

Universidad Andina Simón Bolívar

Sede Ecuador

Área de Ambiente y Sustentabilidad

Maestría de Investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo

***Hotspots* de deforestación de la ecorregión del Chocó-Darién en el
periodo 2000-2021**

Jhonnattan Alfonso Valdés Uribe

Tutor: Santiago Bonilla Bedoya

Quito, 2023

Trabajo almacenado en el Repositorio Institucional UASB-DIGITAL con licencia Creative Commons 4.0 Internacional

	Reconocimiento de créditos de la obra No comercial Sin obras derivadas	
---	--	---

Para usar esta obra, deben respetarse los términos de esta licencia

Cláusula de cesión de derecho de publicación

Yo, Jhonnattan Alfonso Valdés-Uribe, autor de la tesis intitulada “*Hotspots* de Deforestación de la Ecorregión del Chocó-Darién en el periodo 2000-2021”, mediante el presente documento de constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magíster en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

14 de septiembre de 2023



Firma: _____

Resumen

La Ecorregión Global del Chocó-Darién (CGE) es un *hotspot* de la biodiversidad, un área de gran importancia cultural y económica con una extensión de 19,7 millones de hectáreas, y es uno de los 11 sitios que concentran los mayores porcentajes de deforestación global. La pérdida de cobertura forestal en la ecorregión se relaciona con los procesos de transformación de coberturas, influenciados por los beneficios directos o indirectos que se obtienen de la deforestación y explicados mediante los contextos sociales, históricos y ambientales. Identificar puntos calientes o *hotspots* de deforestación, permite la comprensión de las influencias directas e indirectas causantes de los cambios de cobertura forestal sostenidos en periodos largos de tiempo. Utilizando imágenes satelitales *Landsat* 8 de cobertura forestal y pérdida de cobertura forestal anual, se identificó los *hotspots* de deforestación y transformaciones de la cobertura forestal de la ecorregión entre los años 2000-2021 mediante un análisis de *hotspots* emergentes; vinculando la pérdida de cobertura forestal cuantificada con la información disponible de usos de suelo, composiciones ecorregionales de acuerdo con la conservación de la ornitofauna, modelos digitales de elevación (pendiente y altitud) e iniciativas para la conservación como IBA y KBA. Visibilizando el estado de las coberturas forestales en la ecorregión, se identificaron aproximadamente 2,5 millones de hectáreas, de *hotspots* de deforestación y 7,8 millones de hectáreas, de transformación de cobertura forestal potencial; observándose la mayor transformación de cobertura forestal en: los bosques húmedos de Magdalena-Urabá (23,82 %), bosques húmedos del Chocó-Darién (18,54 %) y bosques húmedos occidentales del Ecuador (7,81 %). Así como la concentración del 93,45 % de *hotspots* de deforestación en pendientes entre los 0-15,2 grados y elevaciones entre 0-700 m.s.n.m. El impacto de la pérdida de cobertura forestal en la biodiversidad se refleja en la transformación de cobertura forestal de al menos 704748,96 hectáreas, en 39 IBAs. La degradación de cobertura forestal identificada refleja que la pérdida de cobertura forestal esta relacionada con factores ambientales, históricos-sociales y económicos; los cuales necesitan ser integrados en estrategias de intervención y planes de financiamiento para la conservación del Ecorregión Global del Chocó-Darién.

Palabras clave: Ecorregión Global del Chocó Darién, deforestación, cobertura forestal, *hotspots*, transformación de coberturas, deforestación potencial, IBA y KBA.

Para los grupos locales de conservación, líderes ambientales y líderes sociales que dedican su vida y esfuerzos a la protección de áreas naturales y la biodiversidad en la Ecorregión Global del Chocó-Darién. También, para las comunidades, comarcas y étnias que habitan la Ecorregión Global, y para los grupos de migrantes de distintas nacionalidades que cruzan las selvas del Darién hacia los Estados Unidos buscando mejores oportunidades ante el abandono estatal en sus países y la deuda histórica, ecológica y económica por parte del Norte Global con las regiones que proveen *commodities* en condiciones desiguales. Y, finalmente para Ame.

Agradecimientos

Agradezco especialmente al Secretariado de BirdLife International en las Américas por ser mi segunda familia, y al Secretariado Global de BirdLife International por la información brindada.

Tabla de contenidos

Introducción.....	17
Capítulo primero Enfoque y marco conceptual.....	19
1. Ecorregión Global del Chocó Darién.....	19
2. Clima y Precipitación de la Ecorregión Global del Chocó-Darién.....	20
3. Biodiversidad de la Ecorregión Global del Chocó-Darién.....	21
4. Áreas Importantes para las AVES (IBAs) y Áreas Clave para la Biodiversidad (KBAs).....	23
5. Aspectos demográficos de la Ecorregión Global del Chocó-Darién.....	24
Capítulo segundo Transformación de cobertura forestal y usos de suelo.....	26
1. Transformación de Cobertura Forestal en la Ecorregión Global del Chocó-Darién.....	27
1.1 Deforestación en la Ecorregión Global del Chocó-Darién.....	28
2. Evaluación de la Deforestación en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de Colombia.....	29
3. Evaluación de la Deforestación en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de Ecuador.....	31
4. Evaluación de la Deforestación en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de Panamá.....	32
5. Sensores remotos aplicados a la estimación de la deforestación.....	33
6. Análisis de <i>Hotspots</i> Emergentes “Emergent Hotspots Analysis”.....	35
7. Objetivos.....	36
Capítulo tercero Métodos.....	38
1. Área de estudio.....	38
2. Imágenes de preprocesamiento y procesamiento.....	40
3. Análisis de <i>Hotspots</i> Emergentes “ <i>Emergent Hotspot Analysis</i> ”.....	40
4. <i>Drivers</i> Biofísicos-ambientales y socioeconómicos de la transformación de cobertura forestal en la Ecorregión Global del Chocó-Darién.....	42
Capítulo cuarto Resultados.....	45
1. <i>Hotspots</i> de Deforestación y Deforestación Potencial en la Ecorregión Global del Chocó Darién durante el periodo 2000-2021.....	45

2. <i>Hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global del Chocó-Darién durante el periodo 2000-2021 de acuerdo con los Usos de Suelo del año 2002	47
3. <i>Hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global del Chocó-Darién durante el periodo 2000-2021 de acuerdo con los Usos de Suelo del año 2015	50
4. <i>Hotspots</i> de Deforestación y potencial deforestación durante el periodo 2000-2021 en las ecorregiones que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién	54
5. <i>Hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global del Chocó-Darién durante el periodo 2000-2021 de acuerdo con los modelos de elevación digitales DEM (pendiente y elevación)	59
6. Áreas Importantes para las Aves (IBAs) y Áreas Importantes para la Biodiversidad (KBAs) de la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con la información de usos de suelo	63
6.1 <i>Hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial durante el periodo 2000-2021 en IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con la información de usos de suelo del año 2002	64
6.2 <i>Hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial durante el periodo 2000-2021 en IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con la información de usos de suelo del año 2015	65
7. Lista de Especies Ornitológicas Amenazadas de las IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó-Darién.....	69
Discusión y conclusiones	75
Obras citadas.....	93

Figuras y tablas

Figura 1. Provisión de servicios ecosistémicos dentro del proceso de transformación de cobertura forestal hacia otros tipos de suelo.....	27
Figura 2. Extensiones de las ecorregiones que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién.	39
Figura 3. Sistematización de preprocesamiento y procesamiento de imágenes para el Análisis de <i>Hotspots</i> Emergentes “ <i>Emergent Hotspots Analysis</i> ”	41
Figura 4. Focalización de <i>hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global de Chocó-Darién entre los años 2000 y 2021.....	46
Figura 5. <i>Hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial de acuerdo con la información de usos de suelo de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en el año 2002.	49
Figura 6. <i>Hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial de acuerdo con la información de usos de suelo de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en el año 2015.	52
Figura 7. <i>Hotspots</i> de deforestación en las ecorregiones que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién.....	57
Figura 8. Deforestación potencial en las ecorregiones que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién.....	58
Figura 9. <i>Hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con el Modelo de Elevación Digital DEM de pendiente.	60
Figura 10. <i>Hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con el Modelo de Elevación Digital DEM de altitud.	62
Figura 11. <i>Hotspots</i> de deforestación identificados por Fagua de acuerdo con la información de usos de suelo de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en el año 2002.	78
Figura 12. <i>Hotspots</i> de deforestación identificados por Fagua de acuerdo con la información de usos de suelo de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en el año 2015.	79
Figura 13. Disminución de cobertura forestal entre la década de 1990 y el año 2000...	82
Figura 14. <i>Hotspots</i> de deforestación identificados por Fagua entre los años 2002 y 2015 en las ecorregiones que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién.	84

Tabla 1. <i>Hotspots</i> de Deforestación y Deforestación Potencial identificada para la Ecorregión Global del Chocó-Darién entre los años 2000 y 2021	45
Tabla 2. <i>Hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial de acuerdo con la información de usos de suelo de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en el año 2002.....	48
Tabla 3. <i>Hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial de acuerdo con la información de usos de suelo de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en el año 2015.....	51
Tabla 4. <i>Hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial en las ecorregiones que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién.....	56
Tabla 5. <i>Hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con el Modelo de Elevación Digital DEM de pendiente	59
Tabla 6. <i>Hotspots</i> de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con el Modelo de Elevación Digital DEM de altitud	61
Tabla 7. Área y porcentajes de extensión de las coberturas de las IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con la información de usos de suelo de los años 2002 y 2015.....	63
Tabla 8. <i>Hotspots</i> de deforestación en las coberturas de las IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con la información de usos de suelo del año 2002.....	64
Tabla 9. Deforestación potencial en las coberturas de las IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con la información de usos de suelo del año 2002.....	65
Tabla 10. <i>Hotspots</i> de deforestación en las coberturas de las IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó-Darién (de acuerdo con la información de usos de suelo del año 2015.....	65
Tabla 11. Deforestación potencial en las coberturas de las IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó Darién de acuerdo con la información de usos de suelo del año 2015.....	67

Tabla 12. Lista de especies ornitológicas con algún grado de amenaza (CR: Críticamente Amenazadas, EN: En peligro, VU: Vulnerable, y NT: Casi amenazada) reportadas para los IBAs/KBAs que componen a la Ecorregión Global del Chocó Darién.....69

Introducción

La transformación de bosques tropicales a otros tipos de uso de suelo contribuye significativamente al aumento de carbono en la atmósfera, el cambio de cobertura forestal representa un 9 % del total de emisiones de carbono global, aunque algunos autores estiman este porcentaje en un rango de 6-17 % (Mateo-Vega et al. 2018; Moffette et al. 2021; Hall et al. 2022). Esto evidencia la necesidad de mitigar las emisiones provenientes de la deforestación si la finalidad es no superar el incremento de temperatura de 1,5 °C planetario, incremento ya superado localmente en algunas regiones del mundo (IPCC 2019). Los bosques al ser reguladores climáticos cuando son sometidos a cambios de uso contribuyen al cambio climático por la liberación del carbono contenido en la biomasa vegetal y los suelos (Pérez-Díaz 2021). La deforestación también tiene consecuencias en la pérdida de biodiversidad, recirculación hídrica entre suelos, ecosistemas y atmósfera; cambios que inducen al aumento de temperatura y disminución de precipitaciones a escalas locales y globales (Pérez-Díaz 2021).

