servicios ecosistémicos.

Palabras clave: servicios ecosistémicos, deforestación, petróleo, minería, agricultura, política.

Abstract

This study examines the dynamics of tree cover in Ecuador and its natural regions over the period 2000-2022, providing a detailed assessment of the current state of forests. Using the Hansen Global Forest Watch dataset and programming in Google Earth Engine, trends in tree cover loss were identified. The results revealed a net loss of 995 278 hectares during the study period, with a gain of 217 000 hectares up to 2012. The years 2012 and 2017 were identified as the years of greatest tree cover loss. The country's natural regions also showed significant variations in loss trends. Amazonia stands out as the region with the highest loss, while the tropical dry forest and páramo showed comparatively lower losses. This underlines the need for more effective and region-specific conservation policies, especially in critical areas of high biodiversity and ecosystem services.

Keywords: ecosystem services, deforestation, oil, mining, agriculture, politics.

Introducción

Los ecosistemas forestales son un componente esencial de la biodiversidad global, destacando por su diversidad y singularidad en comparación con otros tipos de ecosistemas (FAO y UNEP, 2020). Los bosques ocupan aproximadamente el 31% de la superficie terrestre del planeta, siendo una combinación de bosques naturales y plantaciones que totalizan alrededor de 4.060 millones de hectáreas (GFW, 2020). Las funciones ecosistémicas de estos ecosistemas forestales son vitales para la vida en la Tierra, ya que contribuyen a la regulación del clima, el almacenamiento de carbono, el suministro de agua y, principalmente, albergan una inmensa biodiversidad (Foley, 2005). Sin embargo, la pérdida de cobertura arbórea se ha convertido en una problemática ambiental grave en Ecuador.

En el contexto de América Latina, Ecuador se encuentra en una situación particularmente preocupante. A pesar de su pequeño tamaño, el país alberga una de las mayores biodiversidades del mundo debido a su variedad de ecosistemas, desde los manglares costeros hasta los bosques nublados andinos y la selva amazónica (Bass et al., 2010). Sin embargo, la tasa de deforestación en Ecuador es una de las más altas de la región, con múltiples factores que contribuyen a esta realidad, como la expansión de la agricultura, la explotación de recursos madereros y no madereros, la urbanización (Sierra, 2000; Mosandl et al., 2008), la minería legal e ilegal, y la explotación petrolera (Kleemann et al. 2022). Dada la importancia ecológica de los bosques ecuatorianos y la creciente amenaza de la deforestación, es imperativo contar con datos precisos y actualizados sobre la cobertura forestal del país. Afortunadamente,

el desarrollo de la teledetección ha proporcionado nuevas herramientas para el seguimiento de la cobertura forestal. En particular, el conjunto de datos global de Hansen et al. (2013) creado en 2013, y actualizado hasta el 31 de diciembre del 2022, permitiendo un seguimiento anual de la cobertura forestal a nivel mundial desde el 2000.

En este sentido, es importante destacar que la conservación de los bosques no es solo una cuestión de biodiversidad, sino también de sostenibilidad socioeconómica. Los bosques proporcionan una serie de servicios ecosistémicos, que son beneficios directos e indirectos que las personas obtienen de los ecosistemas, como la provisión de alimentos, madera, la regulación del clima, la calidad del agua, el soporte para la polinización y el control de plagas (Costanza et al., 1997; MEA, 2005). Por lo tanto, la pérdida de bosques tiene impactos profundos no solo en la biodiversidad, sino también en la economía y el bienestar de las comunidades locales y de la sociedad en general. Asimismo, el análisis de los cambios en la cobertura arbórea puede ayudar a identificar las causas subyacentes de la deforestación y la degradación forestal. Por ejemplo, el análisis de los patrones espaciales y temporales de la pérdida de bosques puede revelar las áreas donde la presión sobre los bosques es más alta, así como los periodos de tiempo cuando la deforestación se acelera o disminuye. Esta información puede ser útil para diseñar estrategias de conservación que se dirijan a las causas raíz de la pérdida de bosques, como la conversión de bosques en tierras agrícolas o la explotación insostenible de madera (Kleemann et al. 2022).

El presente estudio pretende proporcionar una evaluación detallada y actualizada de la cobertura arbórea de Ecuador y sus regiones naturales, basada en el conjunto de datos creados por Hansen et al. (2013) y actualizado en el 2023 (Hansen global forest change v1.10, 2023). Los resultados se utilizaron para identificar las oportunidades para mejorar los programas de conservación en el país, con un enfoque en la protección de los bosques como reservorios de biodiversidad y proveedores de servicios ecosistémicos. Al hacerlo, este estudio contribuirá a los esfuerzos para frenar la pérdida de bosques y promover la conservación y el uso sostenible de los recursos forestales en Ecuador.

Materiales y Métodos

El estudio analizó la cobertura arbórea (CA) del país y por cada región natural descrita para Ecuador, la información se encuentra en Bioweb (2023), siendo 10 regiones naturales en total (Figura 1).

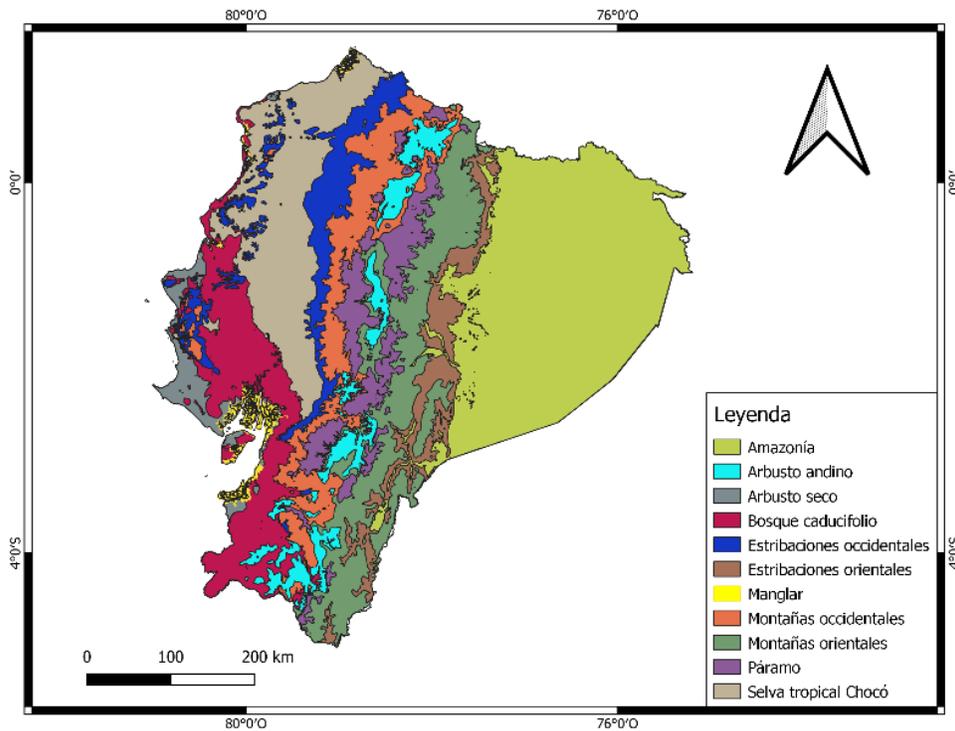


Figura 1. Regiones Naturales de Ecuador.

Estratificación por Regiones Naturales

Finalmente, se realizó una estratificación de los datos por regiones naturales de Ecuador, según la clasificación de Ron (2023) (Figura 1). Este enfoque permitió evaluar la variación en la pérdida y ganancia de la cobertura arbórea entre las diferentes regiones, y proporcionó una imagen más detallada de los cambios en la cobertura arbórea a nivel del país. Para la delimitación del ecosistema de manglar, se utilizó la información proporcionada por el Ministerio de Ambiente de Ecuador del 2013.

Metodología

El análisis de la cobertura arbórea en Ecuador y sus regiones naturales se realizó en varias etapas, que incluyeron la recopilación y el procesamiento de datos satelitales, el análisis espacial y el mapeo de los resultados. En este estudio, se utilizó el conjunto de datos de Hansen et al. (2013), actualizada en la plataforma de Google Earth Engine en el 2023, V1.10 (2000 - 2022) (Hansen global forest change v1.10, 2023), que proporciona información detallada sobre la cobertura arbórea global y la pérdida de la cobertura arbórea desde el 2000 hasta el 31 de diciembre del 2022.

Recopilación y Procesamiento de Datos

La recopilación de datos se realizó utilizando Google Earth Engine y el script propuesto por Hansen et al. (2013) para este conjunto de datos, se puede encontrar el script en: https://developers.google.com/earth-engine/tutorials/tutorial_forest_03). El conjunto de datos incluye información sobre la pérdida de cobertura arbórea (árboles de cinco metros de altura mínimo, eliminando el sesgo de confundir arbustos con árboles) del 2001 al 2022, y datos sobre la ganancia de cobertura arbórea hasta el año 2012. Cabe mencionar que la actualización de estos datos se realizó en julio del 2023 y se almacena en la base de datos de Google (https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/UMD_hansen_global_forest_change_2022_v1_10). La resolución de los píxeles es de 30 metros. Cada pixel cuenta con información sobre el porcentaje de la cobertura arbórea estimada, que va desde el 1 al 100 %, pudiendo interpretarse también como la calidad de la cobertura arbórea de la zona.

El análisis espacial implicó la cartografía de las bandas del conjunto de datos de Hansen en QGIS 3.28 y la medición de las áreas de cobertura arbórea para el año 2000 y 2022. Los cálculos se realizaron a nivel nacional y para cada región natural de Ecuador; además se calculó el porcentaje de la cobertura arbórea de cada pixel agrupándolo en grupos de 10 en 10, ejemplo: 1 al 10 %, 11 al 20 %, así sucesivamente hasta el 91 al 100 %, considerándolo en el presente estudio como calidad de la cobertura arbórea.

Mapeo

Para visualizar los resultados, se crearon mapas de las áreas de cobertura arbórea para el año 2000 y del primero de enero del 2023, también de la pérdida y ganancia en QGIS. Estos mapas permitieron identificar los cambios en la cobertura arbórea a lo largo del tiempo y resaltar las áreas de mayor pérdida y ganancia. Es importante mencionar que, aunque el conjunto de datos de Hansen et al. (2013) y Hansen global forest change v1.10 (2023) es una herramienta valiosa para el análisis de la cobertura arbórea, tiene algunas limitaciones. Por ejemplo, no proporciona información sobre el uso del suelo y no distingue entre bosques naturales y plantaciones de árboles (Vieilledent, 2018). Por lo tanto, los resultados obtenidos en este estudio deben interpretarse con cuidado, teniendo en cuenta estas limitaciones.

Interpretación de los Datos

Se tomó precaución en la interpretación de los datos de ganancia de cobertura arbórea, ya que el conjunto de datos de Hansen et al. (2013), y actualizado hasta el 31 de diciembre del 2022 (Hansen global forest change v1.10, 2023) no distingue entre la regeneración natural y las plantaciones de árboles

comerciales (Tropek et al., 2014). Por lo tanto, la "ganancia" de cobertura arbórea reportada no se sumó directamente a la cobertura arbórea total del año 2023, sino que se consideró por separado en el análisis.

Análisis de Tendencias

Para comprender las tendencias en la pérdida y ganancia de la cobertura arbórea, se graficó la pérdida de cobertura arbórea por año. Esto ayudó a identificar los años con la mayor pérdida y ganancia de cobertura arbórea, y a detectar posibles patrones en estos cambios a lo largo del tiempo.

Resultados

Ecuador

Los años con mayor pérdida de cobertura arbórea fueron 2012 y 2017 (Figura 2). Cabe destacar que no se sumó la "ganancia" a la cobertura arbórea total, ya que el conjunto de datos no distingue entre la regeneración natural y las plantaciones de árboles comerciales. Para el año 2000, la cobertura arbórea total en Ecuador se estimó en aproximadamente 20 001 196 ha (Figura 3). Para principios del 2022 (Figura 3), esta cifra se había reducido aproximadamente a 19 005 918 ha, lo que representa una pérdida neta en 22 años de 995 278 ha (Figura 4). Sin embargo, también se registró una ganancia de cobertura arbórea hasta 2012 de 217,000 ha (Tabla 1). Adicionalmente, se obtuvo que Ecuador cuenta con una cobertura arbórea predominantemente por encima del 80% de calidad (Tabla 2).

Tabla 1. Pérdida anual de cubierta arbórea de 2001 a 2022, aumento de cubierta arbórea de 2001 a 2022, cubierta arbórea de diciembre de 2000 y enero de 2022.

Año	Pérdida de cubierta arbórea (ha)	Año	Pérdida de cubierta arbórea (ha)	Año	Pérdida de cubierta arbórea (ha)
2001	45 570	2008	52 294	2015	32 541
2002	30 170	2009	58 446	2016	47 817
2003	14 097	2010	34 101	2017	75 150
2004	37 893	2011	44 180	2018	40 894

2005	40 934	2012	77 520	2019	37 663
2006	36 042	2013	56 408	2020	51 512
2007	61 536	2014	35 866	2021	32 099
				2022	52 545
Pérdida total (22 años)	Ganancia (hasta 2012)	Cobertura arbórea			
995 278 ha	217 000 ha	Dic. 2000		Ene. 2023	
		20 001 196 ha		19 005 918 ha	

Nota: No se sumó la “ganancia” a la cobertura arbórea debido a que el ráster de ganancia de cobertura arbórea se desconoce si son zonas que sufrieron cambio de uso de suelo para sembrar árboles comerciales.

Tabla 2. Porcentaje de la cobertura arbórea en el año 2000 y 2023.

Rangos de la CA	Año 2000	Año 2022	Porcentaje en el 2000	Porcentaje en el 2023	Porcentaje de CA pérdida de 22 años de cada rango
1 - 10	477 450	412 837	2.38	2.05	13.53
11 - 20	400 796	400 781	1.99	1.99	0.00
21 - 30	296 015	291 842	1.47	0.15	89.92
31 - 40	326 083	325 148	1.62	1.62	0.29
41 - 50	754 620	754 614	3.75	3.75	0.001
51 - 60	970 132	970 015	4.83	4.83	0.01
61 - 70	584 257	551 148	2.91	2.74	5.67
71 - 80	972 638	952 486	4.84	4.74	2.07
81 - 90	2 344 954	2 322 541	11.67	11.56	0.96
91 - 100	12 970 711	12 173 511	64.54	61.88	4.13

20 097 656

19 102 378

Los rangos fueron establecidos de esta forma para facilitar la interpretación de datos

Regiones Naturales

Al estratificar los datos por regiones naturales de Ecuador, se observó variaciones significativas en la pérdida y ganancia de cobertura arbórea. En la Tabla 3, se presentan los datos desglosados por región, incluyendo la cobertura arbórea en el año 2000 (CA1), la pérdida de cobertura arbórea del 2001 al 2021 (PT) y la cobertura arbórea en 2022 (CA2). Algunas regiones, como la Amazonia y el Chocó Selva Tropical, presentaron pérdidas de cobertura arbórea superiores a las 200 000 ha durante el periodo de estudio. Sin embargo, otras regiones como el Páramo y el Arbusto seco, presentaron pérdidas de cobertura arbórea mucho menores. La región del manglar presentó una pérdida mínima de cobertura arbórea con respecto a las demás regiones. También se mapeó las zonas de menor a mayor calidad arbórea (Figura 5). Por último, se mapeó la cobertura arbórea de las regiones naturales por separado (Anexo 1 al 10).

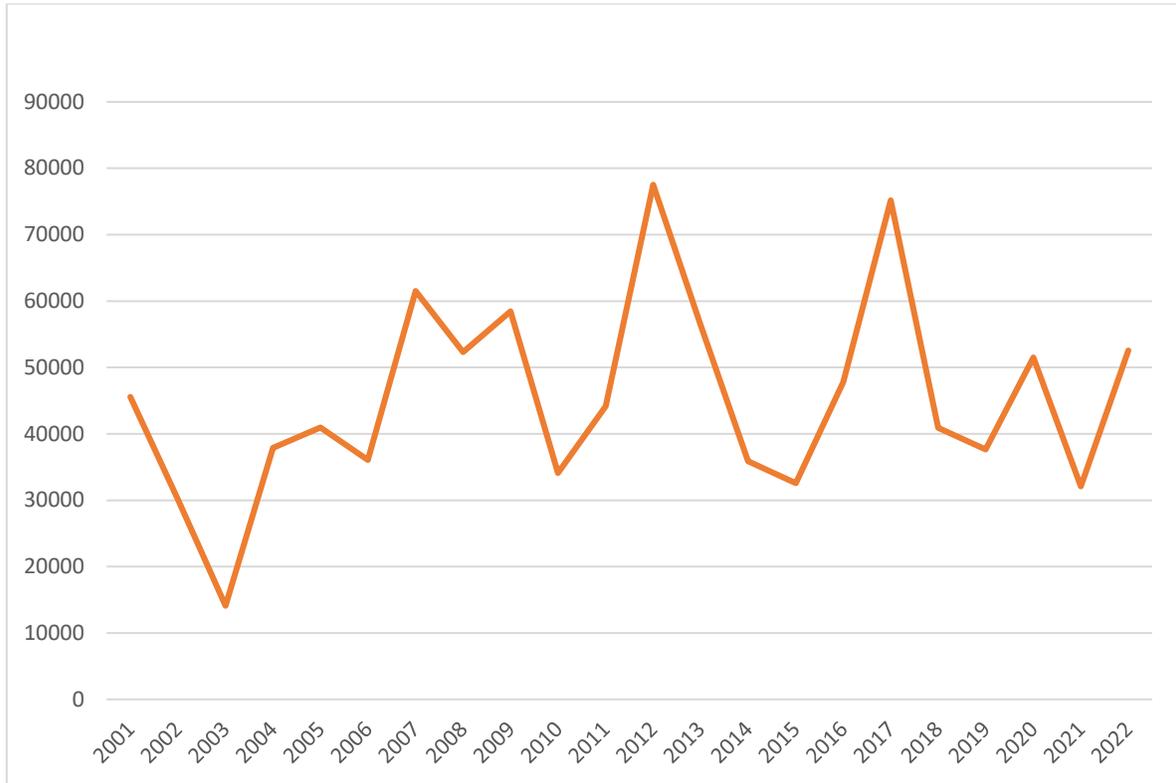


Figura 2. Pérdida anual de cubierta arbórea de 2001 al 2022 en Ecuador.

Tabla 3. Análisis en hectáreas (ha) de: CA: cobertura arbórea de las regiones naturales de Ecuador, en el año 2000 (CA 1) y 2022 (CA 2), PT: pérdida de cobertura del 2001 al 2022.

	CA 1	PT	CA2
Bosque caducifolio	1 633 641	92 129.07	1 544 570.15
Amazonia	7 212 906	365 278.73	6 821 185.49
Arbusto andino	579 527	17 537.33	561 915.89
Choco Selva Tropical	2 55 5315	235 685.18	2 301 188.04
Arbusto seco	177 733	6 372.18	170 819.04

Estribaciones orientales	1 286 370	61 909.14	1 223 019.08
Montañas orientales	2 916 498	46 218.22	2 859 838
Páramo	497 281	13 393.19	483 246.03
Estribaciones occidentales	1 410 958	51 809.33	1 357 706.89
Montañas occidentales	1 643 184	47 593.83	1 595 148.39
Manglar	87 783	389	87 281
Total	20 001 196	937 926.2	19 005 918

Nota: No se sumó la “ganancia” a CA2, debido a que el ráster de ganancia de cobertura arbórea se desconoce si es cobertura natural, o son zonas que sufrieron cambio de uso de suelo para sembrar árboles comerciales.

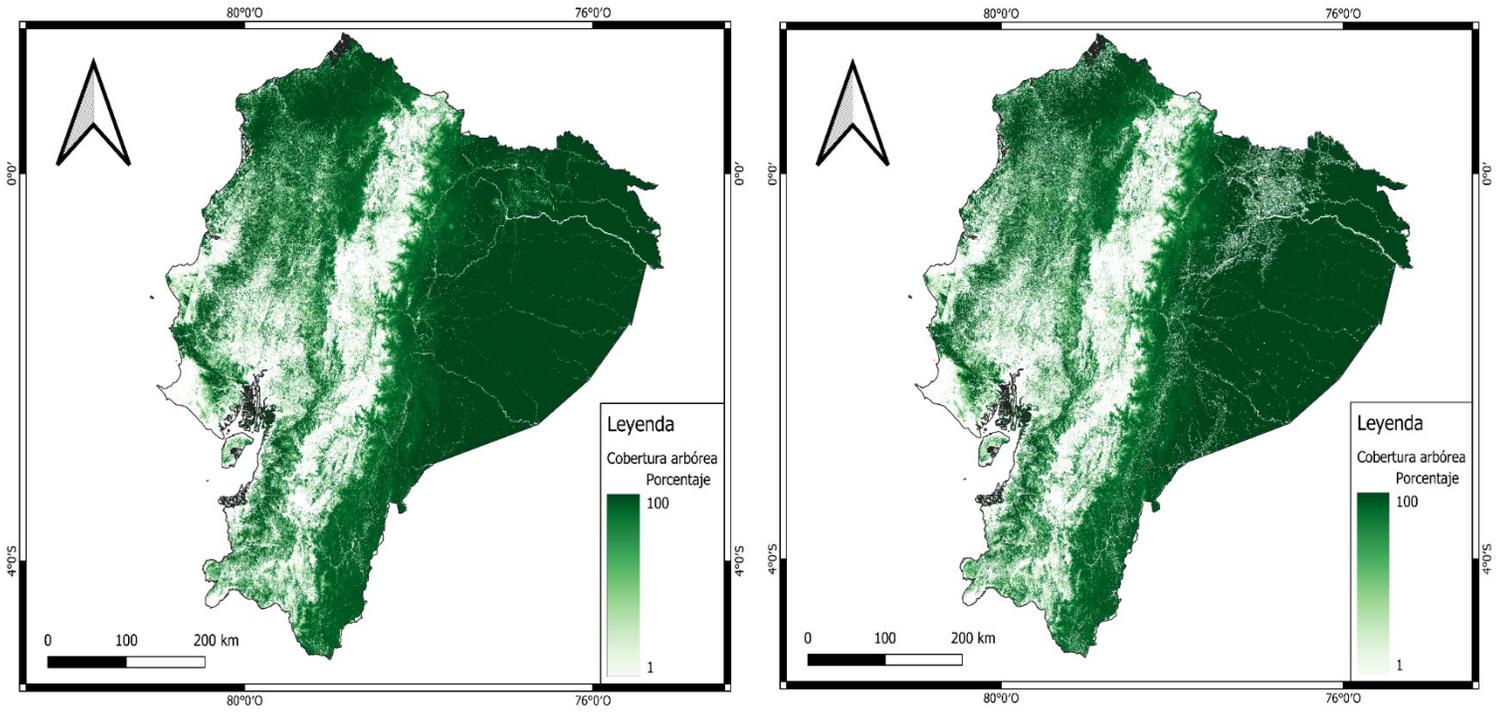


Figura 3. Cobertura arborea 2000 (Izquierda) y cobertura arborea primero de enero del 2023 (Derecha).