Se identifica que los patrones de deforestación están relacionados a dominios climáticos, ecorregiones y naciones específicas, siendo los bosques húmedos tropicales las ecorregiones con mayores pérdidas de cobertura forestal al concentrar un 32 % de las tasas de deforestación globales (Hansen et al. 2013). Porcentaje del cual un 50 % está focalizado en Sudamérica, donde se concentra un 21 % de los remanentes de bosques maduros del planeta (Ojeda-Luna et al. 2022). Aproximadamente, cerca de 17 millones de hectáreas de bosque húmedo tropical son deforestados anualmente, razón por la cual al menos 13,2 % de ecosistemas sudamericanos se encuentran fragmentados (Pérez-Díaz 2021; Rivas-Cobo 2022). El 80 % de deforestación global se concentra en 11 lugares, uno de estos lugares es la Ecorregión Global del Chocó-Darién distribuida entre el Noroccidente de Ecuador, el Pacífico colombiano y el Este de Panamá con una cobertura de 16,9 millones de hectáreas, de las cuales dos tercios (12,5 millones de hectáreas) tienen cobertura forestal (Gómez et al. 2014, Arrieta-Contreras 2016).

La Ecorregión Global del Chocó-Darién se comenzó a separar de la cuenca amazónica debido a la formación de la cordillera Norte de los Andes hace aproximadamente 25 millones de años (Fagua 2018). Estos cambios geológicos y biogeográficos causaron grandes procesos de diversificación y especiación; lo cual combinado con la formación del istmo de Panamá hace más de 3 millones de años generó

los altos índices de endemismo observables en varios taxones dentro de la Ecorregión Global del Chocó Darién (Fagua 2018). Es así como las regiones ecosistémicas dentro del complejo ecorregional incluyen al bosque húmedo del Chocó-Darién (7302860 hectáreas), bosque húmedo del Magdalena-Urabá (7639600 hectáreas), bosques húmedos del Occidente del Ecuador (3386100 hectáreas), bosque montano del Este de Panamá (263240 hectáreas), los bosques de manglar del Pacífico Sudamericano (625240 hectáreas) y otras ecorregiones en menor extensión (Stotz et al. 1996; Fagua 2018; Fagua & Ramsey 2019).

Estudios como los de Fagua (2018), Fagua et al. (2019) y Fagua & Ramsey (2019) muestran la posibilidad de realizar cuantificaciones de la pérdida de cobertura forestal e identificación de los *hotspots* de deforestación se puede realizar a través de diferentes escalas espacio temporales, es decir, tomando regiones del planeta focalizadas y periodos de tiempo específicos. Fagua (2018), Fagua et al. (2019) y Fagua & Ramsey (2019) determinaron los usos de suelo para la Ecorregión Global del Chocó-Darién y cuantificaron los cambios de cobertura forestal con líneas de tiempo específicas, determinando patrones temporales de cambios de cobertura forestal a otros usos y reportando una deforestación aproximada de 1,8 millones de hectáreas entre 2002-2010 y de 0,9 millones de hectáreas entre 2010-2015.

Las cuantificaciones para comprender los efectos de influencias directas e indirectas en cambios de la cobertura forestal identificando *hotspots* de deforestación son escasas para la Ecorregión Global del Chocó-Darién, a pesar del incremento de la deforestación en comparación a los esfuerzos de mitigación y reforestación. Además, se puede observar que la falta de monitoreos continuos en los mayores *hotspots* de deforestación en periodos de tiempo actuales; especialmente después del año 2015 y antes del año 2002.

Este escenario vuelve fundamental la identificación de *hotspots* de deforestación, el análisis de los cambios de cobertura, y de las iniciativas de conservación de bosques y biodiversidad existentes, con la finalidad de que sirvan como referencia para implementar estrategias que mitiguen la degradación de servicios ecosistémicos como: regulación del clima, regulación en los suelos, provisión de agua, sumideros de carbono y biodiversidad (Fagua et al. 2019); y para focalizar de forma estratégica los mecanismos de financiamiento hacia esfuerzos de conservación.

Capítulo primero

Enfoque y marco conceptual

1. Ecorregión Global del Chocó Darién

Una ecorregión es una unidad espacial que contiene una configuración única de comunidades naturales que comparten la mayoría de las especies, dinámicas y condiciones ambientales (Stotz et al. 1996). Las ecorregiones representan distintas formas de vida distribuidas en diversos biomas y unidades biogeográficas que conforman la estructura, funciones e interacciones de los hábitats y la configuración de especies dentro de los mismos (Hurtado-Guerra 2012).

La Ecorregión Global del Chocó-Darién (CGE) está localizada en el Noroccidente de Sudamérica entre Panamá, Colombia y Ecuador, y se le conoce como una ecorregión global según el contexto biogeográfico y ecosistémico (Hurtado-Guerra 2012). La Ecorregión Global del Chocó-Darién representa un conjunto de ecorregiones (Hurtado-Guerra 2012) que se distribuyen en las tierras bajas de la vertiente húmeda del Pacífico, con un rango altitudinal promedio entre 0-2000 metros sobre el nivel del mar, y una cota altitudinal promedio de 1200 metros sobre el nivel de mar., como límite entre dos grandes patrones geográficos, uno de tierras bajas y pie montano, y otro montano o Andino (Hurtado-Guerra 2012).

Autores como Gómez et al. (2014), y Astudillo-Sánchez et al. (2019) extienden la cota altitudinal de Ecorregión Global del Chocó-Darién y mencionan que la distribución histórica de la ecorregión global comprende desde el tapón del Darién entre Colombia y el Este de Panamá, los bosques montanos de la vertiente del Pacífico de los Andes Occidentales de Colombia y Ecuador, los bosques húmedos de las tierras Bajas del Pacífico hasta la cordillera Chongón-Colonche y los bosques secos occidentales del Ecuador; donde esta ecorregión da paso a la ecorregión Tumbesina al sur del golfo de Guayaquil y la parte central del bosque seco de Manabí.

Sin embargo, investigaciones como las de Fagua (2018), Fagua & Ramsey (2019) y Fagua et al. (2019) no se restringen a la cota altitudinal, y no consideran a las partes altas de los Andes Tropicales como son el Chocó Biogeográfico de los Andes Noroccidentales del Ecuador, ni la zona del Atlántico del Magdalena que se dirige hacia

la Sierra de Nevada de Santa Marta. Sin embargo, consideran la configuración histórica que va desde el Darién hasta los bosques montanos del Noroccidente de Colombia y los bosques de las vertientes del Pacífico hasta la ecorregión Tumbesina al Sur del Golfo de Guayaquil y no incluye a los bosques secos de Manabí en el Ecuador.

2. Clima y Precipitación de la Ecorregión Global del Chocó-Darién

La amplia diversidad en cuanto a composición de ecosistemas y tipos de vegetación en la Ecorregión Global del Chocó-Darién se debe a las condiciones meteorológicas a las que la ecorregión global está expuesta (Rangel-Ch. y Arellano-P. 2004). Las condiciones meteorológicas dependen de la posición del sistema intertropical de circulación de aire y la zona de confluencia intertropical, así como también de la acción de la topografía sobre el clima, la cual forma microclimas y circulaciones de aire locales a causa de las diferencias térmicas en el gradiente altitudinal de los Andes Tropicales (Rangel-Ch. y Arellano-P. 2004).

La temperatura media anual de la Ecorregión Global del Chocó-Darién por debajo de los 1200 metros sobre el nivel del mar en Colombia y Ecuador oscila entre los 22-26 °C, mientras que a lo largo del gradiente altitudinal de la ladera Occidental de la cordillera Noroccidental de los Andes por encima de los 1200 metros sobre el nivel del mar la temperatura media anual oscila entre los 14-18 °C (Rangel-Ch & Arellano-P. 2004; Sánchez et al. 2008). La Ecorregión Global del Chocó-Darién es reconocida por ser una de las regiones con mayores índices de pluviosidad del planeta; por ejemplo, la región central del Chocó biogeográfico tiene registros históricos de 26303 milímetros de lluvia anuales y en el departamento del Chocó en las tierras bajas del Pacífico Colombiano se han calculado tasas promedio de precipitación entre los 8000-13000 milímetros de lluvia anuales. (Poveda & Mesa 2000; Rangel-Ch. & Arellano-P. 2004).

La alta pluviosidad de la ecorregión global se genera debido a los vientos Occidentales que ingresan en el Norte de sudamérica en forma de vientos superficiales; los cuales están ausentes en los meses de febrero y marzo, y son más intensos en los meses de octubre y noviembre (Poveda y Mesa 2000). Estos vientos al ser más húmedos y fríos que los vientos predominantes que provienen del Atlántico y América Central, generan una convección profunda que produce una alta humedad superficial en la región; esta humedad combinada con la topografía de los Andes Noroccidentales y las presiones generadas por el aire caliente superficial, las cuales se acumulan en la cobertura terrestre

y marina del Neotrópico (acumulación que se intensifican cuando ocurre el fenómeno del niño) (Poveda y Mesa 2000) causan un gradiente de temperatura de aire que se expresa en forma de precipitaciones, exhibiendo los altos niveles de pluviosidad y la alta variabilidad anual e interanual de las precipitaciones en la ecorregión global (Poveda y Mesa 2000).

La precipitación de la región se puede definir en clases como: sub pluvial baja con valores entre 731-2025 milímetros de lluvia anuales, y la super pluvial con valores entre 12376-13670 milímetros de lluvia anuales; los altos índices de pluviosidad se expresan en la humedad promedio de la ecorregión global que es de 88,4 % (Rangel-Ch. & Arellano-P. 2004; Hurtado-Guerra 2012). Siendo los meses de septiembre a junio los de mayor humedad, y los meses de julio y agosto los más secos; la falta de temporadas secas pronunciadas explica la composición vegetal de la ecorregión global, y por ende la alta disponibilidad de hábitats y recursos que conforman los distintos nichos ecológicos que contienen a la biodiversidad de la ecorregión global (Rangel-Ch. & Arellano-P. 2004; Hurtado-Guerra 2012).

3. Biodiversidad de la Ecorregión Global del Chocó-Darién

La Ecorregión Global del Chocó-Darién es considerada un punto caliente *hotspot* de biodiversidad por su amplia representatividad para la biodiversidad global dada su enorme riqueza biológica y altos índices de endemismo (Hurtado-Guerra 2012; Gómez et al. 2014). En la ecorregión global la diversidad en plantas se da por la combinación de factores evolutivos y ecológicos, variaciones en las cantidades de agua del suelo, la influencia oceánica y procesos geológicos; los cuales sostienen la gran cantidad de nichos disponibles para varios taxones (Hurtado-Guerra 2012). Sin embargo, la compilación de la riqueza de especies varía de acuerdo con el/los autores y se encuentra en actualización continua.

Por ejemplo, para Ecuador se ha estimado un aproximado de 7500 especies de plantas vasculares de las cuales 1300 son endémicas; de forma específica solo para el Pacífico Ecuatoriano por debajo de los 900 metros sobre el nivel del mar se ha estimado una riqueza de 6300 especies de plantas vasculares (Hurtado-Guerra 2012; Gómez et al. 2014). De esta riqueza de especies se reportan 1000 endémicas para el bosque seco y 5300 para bosques húmedos y pluviales de las cuales un 20 % (1060 especies) son endémicas (Hurtado-Guerra 2012; Gómez et al. 2014). Para Colombia, del aproximado

de 45000 especies de plantas reportadas, un aproximado de 9000 están registradas para la ecorregión global; de las cuales se estima que 2000 son endémicas (Hurtado Guerra 2012). En cuanto a Panamá; la zona del istmo posee de la mayor diversidad de plantas del planeta, en los bosques orientales se estima una riqueza de aproximadamente 9500 especies de plantas vasculares de las cuales 1305 son endémicas (Hurtado-Guerra 2012).

Debido a su ubicación geográfica la ecorregión global también es una ruta migratoria relevante para fauna tanto marina como terrestre (Domingo et al. 2020). Es así como los eventos geológicos que formaron a la ecorregión global, y la evidencia biogeográfica infieren que la Ecorregión Global del Chocó-Darién sirvió como punto de radiación de especies durante el gran intercambio de fauna entre América del Norte y del Sur durante el Mioceno tardío-Pleistoceno tardío hace aproximadamente 3,1-2,7 millones de años (Meyer et al. 2019).

El intercambio de especies hacia la gran heterogeneidad de ecosistemas disponibles ante la formación del Istmo de Panamá, la alta disponibilidad de hábitats y recursos disponibles en los ecosistemas, y corredores que conectaban la ecorregión hacia las cuencas que conforman el Amazonas (Meyer et al. 2019; Domingo et al. 2020); explica no solo la gran cantidad y altos índices de endemismo de las comunidades de especies de la ecorregión global, sino también la similitud de taxones entre la Ecorregión Global del Chocó Darién y el Amazonas.

Los reportes herpetológicos de especies para la Ecorregión Global del Chocó-Darién no se consideran completos, sin embargo, en anfibios se estiman un aproximado de 331 especies: 261 en Colombia, 152 en Ecuador y 96 en Panamá (Sánchez et al. 2008).

En cuanto a las aves, en Colombia existen más de 1760 especies de las cuales 267 han sido registradas para el Noroccidente de la región de Urabá, y también se han reportado 267 para la región del Chocó al Sur de la región de Urabá (Sánchez et al. 2008). Para las regiones bajas del Chocó biogeográfico, se han reportado 403 especies de las cuales 98 son endémicas; también registrándose un aproximado de 525 especies para los bosques pie montanos de la Cordillera Occidental (Sánchez et al. 2008).

En general para la región de estudio, se reportan aproximadamente 1546 especies de aves distribuidas desde El Noroccidente Pacífico Central del Ecuador a través del Pacífico Colombiano hacia el Golfo del Darién en el Caribe y el Oriente de Panamá (BirdLife International. 2023). De estas 1546 especies, 235 poseen como sitios de resiliencia a 46 sitios de importancia para la biodiversidad como son las Áreas Importantes para Aves (IBAs), de las cuales 20 tienen asignación de Áreas Clave para la

Biodiversidad (KBAs); estas 235 especies poseen los siguientes estatus de conservación de acuerdo con la Lista Roja de Especies la IUCN: 7 En Peligro Crítico, 17 En Peligro, 43 Vulnerables, 44 Casi Amenazadas y 124 con Preocupación Menor (BirdLife International 2023).

En el taxón correspondiente a los mamíferos, en Panamá de las 250 especies de mamíferos reportadas para el país, 148 ocurren en la Ecorregión Global del Chocó-Darién; en Colombia de las 471 especies de mamíferos reportadas para el país, 180 ocurren en la ecorregión global; finalmente, en Ecuador de las 369 especies reportadas, 194 ocurren en la ecorregión global (Sánchez et al. 2008).

Sin embargo, dada la pérdida de ecosistemas en la ecorregión global, en especial en el Ecuador; las posibilidades de que fauna de gran tamaño como jaguar (*Panthera onca*), pecarí de labio blanco (*Tayassu pecari*) y Mono araña de cabeza café (*Ateles fusciceps fusciceps*) cumplan sus requerimientos ecológicos es bastante baja (Gallo-Viracocha et al. 2022).

Finalmente, en cuanto a peces dulceacuícolas, la riqueza de este grupo taxonómico es poco estudiada para la ecorregión global, aún así se han registrado 264 especies de peces reportándose la mayor riqueza y endemismo en Colombia (Sánchez et al. 2008); evidenciándose la falta de levantamientos biológicos para estos taxones en Panamá, Colombia y Ecuador.

4. Áreas Importantes para las AVES (IBAs) y Áreas Clave para la Biodiversidad (KBAs)

Dada la rápida pérdida de biodiversidad resulta prioritario enfocar los esfuerzos de conservación en los sitios que generen la mayor viabilidad para especies con algún grado de amenaza a través del tiempo, sitios donde se asegure la permanencia de las especies mediante manejos efectivos de las actividades humanas que potencialmente amenazen a las especies (Skøien et al. 2012; Hausmann et al. 2019). Sin embargo, la disponibilidad de bases de datos robustas para monitorear la biodiversidad y sus amenazas son escasas, por lo que iniciativas que determinen sitios importantes para la conservación a partir de criterios basados en la ocurrencia de especies, la estimación de números poblacionales viables, son necesarias (Skøien et al. 2012). De igual manera, la compilación de información sobre: límites geográficos de sitios importantes para la biodiversidad, gobernanza de estos sitios y su pertenencia a sistemas nacionales de áreas

protegidas, composición ecosistémica, identificación amenazas, estado de conservación, grupos civiles de conservación, y acciones de conservación resultan ser estrategias significativas en cuanto a focalización de esfuerzos que aseguren la protección de hábitats y continuidad de especies amenazadas (Skøien et al. 2012).

BirdLife International, es una asociación internacional de organizaciones de enfocadas en la conservación de las aves y la biodiversidad, y esta encargada de la identificación de IBAs y KBAs, estos sitios son reconocidos cuando al ser evaluados cumplen con criterios basados en ocurrencia y viabilidad de poblaciones de especies clave con riesgos de extinción o cuya población es por el contrario irremplazable (Skøien et al. 2012; Hausmann et al. 2019).

Sin embargo, aunque existen más de 12000 IBAs estas no son siempre adaptadas por los sistemas nacionales de áreas protegidas de los más de 200 países donde se encuentra presente esta iniciativa, aunque aquellas IBAs y KBAs que no son consideradas dentro de los sistemas nacionales de protección, al ser reconocidas como IBAs/KBAs incrementan su reconocimiento para ser considerada en planes de conservación nacionales e internacionales (Skøien et al. 2012; Hausmann et al. 2019).

5. Aspectos demográficos de la Ecorregión Global del Chocó-Darién

La Ecorregión Global del Chocó-Darién está habitada por nueve grupos indígenas, un gran número de comunidades afrodescendientes, y una creciente población mestiza; donde un aproximado del 60 % de la ecorregión globales propiedad de comunidades afrodescendientes, 20 % indígena y 30 % está bajo algún grado de protección por parte de los sistemas nacionales de áreas protegidas (Gómez et al. 2014).