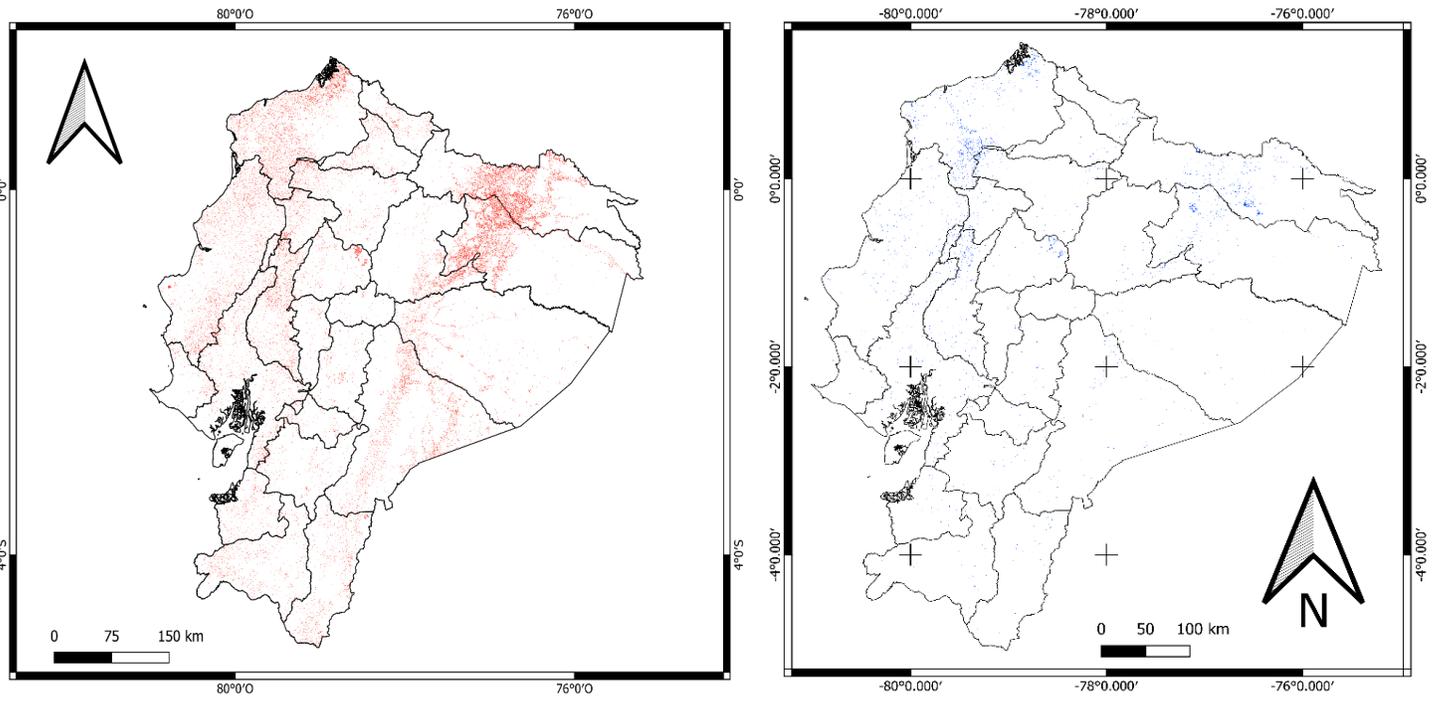


Figura 4. Perdida de cobertura arbórea 2001-2022 (Izquierda) y “ganancia” hasta el 2012 (Derecha).

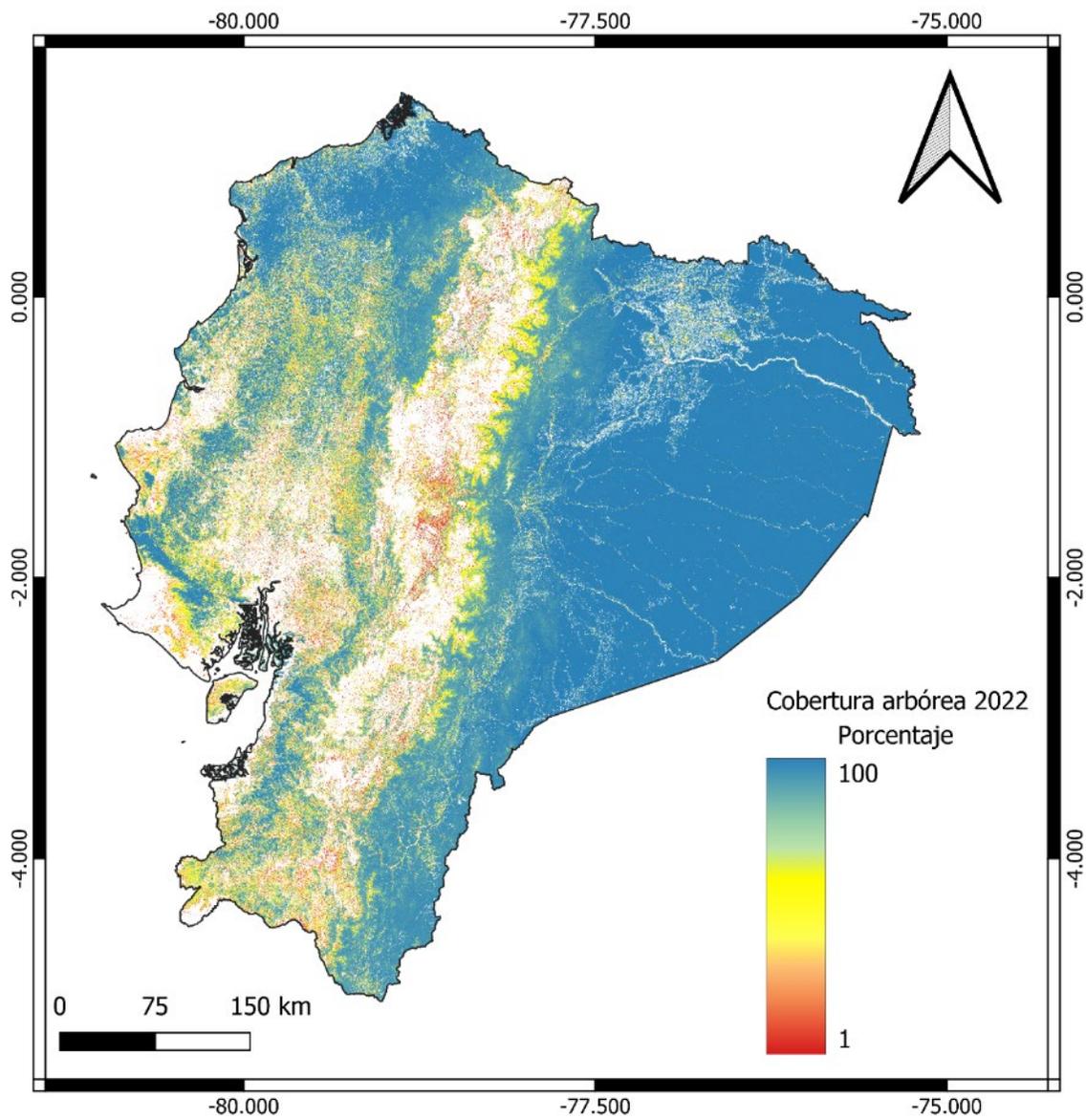


Figura 5. Cobertura arbórea de Ecuador el primero de enero del 2023. Las zonas azules demarcan las zonas con una calidad de cobertura alta, mientras que las zonas amarillas indican áreas medianamente en buen estado y las rojas, muy pésima cobertura.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian el cambio considerable en la cobertura arbórea de Ecuador y sus regiones naturales en el transcurso de dos décadas. Es importante resaltar que, aunque las cifras de pérdida de cobertura arbórea son significativas (Tabla 1), también se ha observado una ganancia de cobertura arbórea hasta el año 2012. Esta ganancia, aunque no se sumó al total de cobertura arbórea debido a la limitación del conjunto de datos de Hansen et al (2013) en diferenciar entre la regeneración natural y las plantaciones de árboles comerciales, también puede indicar ciertos esfuerzos de reforestación o regeneración natural en ciertas áreas, también puede indicar cambios de uso de suelo para plantaciones forestales o de palma; pero el dataset no distingue entre la regeneración natural y las plantaciones de árboles comerciales (Tropek et al., 2014). En la figura 3 y 4 se puede observar que las zonas de mayor pérdida de cobertura están en las zonas norte de Ecuador, tanto al oriente como al occidente (Esmeraldas principalmente), siendo las zonas de mayor prioridad para tomar medidas de mitigación y mejorar los controles, debido a que son las regiones más grandes y de mayor biodiversidad del país; y también son las zonas que hasta el 2012 mostraban una “ganancia” de cobertura arbórea, pudiendo ser un indicativo del cambio de uso de suelo a agricultura, o para explotación minera y petrolera. Por otra parte, Ecuador para el año 2000 contaba con 20 001 196 ha de CA (árboles con altura mínima de 5 metros) y desde el primero de enero del 2001 al 31 de diciembre del 2022 perdió 995 278 ha de CA representando una pérdida del 4.98%, y a su vez esta pérdida representaría el 96.3 % de la extensión del Parque Nacional Yasuní; cabe recordar que la desventaja de esta metodología es que no se puede determinar la causa exacta de la pérdida, pero se presume que el principal responsable es la deforestación. Por otra parte, el país contaba con cobertura arbórea de una calidad mínima del 80% por píxel (30 metros) del 11.67%, y el 64.54% representaba una cobertura de una calidad mínima del 90% (Tabla 2), y para inicios del 2022 estos porcentajes disminuyeron a 11.56 % y 61.88 % respectivamente.

Consecuentemente, Ecuador es considerado un hotspot de biodiversidad a nivel mundial y está entre los diez países con el mayor número de especies de árboles en el mundo (Beech et al. 2017), y según la Lista Roja de Ecosistemas de la UICN, el 22% de los ecosistemas forestales del Ecuador se encuentran actualmente en peligro (Noh et al. 2020) Contrariamente a esta realidad, entre 1990 y 2018 perdió alrededor del 12 % de su área de bosque natural (Kleemann et al. 2022). Esta pérdida es mucho mayor a la reportada en el presente estudio, donde se obtuvo que Ecuador desde el 2001 al 2022 perdió aproximadamente el 4.98 % de sus bosques, aunque en este estudio se limita a analizar árboles de cinco metros mínimo de alto, pudiendo esto marcar la diferencia entre ambos análisis. No obstante, ambos estudios reflejan la afectación de cambio de uso de la tierra debido a los cultivos agrícolas, el pastoreo de ganado, la urbanización, la infraestructura, la minería y la exploración petrolera en Ecuador (Calderón y Reyes, 2015; Curatola et al. 2015). Consiguientemente, la pérdida de cobertura arbórea en las distintas regiones naturales de Ecuador varía de manera significativa, lo que puede indicar la influencia de factores regionales y locales en la deforestación. Estos factores pueden incluir, pero no se limitan a, la presión demográfica, la actividad económica, las políticas de uso del suelo y los eventos climáticos extremos

(DeFries et al., 2010), también al tráfico de tierras, intereses de los gobiernos de paso y disponibilidad de recursos de alto valor económico (petróleo, metales preciosos, cal, entre otros); aunque la agricultura es el principal responsable de la deforestación en Ecuador, especialmente en la Amazonia y la Costa, y le siguen de cerca las exploraciones mineras y petroleras (Kleemann et al. 2022). Además, en el año 2012 y 2017 se destacaron como años con mayor pérdida de cobertura arbórea en Ecuador. Los datos obtenidos en el presente estudio ayudan a corroborar lo reportado por Kleemann et al. (2022), donde llevaron a cabo un análisis espacial en Ecuador, quienes identificaron y calcularon el porcentaje de deforestación en Ecuador entre 1990 y 2018, para determinar la eficacia de las áreas protegidas, obteniendo que aproximadamente el 25,5% de la deforestación acumulada en 28 años, se originó en las zonas de amortiguamiento y alrededor del 4% dentro de los límites del SNAP; y aunque en teoría las áreas protegidas tienen un alto grado de monitoreo para evitar la deforestación, sus zonas tampón tienen un alto nivel de pérdida forestal (Kleemann et al. 2022), siendo un indicativo de que las acciones de conservación y multas ambientales deben intensificarse.

De la regiones naturales, en la Amazonía la pérdida de cobertura arbórea fue especialmente severa, con más de 391 720.51 ha perdidas en las dos décadas de estudio (2001 al 2022). Esta pérdida puede estar relacionada con la expansión de la agricultura y la explotación maderera, dos actividades que han sido identificadas como principales motores de la deforestación en la región (Rudel et al., 2005;). Sin embargo, también se observó una ganancia de cobertura arbórea en esta región, lo que sugiere que algunos bosques pueden estar recuperándose de la perturbación o también puede ser por siembra de especies forestales. Sin embargo, Kleemann et al. (2022) aseguran que la agricultura es la principal impulsora de la pérdida forestal en la región; en especial, porque las actividades agrícolas representan el 60 % de los ingresos de las personas que viven en la Amazonia (Piotrowski et al. 2019; Steinweg et al. 2019). Por otro lado, las concesiones mineras y petroleras no se quedan atrás; antes del 2016, especialmente en tierras indígenas, existía ya una explotación minería legal e ilegal (Quijano et al. 2020), debido a que el mayor número de minas se encuentra en el sur del país, tanto en las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe en la Amazonía, como en la provincia de Loja en los Andes (Red Amazónica de Información Socioambiental Geo-referenciada, 2021; Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) de Ecuador, 2021), acrecentándose el problema en el año 2016, debido a que el Gobierno nacional de aquel momento, aprobó la exploración minera en el Ecuador continental, de aproximadamente el 13%, como consecuencia provocando un aumento en la deforestación (Encyclopædia Britannica Inc. Ecuador, 2023), lo cual se ve reflejado en la Tabla 1 y Figura 1, en el 2015 la pérdida fue de 32 541 ha, en el 2016 del 47 817 ha y para el 2017, la pérdida se había duplicado con respecto al 2015, perdiendo el país 75 150 ha de bosque. Y en el norte de la región, se pudo observar que la mayor pérdida de cobertura arbórea se da en las provincias Orellana, Napo y Sucumbíos (Figura 4), justamente las provincias donde existe una fuerte presión petrolera; también se pudo evidenciar que en estas zonas había una “ganancia” de cobertura, acrecentando la teoría de que esas ganancias son cambios de uso de suelo a siembra de especies forestales.

En la Selva Tropical Chocó, otra región con una pérdida significativa de cobertura arbórea, con 254 126.96 de ha pérdidas en 22 años, los factores que contribuyen a la deforestación pueden ser diferentes, pero principalmente a la exploración minera legal e ilegal. Este ecosistema es uno de los más biodiversos del mundo, pero también es altamente vulnerable a la perturbación debido a su clima húmedo y a la presencia de especies endémicas y especializadas (Myers et al., 2000). La deforestación en esta región también está impulsada por la expansión de la agricultura de subsistencia y la explotación ilegal de madera (Balmford et al., 2002), siendo una tendencia que se mantiene hasta el 2023. Sin embargo, la pérdida de cobertura arbórea en esta región fue menor que en la Amazonía, lo que puede reflejar las diferencias en las políticas de conservación y las presiones demográficas, aunque también se debe a que no existe presión petrolera, pero el país varias veces a manejo la idea de comenzar exploraciones de este tipo en esta región natural. Por otro lado, las regiones del Páramo y el Arbusto seco, la pérdida de cobertura arbórea fue relativamente baja (140 34.97 y 6 913.96 ha respectivamente). Estas regiones son menos densamente pobladas y tienen tasas de deforestación más bajas que las regiones de bosque húmedo (Etter et al., 2006), probablemente también a que proporcionalmente son menos extensas con respecto a las demás regiones naturales y predominantemente están presentes especies de flora que no alcanzan los cinco metros de alto. Sin embargo, también son altamente vulnerables al cambio climático, que puede alterar los patrones de precipitación y aumentar la frecuencia de los incendios forestales (Poulter et al., 2010). En estas regiones, es posible que las estrategias de conservación deban centrarse en la adaptación al cambio climático y en la gestión del fuego, en lugar de la prevención de la deforestación.

La región del Manglar, por otro lado, presentó una pérdida mínima de cobertura arbórea (502 ha). No obstante, esta pérdida puede ser en parte atribuida a la precisión limitada del conjunto de datos del Hansen global forest change v1.10 (2023) en este tipo de ecosistemas, también es posible que las políticas de conservación en esta área estén teniendo un impacto positivo. Los manglares son ecosistemas altamente productivos que proporcionan una serie de servicios ecosistémicos, incluyendo la protección de la costa, la provisión de hábitats para la vida silvestre y la captura de carbono (Barbier et al., 2011). Sin embargo, también son altamente vulnerables al cambio climático y a las actividades humanas, como la conversión de tierras para la acuicultura (Alongi, 2002). Por lo tanto, intensificar los esfuerzos para conservar estos ecosistemas son esenciales para la sostenibilidad de las costas de Ecuador. En especial, a que las principales razones de su estado crítico actual de conservación en Ecuador son por la actividad acuícola, tala ilegal y extracción de recursos naturales (Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1999; Colditz et al., 2012), siendo la industria camaronera (actividad acuícola) el principal responsable de la deforestación del manglar en el país (Argandona, 2016), y aunque está prohibido por ley la deforestación del manglar y expansión camaronera a costa de talar manglar, varias ONGs han reportado la tala indiscriminada de manglares para la expansión camaronera en la última década (2013-2023).

Un aspecto crítico que vale la pena discutir es la situación particular del bosque seco tropical o bosque caducifolio en Ecuador. Esta eco-región, que se extiende a lo largo de la costa oeste del país, es uno de los ecosistemas más amenazados y menos protegidos en el mundo (Janzen, 1988). Contrariamente de su importancia para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, el bosque seco tropical ha sido

ampliamente convertido para la agricultura, la ganadería y otras actividades humanas (Miles et al., 2006). Los resultados indican que el bosque seco tropical en Ecuador también ha experimentado una pérdida significativa de cobertura arbórea durante el periodo de estudio. Sin embargo, el porcentaje de pérdida fue menor que en otras regiones, como la Amazonia y el Chocó Selva Tropical, donde estas regiones perdieron más de 200 000 ha de bosque en 22 años, pero son regiones con mucha mayor cobertura arbórea de la que queda actualmente para el Bosque Seco Tropical. Esto puede reflejar la ya reducida extensión de este ecosistema, y el hecho de que esta región haya perdido casi 100 000 ha en 22 años, refleja que las estrategias de conservación en esta región natural están siendo ineficientes, debiéndose priorizar acciones legales mucho más fuertes para su conservación y restauración ecológica. Ya que, los bosques secos tropicales son especialmente vulnerables a la deforestación debido a su alta productividad y fertilidad del suelo (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010). Lo más actual que se tiene en cuanto a deforestación de la costa ecuatoriana (donde predomina principalmente el bosque seco tropical), es un estudio hecho por Dodson & Gentry (1991), donde determinaron que el 90 % de los bosques de tierras bajas y estribaciones del Pacífico ecuatoriano por debajo de los 900 msnm habían sido transformados en zonas de cultivos y plantaciones.

Los bosques secos tropicales están entre los ecosistemas más amenazados y menos protegidos del mundo (Janzen, 1988; Miles et al., 2006), ya que, la región presentaba una tasa de deforestación de 1.9% hasta el 2018, donde la región había perdido entre el 50 – 70% de su cobertura original (Sierra, 2018), en el que Santa Elena y Guayas fueron las provincias más afectadas para el período 2000-2008 (MAE, 2012). Aunque para la costa ecuatoriana varios autores han hecho contribuciones con sus estudios de ecología forestal y satelital (Paladines 2003; Bonifaz & Cornejo 2004; Pennington et al., 2004; Aguirre & Delgado, 2005; Leal-Pinedo & Linares-Palomino, 2005; Vázquez et al., 2005; Aguirre et al., 2006a b; Marcelo-Peña et al., 2007; García-Villacorta, 2009; Pennington et al., 2009; Linares-Palomino et al., 2010; Espinoza et al., 2012; Jadán et al., 2014; Muñoz et al., 2014; Portillo-Quintero et al., 2015; Escribano-Avila, 2016; Eguiguren-Velepucha et al., 2016; Eduardo-Palomino et al., 2017; Escribano-Avila et al., 2017), sigue sin haber suficiente información sobre el estado actual de los bosques de la costa ecuatoriana (Cuesta et al. 2013; 2017), pero el presente estudio aporta con información valiosa y actualizada con respecto al estado actual de la cobertura arbórea para la región natural, y como ha sido su pérdida hasta el 31 de diciembre del 2022, ayudando a disminuir este vacío de información. Es importante destacar que la conservación del bosque seco tropical requiere enfoques específicos que consideren su ecología única y los desafíos particulares que enfrenta. Por ejemplo, debido a su estacionalidad marcada y su alta variabilidad interanual en la precipitación, el bosque seco tropical es especialmente vulnerable al cambio climático (Murphy y Lugo, 1986). Además, la conservación de este ecosistema debe abordar las presiones específicas de la agricultura y la ganadería, que son actividades predominantes en estas áreas, también la minería no pétreo, aunque en menor medida.

Por lo tanto, al planificar y llevar a cabo los esfuerzos de conservación en Ecuador y promover la mejora de los planes de manejo de todos los tipos de bosques protegidos, es esencial considerar no sólo la pérdida de cobertura arbórea, sino también la calidad y la composición de las regiones restantes,

permitiendo tomar las mejores acciones para su conservación efectiva (Tabla 3). Además, es crucial considerar las variaciones en las presiones y amenazas que enfrentan los diferentes ecosistemas y diseñar estrategias de conservación que sean adecuadas para cada contexto. Asimismo, es importante considerar la posibilidad de que la pérdida de cobertura arbórea en algunas regiones pueda estar compensada por la ganancia de cobertura arbórea en otras. Este fenómeno, conocido como desplazamiento de la deforestación, puede ocurrir cuando las medidas de conservación en una región provocan que la presión de la deforestación se traslade a otra (Ewers y Rodrigues, 2008). Un análisis más detallado de los patrones espaciales y temporales de la pérdida y ganancia de cobertura arbórea podría ayudar a identificar la posible presencia de este fenómeno en Ecuador. Estos resultados son una herramienta a implementarse en futuro a áreas protegidas públicas, privadas y comunales, en sus programas de conservación, ya que estas iniciativas pueden tener un impacto positivo en la reducción de la pérdida de cobertura arbórea, en caso de ser usado por las autoridades pertinentes para mejorar sus acciones de conservación. En especial, a que han demostrado ser las áreas protegidas ser efectivas para conservar los bosques y la biodiversidad (Geldmann et al., 2013). Sin embargo, también es importante señalar que la eficacia de las áreas protegidas puede variar significativamente en función de una serie de factores, como el nivel de implementación y cumplimiento de las regulaciones, la presencia de amenazas en las áreas circundantes y el apoyo local a las medidas de conservación (Leverington et al., 2010). Por lo tanto, es fundamental que los programas de conservación se diseñen y gestionen de manera que aborden estos datos para maximizar su impacto y generar conectividad entre las áreas protegidas, bosques protegidos, bosques comunales, entre otros. Asimismo, se debe señalar que, aunque los programas de conservación pueden ayudar a reducir la pérdida de cobertura arbórea, no pueden eliminar completamente las amenazas a los bosques. Además de las medidas de conservación en sitio, también es esencial abordar las causas subyacentes de la pérdida de cobertura arbórea, como las políticas de uso del suelo, las prácticas agrícolas insostenibles y la demanda de madera y otros productos forestales (Lambin et al., 2001). Esto requerirá un enfoque integrado que combine la conservación en sitio con políticas y medidas a nivel nacional e internacional.

Consecuentemente, alrededor del 20% de la superficie terrestre de Ecuador está protegida por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), que preserva áreas de importancia biológica (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015). Si bien estas áreas están protegidas a nivel nacional, la presión antrópica es muy fuerte en sus zonas de amortiguamiento (Kleemann et al. 2022). Entre 2001 y 2011, Andrade-Nez y Aide (2020) examinaron la luz nocturna en América del Sur como un indicador de infraestructura en las Áreas Protegidas (AP) y sus alrededores; por la falta de zonas de amortiguamiento y corredores, Ecuador y Venezuela experimentaron la mayor expansión de infraestructura dentro y alrededor de las Áreas Protegidas, ejerciendo una mayor presión año a año. Por otro lado, también existen las zonas protegidas que no están dentro del SNAP, como los Bosques Protectores, Bosques Comunales y los bosques protegidos por los Gobiernos Autónomos descentralizados, que también ayudan a mitigar la pérdida forestal del país. En base a esto, Van der Hoek (2017) usó modelos lineales generalizados para comparar la efectividad de las AP contra la deforestación entre 2000 y 2008 en relación con la preservación de los bosques en Ecuador, determinando que independientemente de la edad, el tamaño o el nivel de protección,

en general hubo una mayor pérdida de bosque fuera de las zonas protegidas. El analizar las causas y las tendencias de estas deforestaciones y la fragmentación de los bosques es crucial para rastrear los cambios, sacar conclusiones sobre las tendencias del uso de la tierra, medir el éxito del estado de protección nacional, guiar la toma de decisiones y mitigar los efectos adversos (Kleemann et al. 2022), y en el presente estudio se evalúa las tendencias en la pérdida de cobertura arbórea desde el 2001 al 2023, ayudando a llenar estos vacíos de información, y también estimando cuál es la cobertura arbórea del país aproximada a inicios del 2023.