En la Ecorregión Global del Chocó-Darién en el año 2000 desde el Canal de Panamá hasta el Golfo de Guayaquil se contabilizó que aproximadamente 13 millones de personas poblaban la ecorregión, representando un 21,1 % del total de población entre los tres países que componen a la ecorregión global (Gómez et al. 2014). Sin embargo, aunque la mayoría del territorio de la ecorregión global se encuentra concentrado en Colombia con un 49 % y Ecuador con un 38 %; es importante apreciar que la mayor densidad poblacional de la ecorregión global históricamente se ha concentrado en el Ecuador con un 79 % en comparación a Colombia y Panamá con 4,5 % y 15,9 % respectivamente (Gómez et al. 2014; Sánchez et al. 2008).

En Panamá 0,96 millones de hectáreas (5,7 %) de la ecorregión global son determinadas como comarcas indígenas, mientras que 0,87 millones de hectáreas (5,1 %) se encuentran dentro de áreas protegidas (Sánchez et al. 2008). En Colombia 0,52 millones de hectáreas (30,5 %) de la ecorregión global son comunidades afrodescendientes, 2,15 millones de hectáreas (12,7 %) son resguardos indígenas y 1,46 millones de hectáreas (8,6 %) son áreas protegidas (Sánchez et al. 2008). Finalmente, en Ecuador 0,66 millones de hectáreas (3,9 %) de la ecorregión global es territorio afrodescendiente, 0,78 millones de hectáreas (4,6 %) son áreas con algún grado de protección donde habitan grupos indígenas y únicamente 0,85 millones de hectáreas (5 %) se encuentra bajo algún grado de protección (Gómez et al. 2014). En los tres países, tanto las poblaciones indígenas como las afrodescendientes tradicionalmente desarrollan actividades artesanales de subsistencia; como enclaves agropecuarios de baja escala (agricultura, pesca y recolección) (Sánchez et al. 2008).

La población mestiza en la Ecorregión Global del Chocó-Darién esta asociada a la colonización de finales del siglo XV en Colombia y Ecuador, e inicios del siglo XX en el Darién en Panamá, este grupo se encuentra representado en mayores proporciones en el Ecuador; sin embargo, representa una población minoritaria en contraste con las poblaciones indígenas y afrodescendientes a lo largo de toda la ecorregión global (Sánchez et al. 2008).

La población mestiza asociada a minifundios que migró hacia la ecorregión, han estado relacionadas con actividades extractivas como ejes de desarrollo; y que se instalaron en la ecorregión impulsados por incentivos gubernamentales hacia sectores dedicados a la extracción de maderas finas, oro, platino, y cultivos de aceite de palma, plátano; así como también la implementación de camaroneras, y la recolección de concha de mangle, mariscos y la pesca (Sánchez et al. 2008).

Capítulo segundo

Transformación de cobertura forestal y usos de suelo

Los bosques o cobertura forestal son cualquier extensión de territorio mayor a 0,5 hectáreas donde la composición vegetal tiene una altura mayor a cinco metros y una cobertura de dosel superior al 30 %, sin incluir territorio agropecuario y urbano; como lo son cultivos forestales y parques urbanos (FAO 2020). En este contexto, la deforestación es entendida como el cambio de cobertura forestal corroborado mediante mapas de uso de suelo (FAO 2020); y a la pérdida de cobertura forestal se la define como algún tipo de perturbación sostenida de reemplazo forestal, es decir, la eliminación o reducción significativa de cobertura forestal que resulta de una amplia variedad de factores según la región de estudio (Harris et al. 2017).

La multifuncionalidad de la cobertura forestal dentro del proceso de transformación hacia otros tipos de suelo depende de los beneficios que se obtienen de forma directa o indirecta a partir de los bosques (Curtis et al. 2018; Eguiguren et al. 2020). La Figura 1., explica como la transformación de cobertura de bosques maduros se da inicialmente de forma selectiva para obtención de maderas finas, o en forma de tala indiscriminada para obtención de madera y carbón mediante el proceso de limpieza y quemas; mucha de la madera obtenida en estos procesos no es controlada en la cadena de valores de los procesos de compra, transporte y distribución en el mercado (Curtis et al. 2018; Eguiguren et al. 2020).

En la Figura 1., también se observa que aquellas áreas que son sometidas a tala selectiva y no son transformadas inmediatamente transformadas hacia tipos de uso de suelo productivos permanecen como bosques intervenidos, estos bosques pueden ser transformados en años posteriores hacia cultivos de diferente escala (Curtis et al. 2018; Eguiguren et al. 2020). La transformación hacia cultivos forestales no sostenibles está caracterizada por cosechas mediante acarreo mecánico cada 4 a 18 años, como sucede con los cultivos de palma de aceite (*Elaeis guineensis*), teca (*Tectona grandis*) y balsa (*Ochroma pyramidale*); los cuales suceden bajo programas de inversión e implementación formales que no suelen ser reportados por los propietarios de la tierra (Curtis et al. 2018; Eguiguren et al. 2020).

En áreas que son cultivos forestales no sostenibles abandonados y sistemas agroforestales como los previamente expuestos, donde existen coberturas mixtas entre cultivos y vegetación secundaria; suele existir límites en la detección y pueden ser identificados como ganancia, sin embargo; la recuperación de la biomasa desde usos de suelo productivos hacia bosques sucesionales o secundarios en forma de reforestación tarda periodos de 11 a 28 años, y a veces procesos que tardan al menos 30 años (Curtis et al. 2018; Eguiguren et al. 2020).

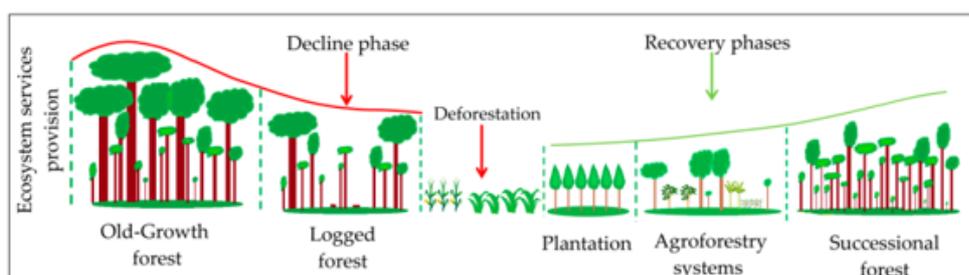


Figura 1. Provisión de servicios ecosistémicos dentro del proceso de transformación de cobertura forestal hacia otros tipos de suelo.

Fuente: Eguiguren et al. 2020.

1. Transformación de Cobertura Forestal en la Ecorregión Global del Chocó-Darién

En ecosistemas tropicales las principales causas de pérdida de cobertura forestal y degradación severa de ecosistemas son la ganadería, agricultura de baja a gran escala, colonización, minería, desarrollo de infraestructura vial y urbanización; a estas amenazas también se le pueden sumar la globalización, conflictos armados y actividades ilícitas (Sánchez-Cuervo & Aide 2013). Por otro lado, se identifica a la tala insostenible como una causa secundaria de pérdida y degradación de cobertura forestal, de forma directa se sugiere a factores externos como el crecimiento poblacional; y el incremento del PIB nacional asociado con la demanda de productos agrícolas, construcción de infraestructuras viales y actividades extractivas como factores importantes a considerar, ya que en conjunto estos causantes proyectan la pérdida de cobertura forestal de al menos 3 millones de hectáreas, en la Ecorregión Global del Chocó-Darién entre 2010-2030 (Aide et al. 2013; Taylor et al. 2015).

En la Ecorregión Global del Chocó-Darién las transformaciones de coberturas forestales hacia otros tipos de suelo ponen en riesgo a la biodiversidad, los suministros y regulación hídrica, así como el secuestro de al menos 55 % de las emisiones de carbono globales (Mariscal-Chávez 2016). La Ecorregión Global del Chocó-Darién es uno de los

11 principales frentes de deforestación global, estos frentes concentran el 80 % de la deforestación del planeta (Gómez et al. 2014). La deforestación que se da en la Ecorregión Global de Chocó-Darién, debido a las diferentes transformaciones de cobertura forestal, se pueden explicar como un fenómeno espacio-temporal medible e identificable a través de estas escalas (Mariscal-Chávez 2016).

Por ejemplo, de acuerdo con Fagua (2018) y Fagua & Ramsey (2019), la vegetación secundaria se incrementó desde 2002 a 2010, mientras que las coberturas forestales y de pastizales decrecieron, y contrariamente, en el periodo 2010-2015 la cobertura de pastizales incrementó y las coberturas forestales y de vegetación secundaria decrecieron.

El análisis de usos de suelo para la Ecorregión del Chocó-Darién muestra que la transformación de cobertura forestal hacia pastizales son la causa más común de disminución de cobertura forestal entre los años 2002-2010, representando un 63 % de esta transformación (Fagua et al. 2019). Los pastizales también son el tipo más común de cobertura con transición hacia vegetación secundaria, con excepción del Ecuador donde la cobertura de cultivos son el tipo de transición predominante hacia vegetación secundaria, situándose en un 55 % de esta transición (Fagua et al. 2019).

Por otro lado, entre los años 2010-2015 las transformaciones de cobertura forestal hacia pastizales fueron el factor más frecuente de disminución de cobertura forestal (73 %), y los pastizales también son el tipo de uso de suelo con mayor transición hacia cobertura de vegetación secundaria en este periodo (47 %) (Fagua et al. 2019). Con excepción de Ecuador, donde la transición de cultivos a vegetación secundaria es más frecuente; lo que permite inferir que las transiciones de cobertura forestal hacia otros usos fueron mayores entre 2010-2015 que en 2002-2010, siendo la cobertura de pastizales el mayor tipo de reemplazo a la vegetación leñosa (cobertura forestal y vegetación secundaria) entre 2010-2015 (Fagua et al. 2019).

1.1 Deforestación en la Ecorregión Global del Chocó-Darién

En la Ecorregión Global del Chocó-Darién la deforestación tiene patrones de aglomeramiento espacial y está relacionada a divisiones político-administrativas (Fagua et al. 2019). Entre 2002 y 2015 los municipios del Sur de la Ecorregión Global del Chocó-Darién (CGE) de Colombia y del Norte de Ecuador fueron las áreas con mayores

concentraciones de deforestación y tasas de crecimiento poblacional en relación con otras zonas administrativas dentro de la ecorregión global (Fagua et al. 2019).

De igual manera, son aquellos municipios cuya economía está influenciada en su mayoría por actividades extractivas; por lo que en estas áreas de la Ecorregión Global del Chocó-Darién la deforestación contabilizada para los años 2010-2015 es aproximadamente dos veces mayor (0,02 millones de hectáreas) que durante el periodo 2002-2010 (0,007 millones de hectáreas), patrón que muestra similitud en cada país que compone a la ecorregión global (Fagua et al. 2019).

Los causantes o *drivers* directos de deforestación en la ecorregión global debido a transformación forestal hacia otros usos de suelo, se resumen en cuatro transiciones: 1. Transformación de cobertura forestal hacia pastizales para ganadería; 2. Transformación de cobertura forestal hacia cultivos anuales y semi-anuales; 3. Transformación de cobertura forestal hacia plantaciones extensivas de palma de aceite; y 4. Transformación de cobertura forestal hacia infraestructuras y asentamientos por la expansión urbana (Fagua 2018; Fagua & Ramsey 2019; Fagua et al. 2019).

Es determinante mencionar que los *drivers* de deforestación a través de las transformaciones de cobertura forestal a otros tipos de suelo, reflejan la vulnerabilidad de la cobertura forestal y el alto riesgo de deforestación cuando el coste de oportunidad es alto (Sierra 2013). Es decir, cuando las ganancias por productos maderables e implementación de actividades productivas (cultivos y pastizales) son altas, o cuando los beneficios de mantener la cobertura forestal en pie son menores al de la extracción en términos de garantizar propiedad sobre la tierra (Sierra 2013).

Ante esto, grandes porciones de hectáreas deforestadas no son destinadas hacia la agricultura, al menos no de forma inmediata, ya que el destino del uso de suelo para agricultura depende de la cercanía a los mercados en la cadena de valores desde la zona donde suceden eventos de deforestación; por lo que conforme se distribuyen las poblaciones a lo largo de las infraestructuras viales y a medida que estas se expanden, es posible predecir que lugares poseen mayores riesgos de transformación de cobertura forestal dentro de la Ecorregión Global del Chocó Darién (Sierra 2013).

2. Evaluación de la Deforestación en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de Colombia

En Colombia, entre 2015-2019 se perdieron 0,18 millones de hectáreas de cobertura forestal (Cortés-Riveros 2020), y ante las proyecciones de deforestación se estima para todo el país la pérdida de 170 millones de hectáreas entre 2010-2030 (Arrieta-Contreras 2016). El estudio realizado por Fagua (2018), menciona que en Colombia durante el periodo 2002-2015 algunos de los municipios más afectados por el conflicto armado interno en los Departamentos de Nariño, Chocó, Antioquia y Córdoba fueron de las zonas con mayores transformaciones de coberturas de cultivos y pastizales a vegetación secundaria.

Este escenario se debió a la disputa territorial entre grupos armados con repercusiones como: el desplazamiento de miles de personas y el abandono de tierras productivas (Fagua 2018). Sin embargo, se reporta para el Departamento de Chocó el aumento de actividades ilícitas como el incremento de cultivo de coca de 1489 hectáreas en 2015 a 2155 hectáreas en 2018 y de 35193 hectáreas en actividades relacionadas a minería ilegal en 2018 (Cortés-Riveros 2020). Por lo que, desde la firma del tratado de paz del 2016 han incrementado los conflictos territoriales debido a la presencia de diversos grupos al margen de la ley, traficantes de tierra y terratenientes que buscan la implementación de cultivos permanentes y pastizales ganaderos (Arrieta-Contreras 2016).

Por otro lado, otros autores mencionan que la deforestación en las regiones de la ecorregión global en Colombia está concentrada en los bosques húmedos y nublados de las regiones Chocó-Darién y Magdalena-Urabá (Sánchez-Cuervo & Aide 2013). Dándose las mayores pérdidas de cobertura forestal en zonas con altitud menor a 1000 metros sobre el nivel del mar en las regiones del Urabá y el Magdalena Medio, donde las áreas protegidas dentro de estas regiones concentran respectivamente el 10 % y 4 % de la deforestación de la ecorregión global (Sánchez-Cuervo & Aide 2013). En estas áreas, el cambio de cobertura forestal hacia coberturas de cultivos y pastizales sugieren a la apertura de nuevos frentes agropecuarios como los mayores causantes de deforestación; así como también los conflictos de tenencia de tierra ligados a actividades ilícitas como la minería ilegal, el crecimiento poblacional y demanda de *commodities* (Sánchez-Cuervo & Aide 2013).

Por ejemplo, la parte de la ecorregión global que pertenece al Magdalena en el año 2000 poseía un 85 % de cobertura de pastizales y cultivos, cobertura que continuó extendiéndose hasta el 2010 en al menos 0,003 millones de hectáreas (Sánchez-Cuervo & Aide 2013). Complementariamente, en el Chocó colombiano un estudio realizado en

bosques de tierra firme identificó a partir de datos producidos con imágenes *LiDAR* que al menos el 37 % de la región está degradada; lo que representa más de 3 millones de hectáreas (Meyer et al. 2019).

3. Evaluación de la Deforestación en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de Ecuador

En el Ecuador más del 99 % de hectáreas deforestadas entre 1990-2000 fueron transformada desde cobertura forestal a cultivos y pastizales, siendo la Provincia de Esmeraldas en el Noroccidente de la ecorregión global del Ecuador, la que concentró el 18 % de la deforestación nacional entre 1990-2000 (Sierra 2013). En general, a lo largo de la ecorregión global en Ecuador la deforestación se incrementó ante la expansión de proyectos de infraestructura vial; de la mano con la expansión de la frontera agropecuaria. Es así como se reporta que al menos 60 % de áreas deforestadas, y el 53 % de áreas regeneradas por sucesión en la década de los noventa sucedió a menos de dos kilómetros de alguna infraestructura vial y el 90 % a menos de 10 kilómetros (Sierra 2013). Este patrón se mantuvo en el periodo 2000-2008, en especial en los bosques húmedos, secos y semi-secos de laderas y tierras bajas Occidentales de los Andes; estos ecosistemas conservan menos del 23 % de su área natural en especial en el Noroccidente del Ecuador, encontrándose altamente amenazados por el establecimiento de cultivos permanentes de palma de aceite (Sierra 2013).

En el Ecuador los remanentes naturales en mejor estado de conservación de la Ecorregión Global del Chocó-Darién están en los bosques Noroccidentales, donde en 2004 se estimaba la extirpación de más del 60 % de su extensión original (Minda-Batallas 2004; Ojeda-Luna et al. 2020). En los noventa se estimó en la Ecorregión Global del Chocó-Darién del Ecuador una deforestación de 14,6 millones de hectáreas, incrementándose para el 2018 a 12,5 millones de hectáreas; calculándose una tasa de deforestación anual de 0,46 %, equivalente a 0,06 millones de hectáreas entre 2016-2018, con un incremento del 2,3 % desde el 2020 (0,34 millones de hectáreas) (Roy et al. 2018; Ojeda-Luna et al. 2020; Camacho-López et al. 2022).

Por otro lado, en Ecuador desde 2002 hasta 2015 existió un incremento de la cobertura de vegetación secundaria por declives en el sector agropecuario, debido principalmente a factores climáticos como intensas lluvias e inestabilidad económica y política (Sierra 2013). Por esta razón, la deforestación en Ecuador y la Ecorregión Global

del Chocó-Darién ecuatoriano tiene una estrecha relación con el PIB nacional; esto se debe a que la transformación entre coberturas de cultivos y vegetación secundaria está ligado al crecimiento económico del país, y por ende a la tecnificación de la agricultura en las zonas con tierra más productiva de la ecorregión global (Sierra 2013; Fagua 2018); como son las zonas centrales de la ecorregión global del Ecuador hacia el sur en el Golfo de Guayaquil.

En Ecuador se refleja el paradigma de que la deforestación está ligada a los ciclos económicos del país, el crecimiento económico de Ecuador está en su mayoría ligado a actividades extractivas; las cuales a pesar de tener diversos impactos sociales y ambientales como en la cobertura forestal, al reducir su actividad dejan vacíos en las oportunidades económicas de la población; fomentando la deforestación y la venta de madera como fuente de ingresos (Sierra 2013). Sin embargo, la deforestación también está ligada a la distribución inequitativa de recursos y falta de oportunidades de comunidades inmersas en ecosistemas que ofrecen una gran cantidad de servicios ecosistémicos (Sierra 2013). Ante este escenario, es posible que las tasas de deforestación elevadas en el Ecuador fluctúen de la mano con la distribución inequitativa, abandono estatal y el crecimiento económico nacional relacionado con actividades extractivas (Fagua 2018).

De acuerdo con las referencias, la deforestación histórica en la Ecorregión Global del Chocó-Darién del Ecuador es 2,5 veces mayor que la deforestación para la ecorregión global de Colombia y Panamá (WWF 2015). En 1970 las zonas bajas de la ecorregión global del Ecuador poseían un 80 % de su cobertura original; en la actualidad aproximadamente más del 85 % ha desaparecido, tendencia que se encuentra también en incremento en regiones de la ecorregión global de Colombia y Panamá (WWF 2015; Ojeda-Luna et al. 2019).

4. Evaluación de la Deforestación en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de Panamá

La zona de la Ecorregión Global del Chocó-Darién de Panamá es uno de los remanentes más importantes de bosques tropicales húmedos y pie montano húmedos de Centro América, siendo esta región el único tramo donde la infraestructura vial Panamericana, la cual cruza casi todo el continente se interrumpe (Mateo-Vega 2023). El Darién es uno de los más grandes reservorios de carbono del neotrópico, que en los

últimos años se ha convertido en una importante ruta para actividades ilícitas y el tránsito de inmigrantes de distintas nacionalidades hacia los Estados Unidos (Mateo-Vega 2023).