En cuanto a la priorización de las áreas prioritarias de restauración ecológica en el país, se pudo identificar que la zona costa y estribaciones de los andes, son las áreas en los cuales se deben enfocar los esfuerzos de reforestación y reconectividad, especialmente en el hotspot Tumbes-Chocó-Magdalena, buscando reconectar principalmente la cordillera Chongón Colonche con el Chocó; logrando así recuperar la viabilidad ecológica de estas zonas, y preservar la viabilidad genética de la especies a futuro en el país. Y por todo lo anteriormente expuesto, el presente estudio proporciona un panorama detallado de los cambios en la cobertura arbórea en Ecuador y sus regiones naturales, siendo el primer estudio hecho para el país. Los resultados subrayan la necesidad de esfuerzos de conservación sostenidos y estrategias integradas para abordar la pérdida de cobertura arbórea. También se resalta la importancia de considerar la variación regional en las estrategias de conservación y de abordar las causas subyacentes de la pérdida de cobertura arbórea. A medida que se avance hacia un futuro incierto con el cambio climático y otras presiones antropogénicas, la conservación de los bosques de Ecuador será cada vez más crítica para la protección de la biodiversidad global y la provisión de servicios ecosistémicos vitales. En el cual será importante que las autoridades ambientales y el gobierno tomen acciones para frenar la pérdida forestal en Ecuador, y se empiecen los procesos de restauración ecológica.

Financiamiento

El presente proyecto no contó con financiamiento.

Conflicto de intereses

El presente proyecto no tiene ningún tipo de conflicto de interés.

Contribuciones de autoría

Análisis y escritura

Mensajes clave

¿Qué se sabe sobre el tema?

La cobertura arbórea es un componente vital de la biodiversidad del planeta y juega un papel crucial en la prestación de servicios ecosistémicos, incluyendo la regulación del clima, el almacenamiento de carbono, y el

suministro de agua. En Ecuador, como en muchos países con una rica biodiversidad, la pérdida de cobertura arbórea debido a la deforestación y otros factores es una preocupación significativa. Aunque existen estimaciones generales de la pérdida de cobertura arbórea a nivel global, a menudo se carece de análisis más detallados y actualizados a nivel de país o región, particularmente en lugares con alta diversidad de ecosistemas como Ecuador. Este patrón puede estar relacionado con eventos específicos, como cambios en la política de uso del suelo, eventos climáticos extremos o cambios en la economía local.

¿Qué añade el estudio realizado a la literatura?

Este estudio proporciona una evaluación detallada y actualizada de la dinámica de la cobertura arbórea en Ecuador y sus regiones naturales durante el período 2000-2022. Utilizando el conjunto de datos de Hansen et al. (2013) y realizando análisis en Google Earth Engine, el estudio ofrece una visión más precisa de las tendencias de pérdida y ganancia de cobertura arbórea en el país. Además, el estudio destaca las diferencias regionales significativas en estas tendencias, lo que subraya la necesidad de políticas de conservación más eficaces y específicas para cada región. Por último, el estudio enfatiza la importancia de una monitorización más precisa y la inclusión de variables de uso de la tierra para una comprensión más completa de la dinámica forestal en Ecuador.

Referencias

- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) de Ecuador. (2021). Disponible en línea: <https://www.gob.ec/arcernnr/tramites/emision-reporte-grafico-catastral-provincia-sector-mineria#beneficiary> (consultado en el 31 de agosto de 2021).
- Aguirre, Z. & Delgado T. (2005). Vegetación de los bosques secos de Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la provincia de Loja. En: Vázquez M.A., Freile J.F. & Suárez L. (eds.) Biodiversidad en los bosques secos de la zona de Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. 9-24. *EcoCiencia, MAE y Proyecto Bosque Seco*.
- Andrade-Núñez, M.J.; Aide, T.M. (2020). Using nighttime lights to assess infrastructure expansion within and around protected areas in South America. *Environ. Res*
- Argandona, L.B. (2016). Sector Camaronero: Evolución y proyección a corto plazo. *FCSHOPINA* 87: 1-7.
- Armenteras, D., Rudas, G., Rodríguez, N., Sua, S., y Romero, M. (2006). Patterns and causes of deforestation in the Colombian Amazon. *Ecological Indicators*, 6(2), 353–368.

- Asner, G.P., Rudel, T.K., Aide, T.M., Defries, R., y Emerson, R. (2009). A contemporary assessment of change in humid tropical forests. *Conservation Biology*, 23(6), 1386–1395.
- Bastin, J. F., Berrahmouni, N., Grainger, A., Maniatis, D., Mollicone, D., Moore, R., Patriarca, C., Picard, N., Sparrow, B., Abraham, E. M., Aloui, K., Atesoglu, A., Attore, F., Bassüllü, Ç., Bey, A., Garzuglia, M., García-Montero, L. G., Groot, N., Guerin, G., ... Castro, R. (2017). The extent of forest in dryland biomes. *Science*, 356(6338), 635–638. <https://doi.org/10.1126/science.aam6527>
- Beech, E.; Rivers, M.; Oldfield, S.; Smith, P.P. (2017=). GlobalTreeSearch: La primera base de datos mundial completa de especies arbóreas y distribuciones por países . *J. Sustain. For.* 36, 454-489.
- Bonifaz, C., & Cornejo, X. (2004). Flora del bosque de garúa (árboles y epifitas) de la comuna Loma Alta, cordillera Chongón Colonche, provincia del Guayas, Ecuador. Missouri Botanical Garden Press.
- Calderón, M.G.S.; Reyes, C.G.P. (2015). Ecuador: Revisión a las Principales Características del Recurso Forestal y de la Deforestación; Revista Científica y Tecnológica UPSE. Disponible en línea: https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/70/pdf_1 (consultado el 15 de noviembre de 2021).
- Colditz, R.R.; Acosta-Velázquez, J.; Díaz-Gallegos, J.R.; et al. (2012). Potential effects in multi-resolution post-classification change detection. *International Journal of Remote Sensing*, 33(20): 6426-6445
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., y van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Curatola Fernández, G.; Obermeier, W.; Gerique, A.; López Sandoval, M.; Lehnert, L.; Thies, B.; Bendix, J. (2015). Land Cover Change in the Andes of Southern Ecuador-Patterns and Drivers. *Remote Sens.* 7, 2509-2542.
- Dodson, C.H. & Gentry A.H. (1991). Biological extinction in western Ecuador. *Annals of the Missouri Botanical Garden*: 273-295
- Eduardo-Palomino, F., Chuquillanqui H., Najarro P. & Linares-Palomino R. (2017). Contribución a la flora vascular & vegetación de los valles secos interandinos de los ríos Torobamba (Ayacucho) y Pampas (Apurímac), sur del Perú. *Ecología Aplicada*, 16(2): 115-125. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1015>.
- Eguiguren-Velepucha, P.A., Chamba, J.A.M., Aguirre, N.A., Ojeda-Luna, T.L., Samaniego-Rojas, N.S., Furniss, M.J., Howe, C. & Aguirre, Z.H. (2016). Tropical ecosystems vulnerability to climate change in southern Ecuador. *Tropical Conservation Science*, 9(4): 1-17. DOI: 10.1177/1940082916668007.
- Encyclopædia Britannica Inc. Ecuador. (2023). Disponible en línea: <https://www.britannica.com/place/Ecuador#ref25836> (consultado en el 20 de agosto de 2023).

- Escribano-Avila, G. (2016). El bosque seco neotropical de la provincia ecuatoriana: un pequeño gran desconocido. *Revista Ecosistemas*, 25(2): 1-4
- Escribano-Avila, G., Cervera L., Ordóñez-Delgado L., JaraGuerrero A., Amador L., Paladines B., Briceño J., ParésJiménez V., Lizcano D.J., Duncan D.H. & Espinosa C.I. (2017). Biodiversity patterns and ecological processes in Neotropical dry forest: the need to connect research and management for long-term conservation. *Neotropical Biodiversity*, 3(1): 107-116. DOI: <https://doi.org/10.1080/23766808.2017.1298495>.
- Espinoza C.I., De la Cruz M., Luzuriaga A.L. & Escudero A. (2012). Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Revista Ecosistemas* 21: 1-2
- FAO & UNEP. (2020). The State of the World's Forests 2020. Forests, biodiversity and people. In FAO y UNEP. <http://doi.org/10.4060/ca8642en>
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., y Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570–574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- García-Villacorta R. (2009). Diversidad, composición y estructura de un hábitat altamente amenazado: los bosques estacionalmente secos de Tarapoto, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 16(1): 81-92. DOI: <https://doi.org/10.15381/rpb.v16i1.177>.
- Geist, H. J., y Lambin, E. F. (2002). Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *BioScience*, 52(2), 143. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0143:PCAUDF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0143:PCAUDF]2.0.CO;2)
- Geldmann, J., Barnes, M., Coad, L., Craigie, I.D., Hockings, M., y Burgess, N.D. (2013). Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biological Conservation*, 161, 230–238.
- Hansen global forest change v1.10 (2000-2022). (2023). Google for Developers. Recuperado el 19 de agosto de 2023, de https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/UMD_hansen_global_forest_change_2022_v1_10
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., y Townshend, J. R. G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Janzen, D.H. (1988). Tropical dry forests. The most endangered major tropical ecosystem. In E.O. Wilson (Ed.), *Biodiversity* (pp. 130-137). National Academies Press.

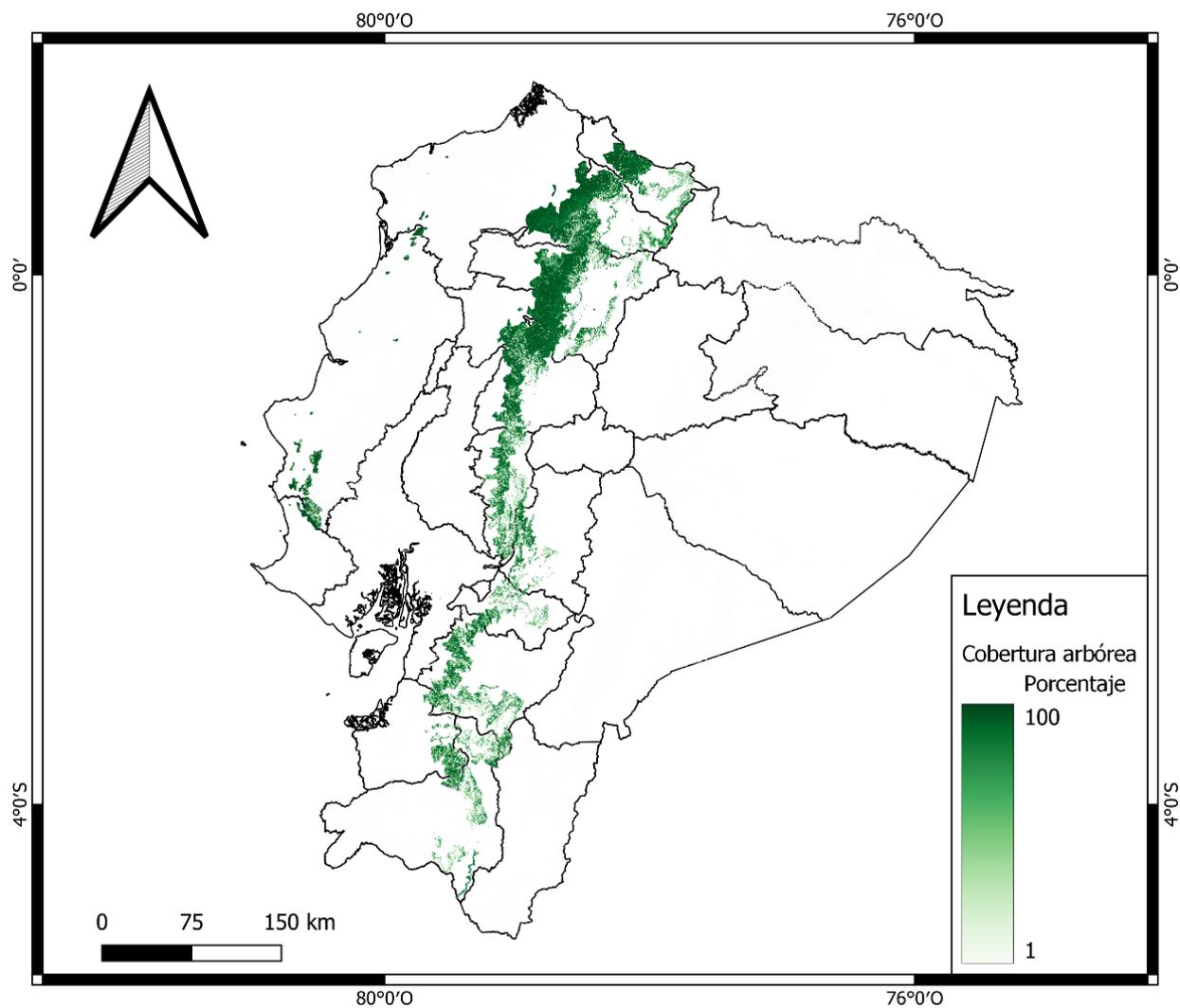
- Janzen, Daniel. (1988). Tropical dry forests: The most endangered major tropical ecosystem. *Biodiversity*. 130-137.
- Kleemann, Janina, Camilo Zamora, Alexandra Belen Villacis-Chiluisa, Pablo Cuenca, Hongmi Koo, Jin Kyoung Noh, Christine Fürst y Michael Thiel. (2022). “Deforestación en el Ecuador Continental con Enfoque de Áreas Protegidas” *Land* 11, no. 2: 268. <https://doi.org/10.3390/land11020268>
- Lambin, E.F., Turner, B.L., Geist, H.J., Agbola, S.B., Angelsen, A., Bruce, J.W., Coomes, O.T., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E.F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P.S., Richards, J.F., Skånes, H., Steffen, W., Stone, G.D., Svedin, U., Veldkamp, T.A., Vogel, C., y Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11(4), 261–269.
- Leal-Pinedo, J.M. & Linares-Palomino R. (2005). Los bosques secos de la Reserva de Biosfera del Noroeste (Perú): Diversidad arbórea y estado de conservación. *Caldasia*, 27(2): 195-211.
- Leverington, F., Costa, K.L., Pavese, H., Lisle, A., y Hockings, M. (2010). A global analysis of protected area management effectiveness. *Environmental Management*, 46(5), 685–698.
- Linares-Palomino, R., Kvist L.P., Aguirre-Mendoza Z. & Gonzales-Inca C. (2010). Diversity and 13pecies13o of woody plant species in the Equatorial Pacific seasonally dry forests. *Biodiversity and Conservation*, 19:169-185.
- Lindenmayer, D.B., Franklin, J.F., y Fischer, J. (2006). General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 131(3), 433-445.
- Marcelo-Peña, J.L., Reynel-Rodríguez, C., Zevallos-Pollito, P., Bulnes-Soriano, F. & Pérez-Ojeda del Arco, A. (2007). Diversidad, composición florística y endemismos en los bosques estacionalmente secos alterados del distrito de Jaén, Perú. *Ecología aplicada*, 6(1-2): 9-22.
- Miles, L., Newton, A. C., DeFries, R. S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., ... Gordon, J. E. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33(3), 491–505. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x>
- Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., y Gordon, J.E. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33(3), 491–505.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). (2015). Estadísticas forestales 2011-2014 Subsecretaría de Patrimonio Natural. Dirección Nacional Forestal del Ministerio del Ambiente.
- Muñoz, J., Erazo S. & Armijos D. (2014). Composición florística y estructura del bosque seco de la quinta experimental “El Chilco” en el suroccidente del Ecuador. *Cedamaz*, 4(1): 53-61Jadán O., Veintimilla D., Ponce E., González M., Waise H. & Aguirre Z. 2014. Identificación y caracterización florística de bosques naturales en el Bosque Protector Chongón Colonche, Ecuador. *Revista Bosques Latitud Cero*, 4: 7-14

- Murphy, P.G., y Lugo, A.E. (1986). Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17(1), 67-88.
- Noh, J.K.; Echeverria, C.; Kleemann, J.; Koo, H.; Fürst, C.; Cuenca, P. (2020) Alerta sobre el estado de conservación de los ecosistemas forestales en Andes tropicales: Evaluación nacional basada en los criterios de la UICN. *PLoS ONE* 15, e0237877.
- Paladines R. (2003). Propuesta de conservación del Bosque seco en el Sur de Ecuador. *Lyonia*, 4(2): 183-186.
- Pennington, R.T., Lavin M. & Oliveira-Filho A. (2009). Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 40: 437- 457.
- Pennington, R.T., Lavin, M., Prado, D.E., Pendry, C.A., Pell, S.K. & Butterworth, C.A. (2004). Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 359(1443): 515-538.
- Piotrowski, M.; Ortiz, E. (2019). Nearing the Tipping Point-Drivers of Deforestation in the Amazon Region; Inter-Amecian Dialogue: Washington, DC, EE.UU.
- Portillo-Quintero, C. A., & Sánchez-Azofeifa, G. A. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, Volume 143, Issue 1. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020>.
- Portillo-Quintero, C., Sanchez-Azofeifa, A., Calvo-Alvarado, J., Quesada, M. & do Espirito Santo, M.M. (2015). The role of tropical dry forests for biodiversity, carbon and water conservation in the neotropics: lessons learned and opportunities for its sustainable management. *Regional Environmental Change*, 15(6): 1039-1049
- Quijano Vallejos, P. Veit, P. Tipula, P., & Reytar, K. (2020). UNDERMINING RIGHTS Indigenous Lands and Mining in the Amazon; World Resource Institute: Washington, DC, EE.UU.
- Red Amazónica de Información Socioambiental Geo-referenciada (RAISG). (2018). Presiones y Amenazas a las Áreas Protegidas y Territorios Indígenas en la Amazonia (RAISG, São Paulo, Brasil, 2018). Disponible en línea: <https://www.amazoniasocioambiental.org/en> (consultado el 31 de agosto de 2021).
- Sierra R. (2018). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador: Una aproximación al estado de conservación de los ecosistemas terrestres del Ecuador continental. Consultado el 09 de junio de 2019 de: <https://bioweb.bio/floraweb/librorojo/litoral/>.
- Sierra, R. (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Ecociencia.

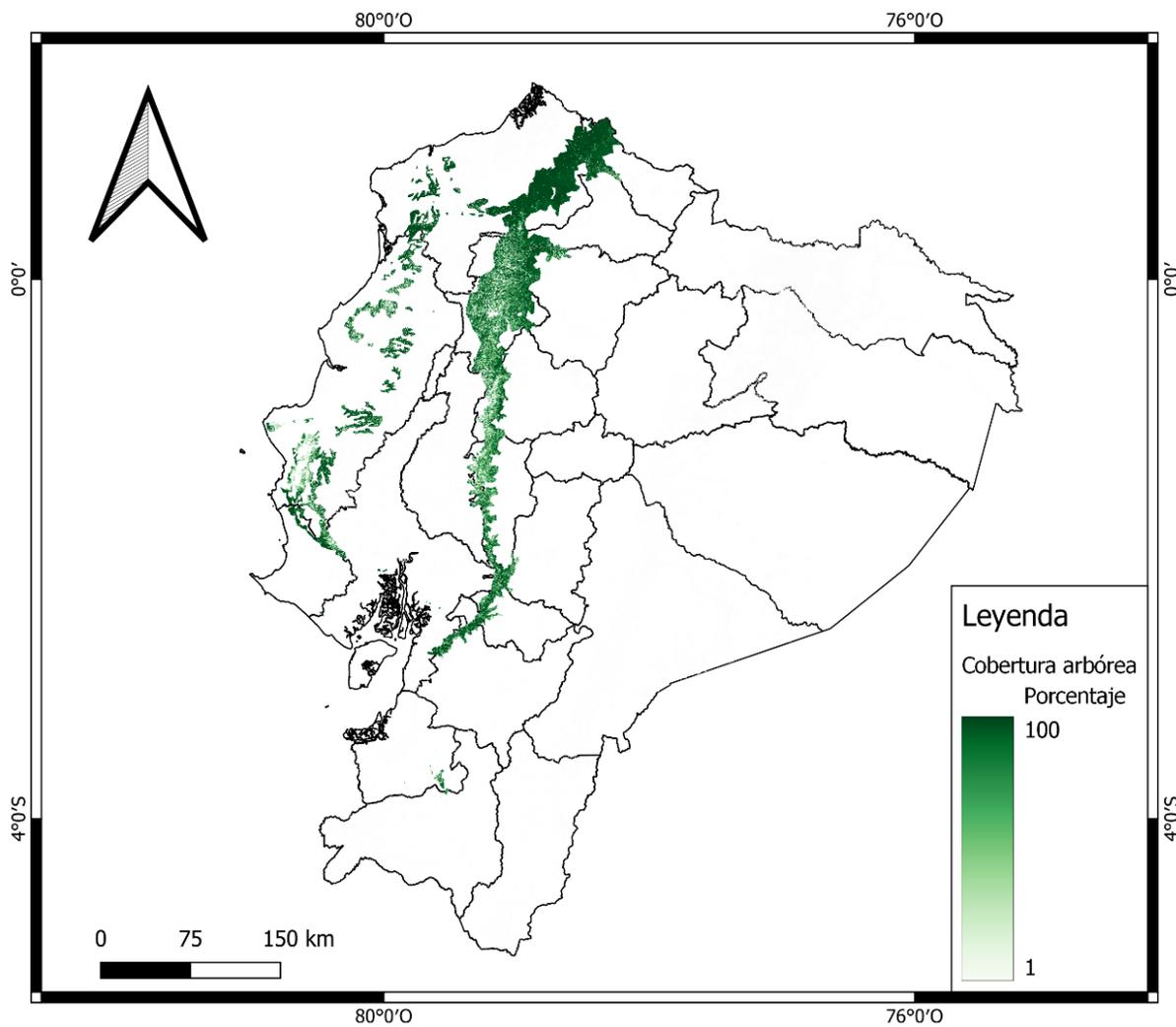
- Sodhi, N.S., Lee, T.M., Sekercioglu, C.H., Webb, E.L., Prawiradilaga, D.M., Lohman, D.J., Pierce, N.E., Diesmos, A.C., Rao, M., y Ehrlich, P.R. (2010). Local people value environmental services provided by forested parks. *Biodiversity and Conservation*, 19(4), 1175-1188.
- Steinweg, T., Kuepper, B., & Thoumi, G. (2019). Impulsores económicos de la deforestación: Sectores expuestos a riesgos financieros y de sostenibilidad; *Chain Reaction Research*: Washington, DC, EE. UU.
- Titeux, N., Henle, K., Mihoub, J.B., & Brotons, L. (2016). Climate change distracts us from other threats to biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(6), 291-291.
- Tropek, R., Sedláček, O., Beck, J., Keil, P., Musilová, Z., Šimová, I., & Storch, D. (2014). Comment on "High-resolution global maps of 21st-century forest cover change". *Science*, 344(6187), 981. <https://doi.org/10.1126/science.1248753>
- Tyukavina, A., Baccini, A., Hansen, M. C., Potapov, P. V., Stehman, S. V., Houghton, R. A., Krylov, A. M., Turubanova, S., & Goetz, S. J. (2015). Aboveground carbon loss in natural and managed tropical forests from 2000 to 2012. *Environmental Research Letters*, 10(7), 074002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/7/074002>
- Van der Hoek, Y. (2017). El potencial de las áreas protegidas para detener la deforestación en Ecuador. *Environ. Conserv.* 44, 124-130.
- Vázquez M.A., Freile J.F. & Suárez L. (eds). (2005). Biodiversidad en los bosques secos de la zona de Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. *EcoCiencia*, MAE & Proyecto Bosque Seco.
- Vieilledent, G., Grinand, C., Rakotomalala, F., Ranaivosoa, R., Rakotoarijaona, J. R., Allnut, T. F., y Achard, F. (2018). Combining global tree cover loss data with historical national forest cover maps to look at six decades of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Biological Conservation*, 222, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.04.008>
- Yáñez-Arancibia, A., & Lara-Domínguez, A.L. (1999). *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología AC México, UICN / ORMA, Costa Rica. 8-16.