El Darién de Panamá se encuentra bajo una alta presión, principalmente por la colonización, transformación de coberturas forestales para usos de suelo destinados a cultivos y la tala ilegal (Vergara-Asenjo & Potvin 2014). Panamá reflejó una tasa de deforestación anual de 0,04 millones de hectáreas entre 1992-2000 y de 0,013 millones de hectáreas entre 2000 - 2008; esto significa que entre 1992 y 2008 la cobertura forestal de Panamá decreció de 3,35 millones de hectáreas a 3,24 millones de hectáreas; siendo los principales causantes de deforestación el reemplazo de bosques a plantaciones forestales, y la expansión de actividades agropecuarias y mineras. (Vergara-Asenjo & Potvin 2014; WWF 2015). De acuerdo con Fagua et al. (2019), los municipios de Panamá que pertenecen a la ecorregión global demostraron presiones menores hacia transformación de cobertura forestal en comparación a la ecorregión global en Colombia y Ecuador, debido a que en comparación con Colombia y Ecuador: Panamá posee índices bajos de corrupción y una economía que no depende en gran medida de las actividades extractivas.

El Darién en la ecorregión global de Panamá en su mayoría es considerado territorio indígena de las étnias Emberá y Kuna, lo que incrementa la preocupación de deforestación en territorio indígena ante la invasión por colonización de tierra destinada a cultivos; con los conflictos territoriales que esto implica (Mateo-Vega. 2023). Es así como entre 2015 y 2017 la pérdida de cobertura forestal se triplicó de 0,01 millones de hectáreas a 0,03 millones de hectáreas, y se estimó una pérdida de cobertura forestal de 0.028 millones de hectáreas en 2018; concentrándose la mayor parte de deforestación en la parte oriental de Panamá, la cual se extiende desde la cuenca alta del río Bayana hasta la frontera con Colombia en la provincia de Darién (Mateo-Vega. 2023). Adicionalmente, a partir de información sobre deforestación, pendiente y elevación, y distancia entre cobertura forestal e infraestructuras viales; se estima que los territorios indígenas de la ecorregión global en Panamá perderán un aproximado de 553 hectáreas anuales de cobertura forestal entre 2015 y 2024 (Mateo-Vega. 2023).

5. Sensores remotos aplicados a la estimación de la deforestación

La detección remota permite la identificación de áreas donde se concentran eventos de transformación de cobertura forestal hacia otros usos de suelo, determinando

a través del tiempo donde se concentran los eventos de deforestación de acuerdo con los patrones de transformación de cobertura (Cortes-Riveros 2020). Los sensores remotos satelitales permiten el registro de la reflectancia energética que emiten los cuerpos de las coberturas terrestres; y el comportamiento espectral de la reflectancia producida por las coberturas se define como firma espectral (Cortes-Riveros 2020). El nivel de detalle que produce cada firma espectral depende de la resolución espacial que contenga el sensor remoto utilizado, esta resolución contiene la información de la imagen en píxeles de acuerdo con la escala de trabajo definida y asigna valores de reflectancia en escala de grises codificados en niveles digitales (*DN*), determinando así el tipo de cobertura (Cortes-Riveros 2020).

Para análisis multitemporales los sensores remotos más comunes son *Sentinel 2*, *Landsat 8* y *MODIS*. *Sentinel 2* está compuesto por dos satélites con instrumentos multiespectrales *Sentinel 2A* y *2B* los cuales cuentan con 13 bandas espectrales para capturar imágenes multiespectrales, *Sentinel 2* realiza capturas de las coberturas terrestre cada cinco días con una resolución de 10 metros por píxel y un campo visual de 290 kilómetros (Cortes-Riveros 2020). *Landsat 8* está compuesto con dos sensores *operational land imager* y *thermal infrared sensor*, y cuenta con 11 bandas espectrales realizando capturas de cobertura cada dos semanas en una resolución de 30 metros (Cortes Riveros 2020). En el caso del sensor *MODIS* (Moderate resolution Imaging Spectroradiometer), este tiene la ventaja de proporcionar imágenes con índices de vegetación global L3 en resoluciones de 250 metros libres de nubosidad debido a algoritmos de corrección, aspecto especialmente útil en regiones con altos índices de pluviosidad (Fagua 2018). *MODIS* proporciona píxeles a partir de 16 imágenes diarias para cuatro bandas espectrales medidas en nanómetros (nm): azul (459 nm - 479 nm), rojo (620 nm - 670 nm), *near infrared* (NIR: 841 nm – 876 nm), y *mid-infrared* (MIR: 2105 nm – 2155 nm), así como también dos índices: Índice de Vegetación Mejorado – *Enhanced Vegetation Index* EVI y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada – *Normalized Difference Vegetation Index* NDVI (Fagua 2018).

Las aproximaciones para monitorear la deforestación basadas en imágenes satelitales permiten análisis multitemporales para la identificación de áreas donde se concentra la deforestación a través del tiempo. Por ejemplo; Hansen et al (2013) utilizando imágenes satelitales *Landsat 8* con información del porcentaje de cobertura forestal global en un rango de 0-100 *Treecover*, y de la pérdida anual de cobertura forestal *Lossyear* disponibles en la plataforma *Global Land Analysis*, determinaron una pérdida

de cobertura forestal o deforestación a nivel global de 230 millones de hectáreas, entre los años 2000 y 2012; deforestación causada principalmente por la transformación de cobertura forestal hacia agricultura y pastizales para ganadería (Hansen et al. 2013; Ojeda-Luna et al. 2020).

6. Análisis de *Hotspots* Emergentes “Emergent Hotspots Analysis”

Uno de los métodos de análisis multitemporales para identificar la concentración de la deforestación a escala espacial y temporal es el Análisis de *Hotspots* Emergentes (*Emergent Hotspot Analysis*), el cual toma información de cobertura forestal y pérdida de cobertura forestal y genera una serie de patrones espacio temporales relacionados a deforestación, quemas, enfermedades y patrones dentro de un contexto geográfico; permitiendo la examinación de las tendencias de la transformación de cobertura forestal (Singh & Yan 2021). El Análisis de *Hotspots* Emergentes permite la descripción de una región con valor alto de transformación de cobertura forestal en relación con los valores de las áreas en sus alrededores (Harris et al. 2017), clasificando estas regiones como puntos calientes de deforestación (*hotspots*) o puntos fríos (*cold spots*) como resultado de procesos aleatorios y sugestivos a decisiones de diseño cartográfico, y que representan áreas donde trabajan procesos subyacentes que generan los procesos de transformación de cobertura forestal observados (Harris et al. 2017).

De forma predeterminada la herramienta de geoprocésamiento *Emerging Hotspot Analysis* del software *Esri ArcGIS Pro* categoriza la información espacio temporal en una de 17 categorías posibles, estas son una categoría sin patrón determinado junto con ocho categorías de pérdida de cobertura forestal *hotspots* y ocho categorías de ganancia de cobertura forestal *cold spot* (Singh & Yan. 2021). A partir de estas categorías, el Análisis de *Hotspots* Emergentes evalúa los patrones espaciales y temporales de deforestación en datos cúbicos de tiempo y espacio denominados *bins* como input para el análisis, identificando así las pérdidas o ganancias locales y su categoría para su posterior interpretación espacial y temporal (Harris et al. 2017; Singh & Yan 2021; Araza et al. 2021).

El Análisis de *Hotspots* Emergentes mide la tendencia de agrupamiento de los patrones de pérdida de cobertura forestal a través de una combinación de dos medidas estadísticas: 1) el parámetro estadístico *Getis-Ord Gi* para identificar la localidad y el grado de agrupamiento según el proceso de transformación de cobertura forestal y 2) la

prueba de patrones *Mann Kendall* para evaluar los patrones de transformación a través de series de tiempo (Harris et al. 2017).

El parámetro estadístico *Getis-Ord Gi* mide los patrones de agrupamiento espacial ante las pérdidas o ganancias de cobertura forestal basándose en la densidad de la cobertura dentro de cada *bin* de un kilómetro (conteos en agrupaciones relativas a las agrupaciones próximas a la misma) generando un *z-score* y *p-values* (Harris et al. 2017; Araza et al. 2021; Singh & Yan 2021). Si un *bin* resulta ser demasiado denso se espera un *z-score* alto, considerándose *hotspots* estadísticamente significativos a aquellos con un *z-score* mayor a 1,96 y *cold spots* a aquellos con *z-score* menor a -1,96 (Harris et al. 2017; Araza et al. 2021; Singh & Yan 2021).

El segundo método de medidas estadísticas *Mann-Kendall* mide los patrones temporales de deforestación en cada set de agrupaciones durante el tiempo de estudio, generando *z-scores* positivos para incrementos *hotspots* y negativos para disminuciones *coldspots* para el periodo de estudio con un nivel de significancia de $p < ,05$ (Harris et al., 2017; Singh & Yan 2021). La prueba estadística *Mann-Kendall* es una prueba no paramétrica para regresiones lineales de datos de pérdida de cobertura con orden temporal versus el tiempo, por lo que las agrupaciones y resultados de tendencias a partir de los estadísticos *Getis Ord Gi* y *Mann-Kendall* son utilizadas para categorizar y medir la tendencia de cada *bin* (Harris et al. 2017; Singh & Yan 2021).

7. Objetivos

Partiendo de la información espacio temporal disponible para la Ecorregión Global del Chocó-Darién sobre las dinámicas de transformación de cobertura forestal y clasificación de usos de suelo, esta investigación toma la pérdida de cobertura forestal obtenida a partir de imágenes satelitales provenientes de *Global Land Analysis and Discovery* (GLAD) y *Global Forest Watch* (GFW) con la finalidad de:

Identificar a partir del Análisis de *Hotspots* Emergentes los *hotspots* de deforestación de la Ecorregión Global del Chocó-Darién entre los años 2000-2021, permitiendo así la vinculación de *hotspots* de deforestación y deforestación potencial determinados en la ecorregión global con las siguientes categorizaciones:

1. Coberturas de uso de suelo disponibles dentro del periodo de estudio como patrones de transformación de cobertura forestal,

2. Las ecorregiones que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién, de acuerdo con clasificaciones de zonas de vida para la conservación de la ornitofauna global,
3. Modelos digitales de elevación para el área de estudio y,
4. Iniciativas de conservación; con registros y monitoreos rigurosos de ocurrencia y números poblacionales de especies ornitológicas como son las IBAs y Áreas KBAs.