Anexos

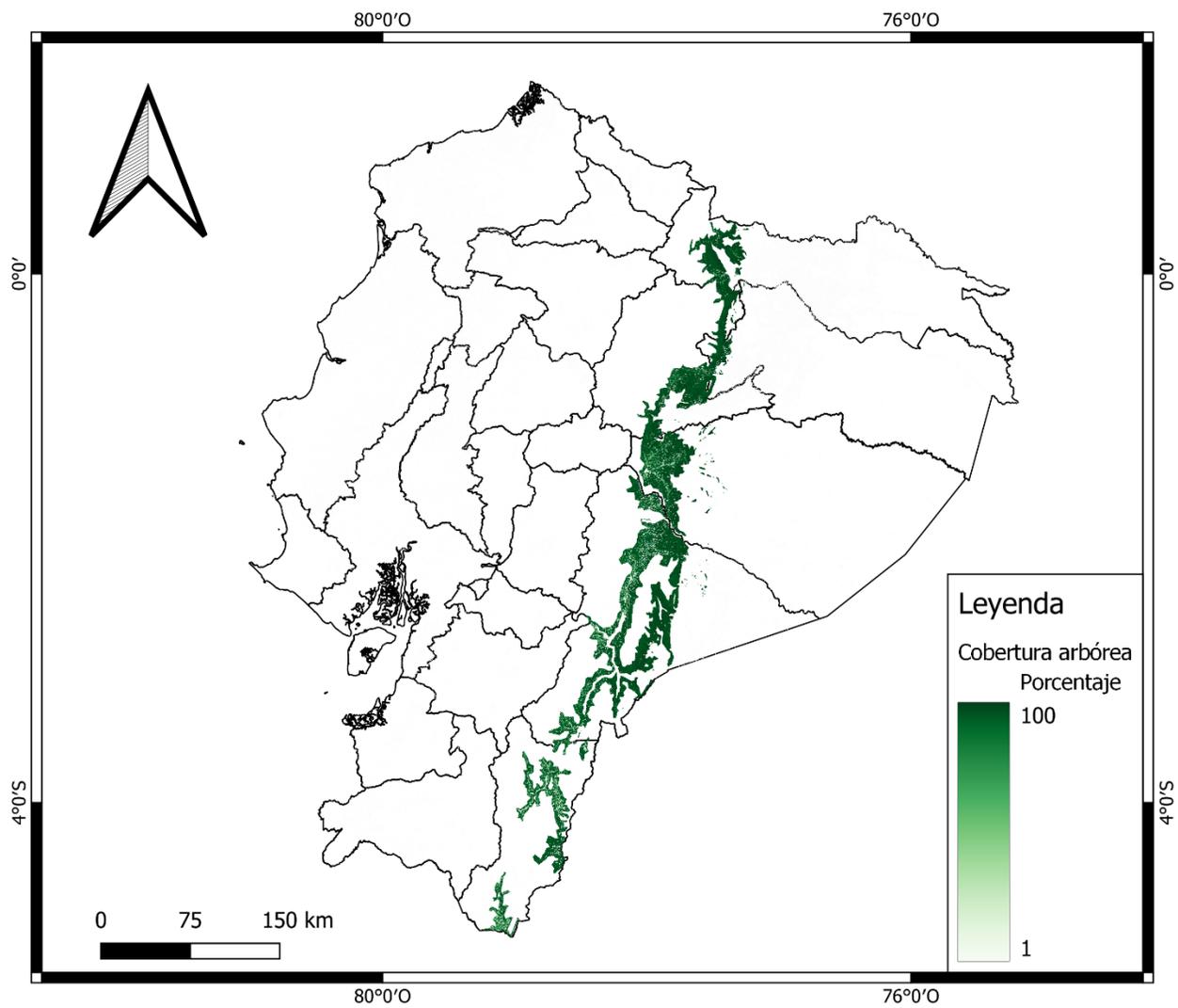
Anexo 1. Cobertura arbórea de la región Montañas occidentales el primero de enero del 2023.



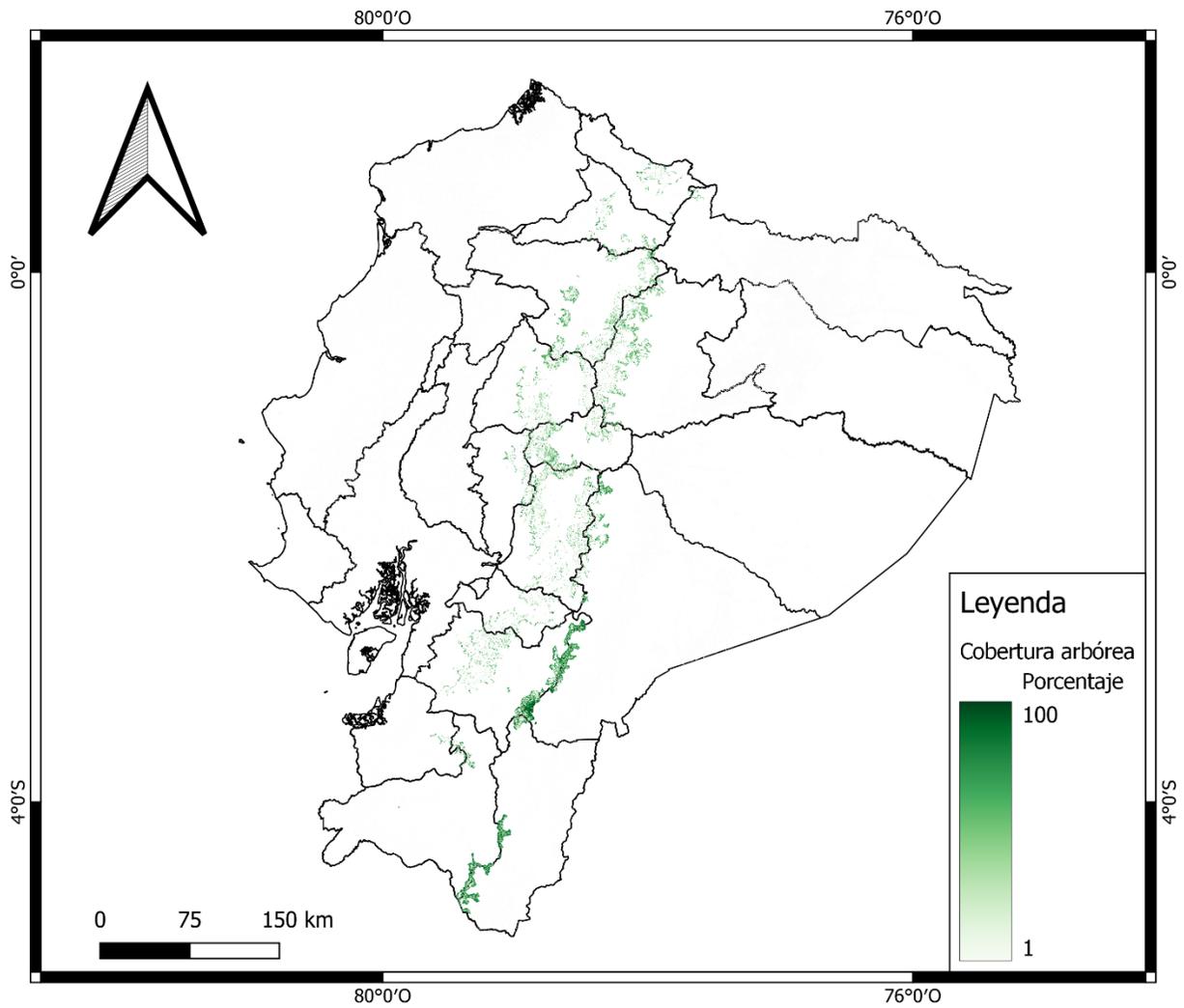
Anexo 2. Cobertura arbórea de la región Estribaciones occidentales el primero de enero del 2023.



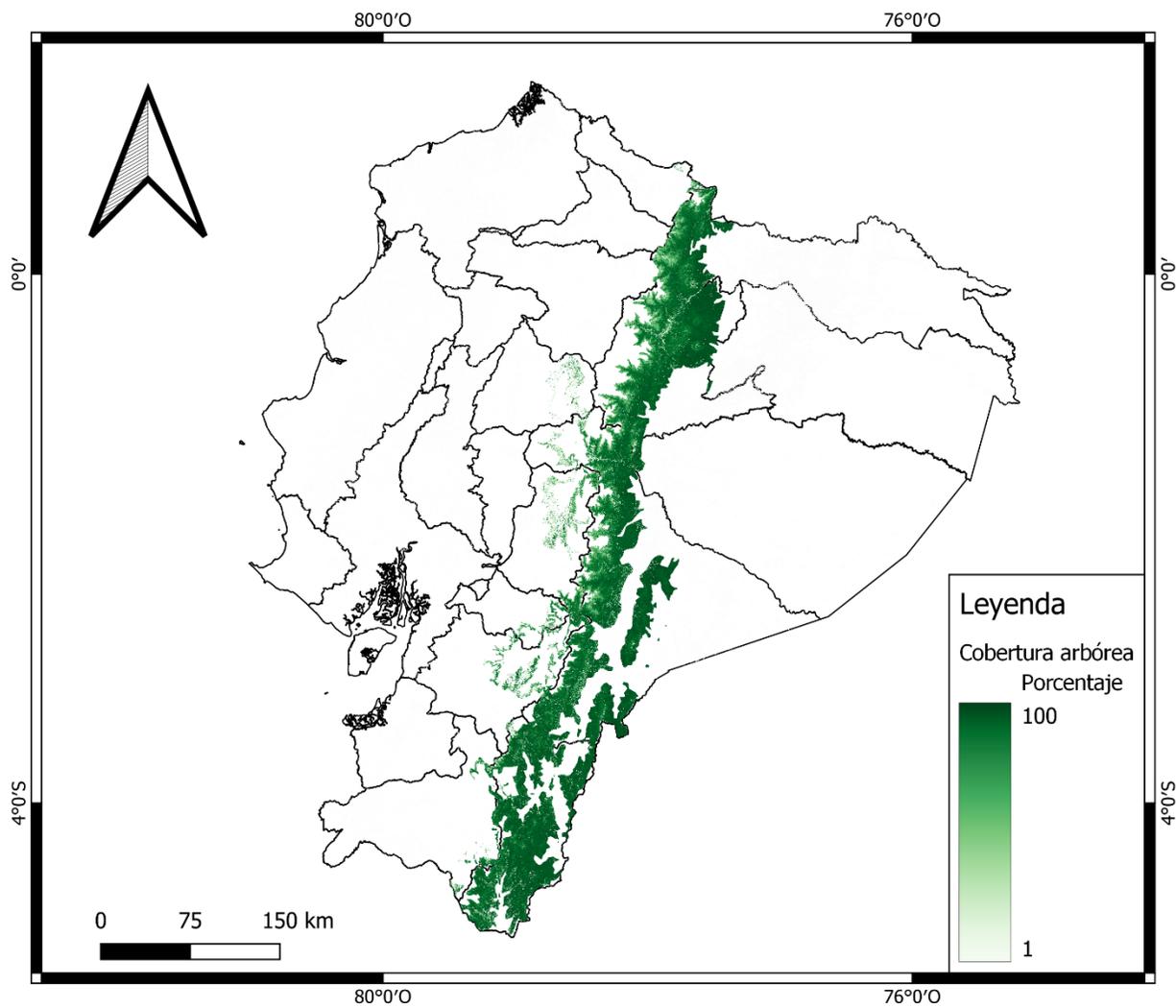
Anexo 3. Cobertura arbórea de la región Estribaciones orientales el primero de enero del 2023.



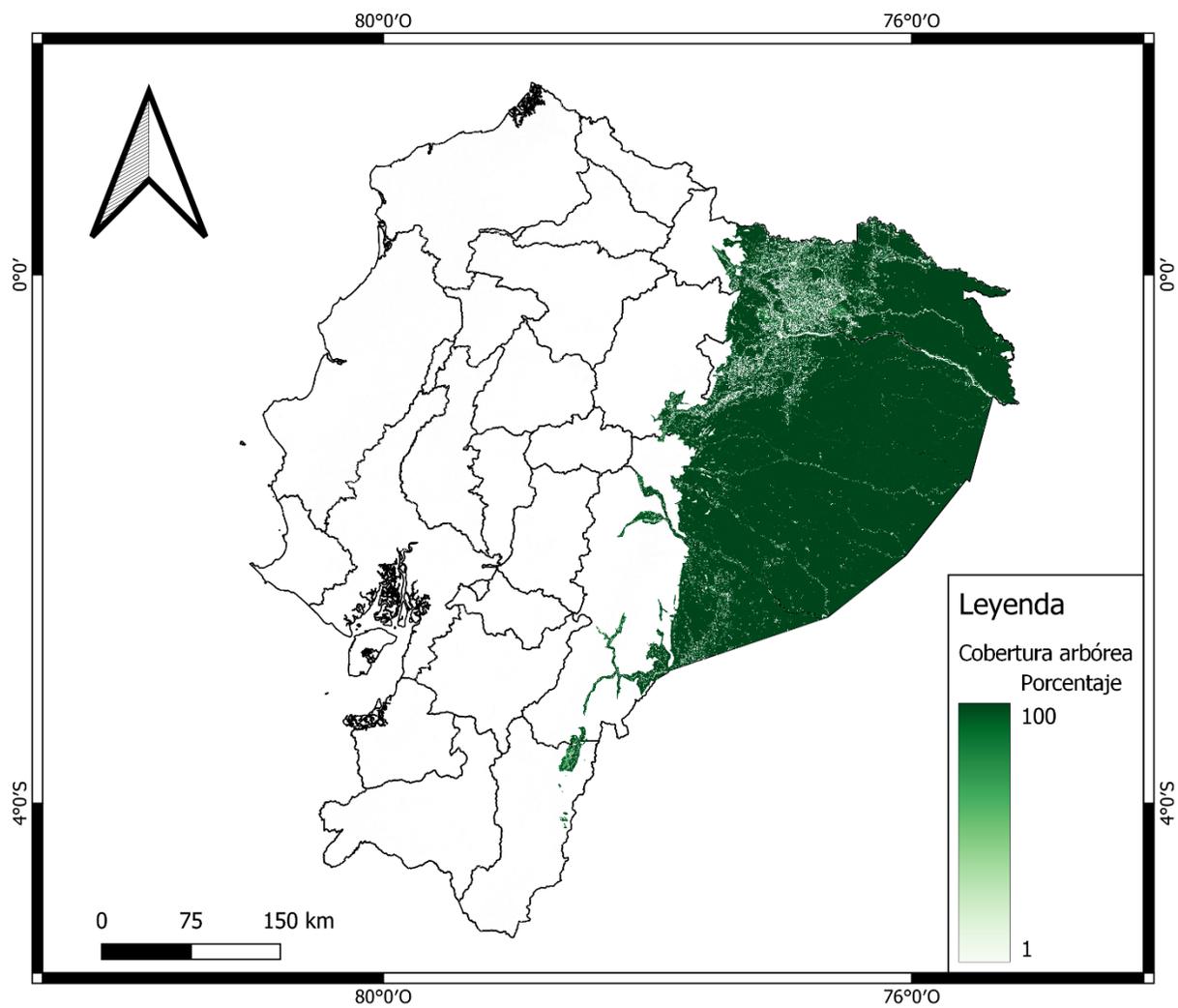
Anexo 4. Cobertura arbórea de la región Páramo el primero de enero del 2023.



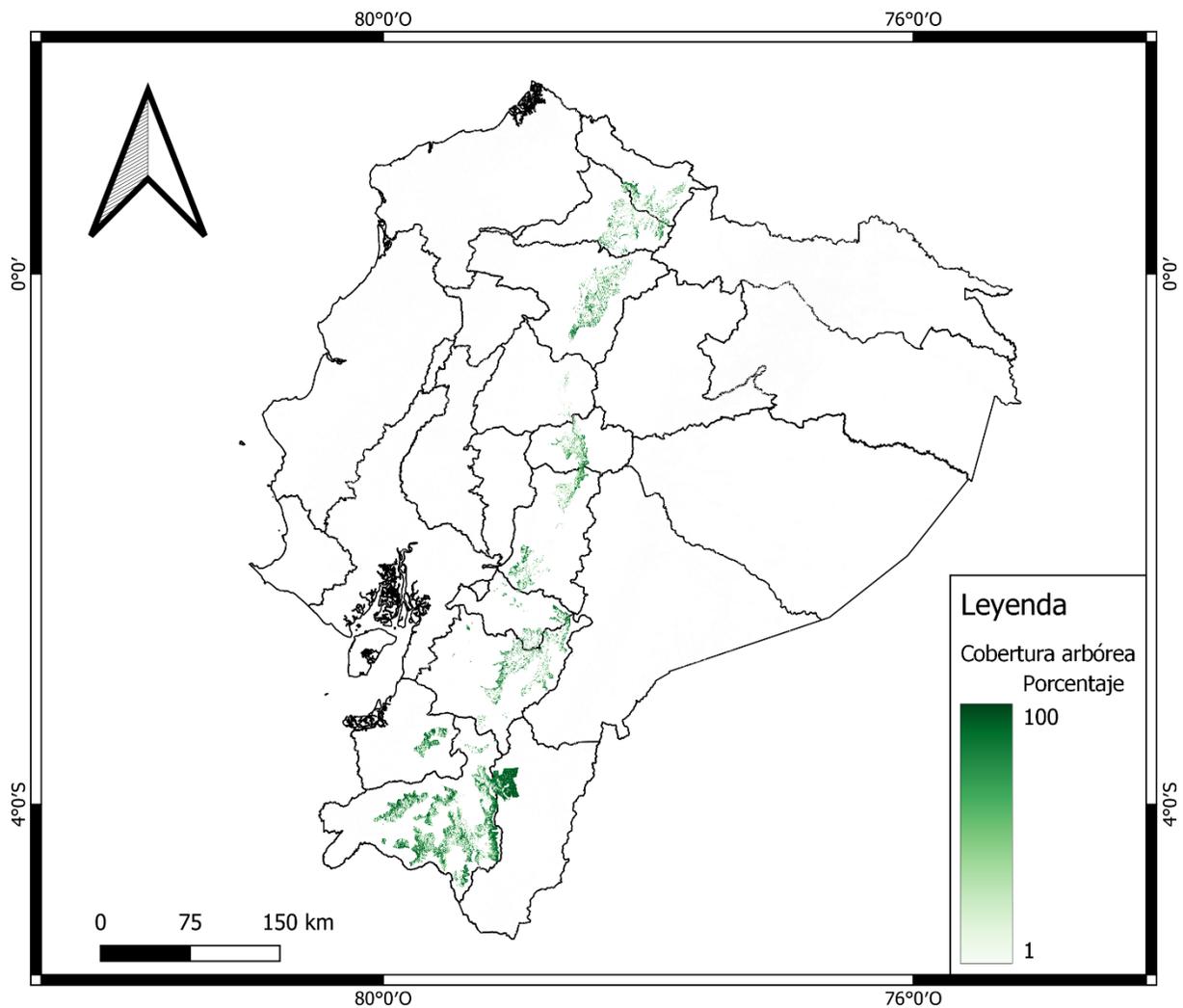
Anexo 5. Cobertura arbórea de la región Montañas Orientales el primero de enero del 2023.



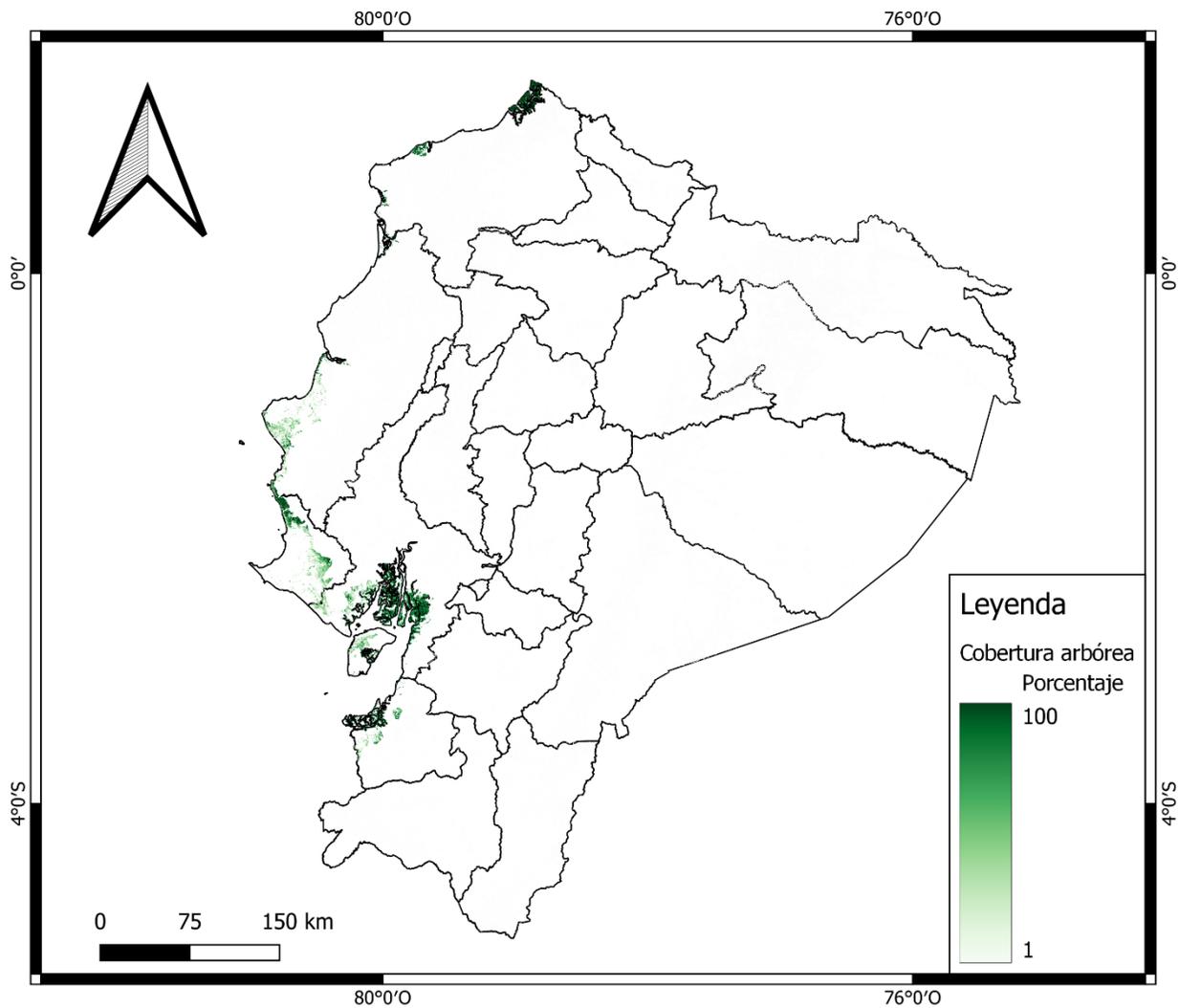
Anexo 6. Cobertura arbórea de la región Amazonía el primero de enero del 2023.



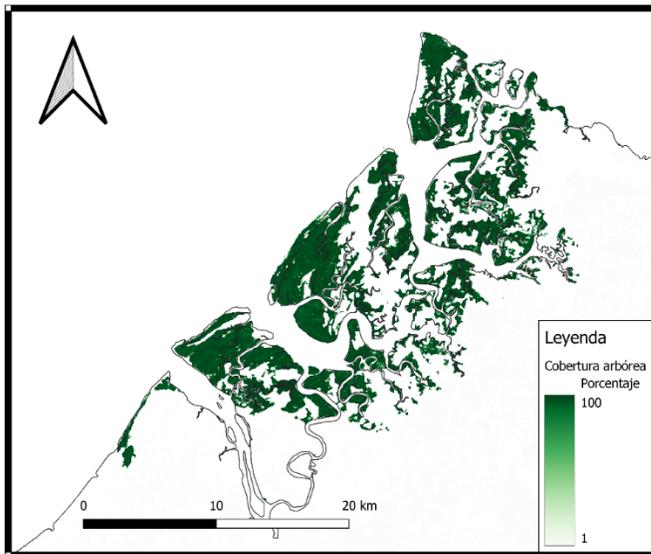
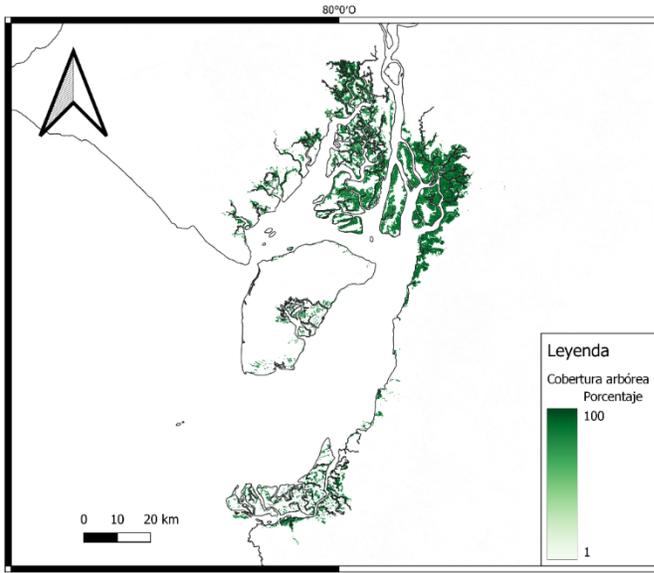
Anexo 7. Cobertura arbórea de la región Matorral Andino el primero de enero del 2023.



Anexo 8. Cobertura arbórea de la región Matorral Seco el primero de enero del 2023.



Anexo 9. Cobertura arbórea de la región Manglar el primero de enero del 2023 (Arriba: al sur del país y Abajo: provincia de Esmeraldas).



Anexo 10. Cobertura arbórea de la región Chocó el primero de enero del 2023.