La identificación de frentes de deforestación o *hotspots* de deforestación y la deforestación potencial en la ecorregión global para los años de estudio, y su relación con las categorizaciones previamente expuestas permite corroborar las pérdida de cobertura forestal acumulada para el periodo de estudio y visibilizar el estado de las coberturas forestales en la ecorregión; permitiendo así discutir sobre los posibles *drivers* biofísico-ambientales, y socioeconómicos de la deforestación en la ecorregión global en un periodo mayor a 20 años.

Esta relación posibilita la sugerencia de planes para la reducción de la deforestación a través de la implementación de estrategias de conservación, y mecanismos de financiamiento y/o planes de inversión para la conservación; planes que al integrar información sobre pérdida de cobertura forestal y los *drivers* biofísico-ambientales y socioeconómicos de la deforestación, faciliten un balance positivo a los esfuerzos de conservación que se deben aplicar a la Ecorregión Global del Chocó-Darién.

Capítulo tercero

Métodos

1. Área de estudio

El área de estudio considerada para la Ecorregión Global del Chocó-Darién (CGE) tiene una extensión de 19290586,99 hectáreas, o 192905,87 km² y comprende: el extremo norte con los bosques húmedos del Atlántico del Istmo de Panamá, el sur de los manglares Mesoamericanos, los bosques húmedos Orientales de Panamá hasta el Darién, parte de los manglares del golfo de Panamá, el extremo suroccidental de los matorrales secos de la Guajira, los bosques húmedos de la cuenca del Magdalena, el Chocó en el Pacífico colombiano, el occidente de la cuenca del Cauca en Colombia, los manglares del Pacífico Sudamericano, el noroccidente del Ecuador, y parte de los bosques secos del Ecuador hasta los pastizales de Guayaquil (considerado como el inicio de la Ecorregión Tumbesina) siendo este el extremo sur de la ecorregión global (Hurtado-Guerra 2012).

De acuerdo con la delimitación del complejo ecorregional global del Chocó-Darién tomada en esta investigación y realizada por Fagua (2018), al cruzarla con clasificaciones de zonas de vida para la conservación de la ornitofauna global desarrollado por Stotz et al. (1996) y que es utilizado hasta la actualidad por BirdLife International, tal cómo se observa en la Figura 2., el complejo ecorregional contiene a 17 ecorregiones; de las cuales seis poseen una mayor representatividad dentro de la ecorregión global debido a su extensión.

Por lo que las ecorregiones distintivas para la Ecorregión Global del Chocó-Darién en la Figura 2, son: bosque húmedo del Magdalena-Urabá, bosque húmedo del Chocó-Darién, bosque húmedo del occidente del Ecuador, manglares del Pacífico de Sudamérica, bosque montano oriental de Panamá y manglares del Amazonas-Orinoco-sur del Caribe.

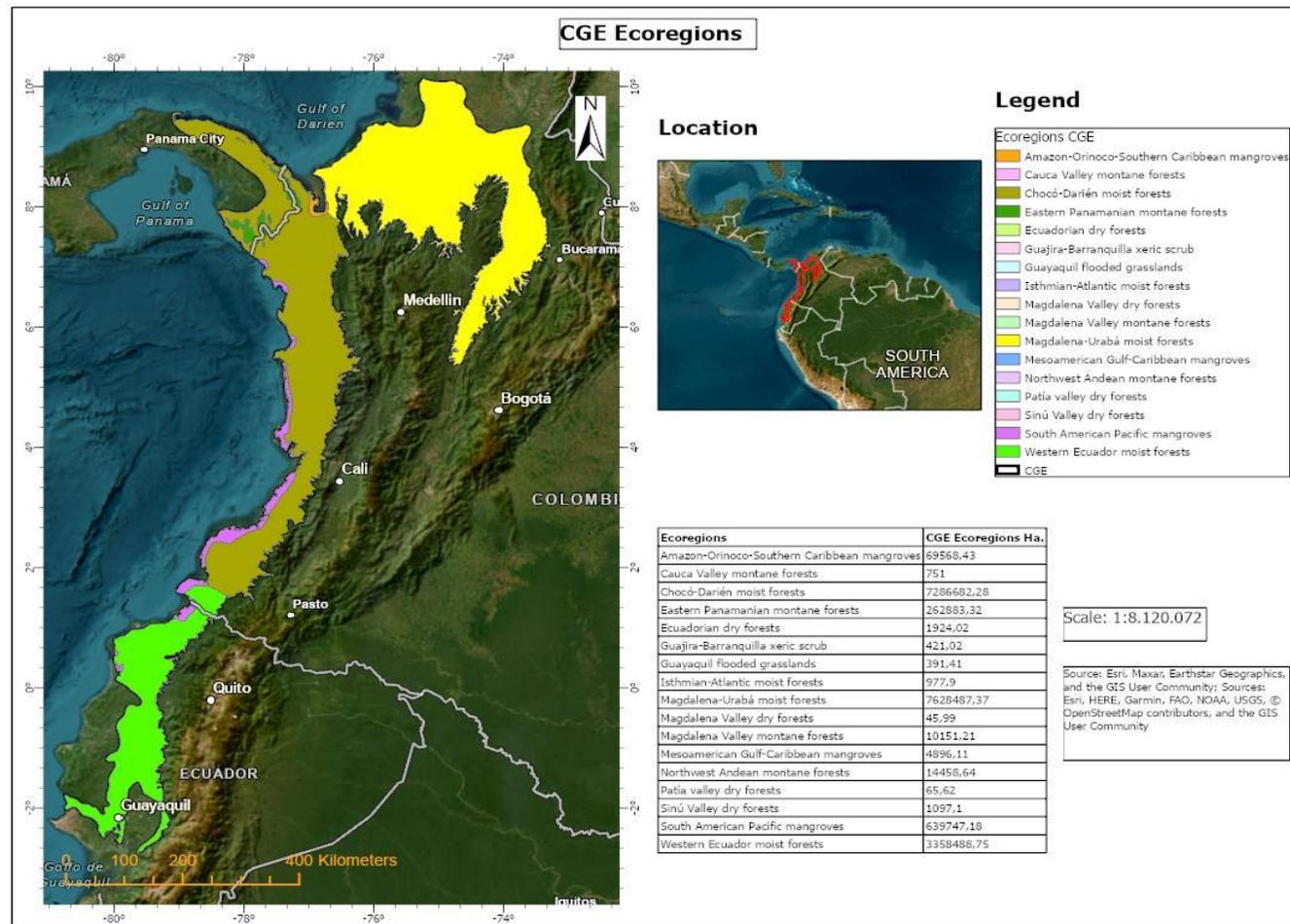


Figura 2. Extensiones de las ecorregiones que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién. Elaboración propia a partir de (Stotz et al. 1996; Fagua 2018; Fagua & Ramsey 2019; Fagua et al. 2019).

2. Imágenes de preprocesamiento y procesamiento

Para este estudio se obtuvieron a partir de las plataformas *Global Land Analysis and Discovery* (GLAD) y *Global Forest Watch* (GFW) (Hansen et al. 2013), la siguiente información: 1. Imágenes satelitales *raster* de origen *Landsat 8* (30 metros de resolución) con información de la cobertura forestal dentro del periodo de estudio, información que esta codificada de acuerdo con el porcentaje de cobertura forestal de 0-100 en pixeles; siendo reclasificada a $\geq 30\%$ para este estudio, y 2. Imágenes satelitales *raster* de origen *Landsat 8* (30 metros de resolución) con información de eventos de pérdida de cobertura forestal y el año en que sucedió la perturbación correspondiente.

Posteriormente, estas imagenes fueron vectorizadas, cortadas y procesadas para el área de ecorregión global, y georreferenciadas (WGS 84) mediante el uso del software de geoprocresamiento *Esri ArcGIS Pro*.

3. Análisis de *Hotspots* Emergentes para la Ecorregión del Chocó-Darién y sus limitaciones

Siguiendo con la sistematización de preprocesamiento y procesamiento en el software de geoprocresamiento *Esri ArcGIS Pro* para el Análisis de *Hotspots* Emergentes explicados en la Figura 3, las imágenes de cobertura forestal y de pérdida de cobertura forestal anual vectorizadas son convertidas en puntos para que su información se agregue en *bins* espacio temporales con resolución de un kilómetro (Harris et al. 2017) y estos son usados como término de referencia de intervalo espacial, y desde el 2000-2021 como término de referencia de intervalo de tiempo para generar un cubo espacio temporal *3D* guardado en un archivo *netCDF*, formato que permite la agregación de puntos de pérdida cobertura forestal en *bins* espaciotemporales (cubos dentro del cubo) con la resolución espacial definida (Harris et al. 2017).

Es decir, cada *bin* contiene información de una ubicación específica y el número de alertas por deforestación para un año dado dentro del periodo de estudio para esa ubicación; por lo que esta información expresada en ejes puede ser traducida en: (X es la línea de tiempo en el periodo de estudio, Y es la deforestación anual acumulada, y Z es la tendencia de agrupamiento de alertas de deforestación para el periodo de estudio).

La visualización de este tipo de archivos se realizó con la herramienta de *Esri ArcGIS Pro-Visualize space time cube 2D*, la cual permite analizar la tendencia de agrupamiento del cubo espacio temporal formado para el periodo de estudio; arrojando el parámetro estadístico de localidad y grado de agrupamiento de transformación de cobertura forestal *Getis-Ord Gi* y los patrones de transformación de cobertura forestal temporales de la prueba *Mann Kendall* mediante los *z scores* y el *p values* determinados (Harris et al. 2017). A través de la herramienta de geoprocésamiento de *Esri ArcGIS Pro*, se identifican y cuantifican, la deforestación y potencial deforestación para la Ecorregión Global del Chocó-Darién entre los años 2000-2021; de acuerdo con los patrones de transformación de cobertura forestal obtenidos en el análisis.

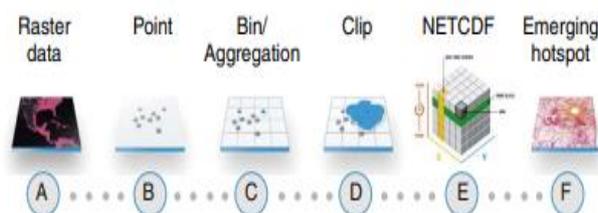


Figura 3. Sistematización de preprocesamiento y procesamiento de imágenes para el Análisis de *Hotspots* Emergentes “*Emergent Hotspots Analysis*”.

Fuente: (Harris et al. 2017).

A) imágenes satelitales *raster* con de información en resolución de 30 metros para obtener la pérdida anual de cobertura forestal en el periodo especificado. B) Vectorización y conversión de información *raster* en puntos como preprocesamiento. C) Agregación y tabulación de puntos en contenedores *bins* con información espacio temporal de resolución de 1 kilómetro para determinar patrones espaciales a lo largo del tiempo. D) Procesamiento de la información para el área de la ecorregión global. E) Conversión de información en cubo 3D con información espacio temporal y almacenamiento en archivo *netCDF*., y F) Para cada *bin* en el cubo se calcula el estadístico *Getis-Ord Gi* para determinar el grado de agrupamiento en localidades y se aplica la prueba *Mann-Kendall* para determinar patrones de pérdida dentro del periodo de estudio.

Es determinante mencionar las limitaciones de las imágenes satelitales *raster* de origen *Landsat 8* (30 metros de resolución) utilizadas, una de estas es la sensibilidad del sensor remoto satelital en la detección de deforestación en áreas de estudio con alta nubosidad, así como también la detección precisa de procesos de transformación de cobertura forestal hacia plantaciones y cultivos forestales al potencialmente confundir estos como eventos de ganancia de cobertura forestal (Harris et al. 2017), también el análisis de *hotspots* emergentes ante el origen de las imágenes satelitales tiene dificultades para diferenciar entre pérdida y ganancia de cobertura forestal cuando la preparación de

áreas para cultivos forestales y los procesos de cultivo se dieron en periodos previos al de estudio (Sánchez-Cuervo et al. 2012; Sierra. 2013). Por otro lado, a pesar de que las imágenes satelitales de origen *Landsat 8* son de acceso libre y poseen una ventana temporal mayor comparada a otros sensores remotos, su resolución es menor comparada a otros sensores remotos; por lo que, una vez analizadas las imágenes de pérdida de cobertura forestal para el área y periodo de estudio; es necesario cotejar los resultados obtenidos con imágenes provenientes de otros sensores dentro del periodo de estudio de análisis para el área de estudio, así como realizar modelos que ratifiquen la clasificación de coberturas y sus transformaciones, modelos que deben ser calibrados a través de visitas in situ (Cortes-Riveros 2020).

En esta investigación la pérdida de cobertura forestal o procesos de transformación de cobertura forestal son equivalentes a deforestación al corroborar los resultados con las imágenes *MODIS* obtenidas por Fagua (2018) y Fagua & Ramsey (2019) con índices de vegetación global L3 en resoluciones de 250 metros y algoritmos de corrección de nubosidad, siendo información de gran precisión sobre los usos de suelo de los periodos 2002 y 2015 para el área de estudio.

Adicionalmente, ante la información disponible de usos de suelo, no solo se cuantifican los hotspots de deforestación significativos obtenidos después del análisis de *hotspots* emergentes; también se determina como deforestación potencial a: 1. Los *hotspots* no significativos dentro de coberturas que no pertenezcan a cuerpos de agua dentro del periodo de estudio, 2. Los *coldspots* no significativos detectados en cobertura forestal, y 3. Todo punto sin patrón significativo y no significativo dentro de coberturas que no pertenezcan a coberturas de cuerpos de agua; ya que todos estos representan potenciales pérdidas de cobertura forestal en episodio cortos de tiempo dentro del periodo de estudio .

4. Drivers Biofísicos-ambientales y socioeconómicos de la transformación de cobertura forestal en la Ecorregión Global del Chocó-Darién

Con la finalidad de vincular a la deforestación y potencial deforestación obtenida para la Ecorregión Global del Chocó-Darién con potenciales *drivers* de deforestación bajo categorizaciones biofísico-ambientales y socioeconómicas, se partió del análisis de la evolución de la transformación de la cobertura forestal identificando los *hotspots* de deforestación y deforestación potencial ante la información disponible sobre los usos de

suelo para los años 2002 y 2015 identificadas por Fagua (2018) y Fagua & Ramsey (2019).

Los resultados de las imágenes *MODIS* obtenidas por Fagua (2018) y Fagua & Ramsey (2019) sobre usos de suelos tienen marcado el nivel de detalle que produce cada firma espectral de acuerdo con las coberturas de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en los años 2002 y 2015, estas imágenes poseen la siguiente codificación según los valores de reflectancia en escala de grises codificados en niveles digitales (*DN*) (Cortes-Riveros 2020): (0. Bosque-*Forest*, 1. Vegetación Secundaria-*Secondary Vegetation*, 2. Pastizales-*Grasslands*, 3. Cultivos-*Crops*, 4. Palma de Aceite-*Palm Oil*, 5. Asentamientos-*Settlements*, 6. Cuerpos de Agua-*Water Bodies* y 7. Humedales, Marismas y Pantanos-*Marshes/Wetlands*); esta información es cruzada con los resultados obtenidos en el análisis de *hotspots* emergentes para el periodo 2000-2021 permitiendo relacionar la pérdida de cobertura identificada con fenómenos socioeconómicos e históricos dentro de la ecorregión global

Otra aproximación de esta investigación es procesar la información espacial de la distribución de aves neotropicales para la conservación de la ornitofauna global, la cual está determinada según la relación de las aves con las estructuras vegetales y está expresada en forma de ecorregiones que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién (Stotz et al. 1996); y relacionarla con la información obtenida sobre *hotspots* de deforestación y deforestación potencial obtenidas mediante el análisis de *hotspots* emergentes realizado, identificando así las unidades biogeográficas dentro de la ecorregión global que se encuentran con mayores amenazas (Stotz et al. 2001).

Esta investigación también toma a los Modelos Digitales de Elevación-*DEM* de pendiente y altitud como elementos biofísicos debido a su influencia en la topografía, hidrografía, clima y por consecuencia a la biodiversidad que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién, por lo que se identificará a los rangos altitudinales y grados de elevación de la ecorregión global que concentran la mayor cantidad de *hotspots* de deforestación y deforestación potencial, identificados para el periodo de estudio y tomando el Modelo de Elevación Digital *DEM* de alta resolución de cinco metros, generado por Tadono et al (2014).

Se solicitó también a Birdlife International (2022), información sobre la delimitación digital de 43 IBAs que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién. Sin embargo, se excluyeron los IBAs que no poseen cobertura forestal y cuya cobertura tienen composición correspondiente en su mayoría a cuerpos de agua y humedales,

marismas y pantanos, como Ciénagas de Guayaquil e Isla Santay; y aquellos IBAs cuyos límites dentro de la ecorregión global son mínimos como el Bosque Protector Molleturo Mullopungo.

Por lo que, se evaluó las coberturas de 39 IBAs, de acuerdo con la información disponible sobre los usos de suelo de la ecorregión global para los años 2002 y 2015, y los *hotspots* de deforestación y deforestación potencial obtenidos en el análisis de *hotspots* emergentes.

También se enlisto la biodiversidad ornitológica de especies con algún grado de amenaza de conservación presentes en las 39 IBAs analizadas, y se señaló aquellas con distribución restringida para la Ecorregión Global del Chocó-Darién; debido a que la deforestación reportada en la ecorregión global tendría un impacto mayor en estas especies.

Capítulo cuarto

Resultados

1. *Hotspots* de Deforestación y Deforestación Potencial en la Ecorregión Global del Chocó Darién durante el periodo 2000-2021

El *Análisis de Hotspots Emergentes* para la Ecorregión Global del Chocó-Darién (CGE) en un periodo mayor a 20 años como se observa en la Figura 4., identificó un aproximado de 2524180,42 hectáreas de *hotspots* de deforestación significativos (mean $z\text{-score} = 2,48 \pm 2,34$; $p < ,05$) representando 13,09 % de la Ecorregión Global del Chocó-Darién (CGE) (ver Tabla 1).

Complementariamente, se determinó como deforestación potencial a los *hotspots* no significativos dentro de coberturas que no pertenecían a cuerpos de agua para el periodo de estudio, a los *coldspots* no significativos detectados en cobertura forestal, y todo punto sin patrón significativo y no significativo; ya que estos representan la pérdida de cobertura forestal que se dió en algún episodio corto de tiempo dentro del periodo de estudio.

Representando estas 7818423,12 hectáreas, (mean $z\text{-score} = - 0,36 \pm 1,33$) o el 40,53 % de la ecorregión global (ver Tabla 1).

Tabla 1
***Hotspots* de Deforestación y Deforestación Potencial identificada para la Ecorregión Global del Chocó-Darién entre los años 2000 y 2021**

<i>Emergent Hotspot Analysis</i>	Area ha	Mean $z\text{-score}$	SD $z\text{-score}$	<i>p-value</i>	CGE %
Deforestation <i>Hotspots</i> 2000-2021	2524180,42	2,48	2,34	< ,05	13,09
Potential Deforestation 2000-2021	7818423,12	-0,36	1,33	-	40,53

Fuente y elaboración propia.

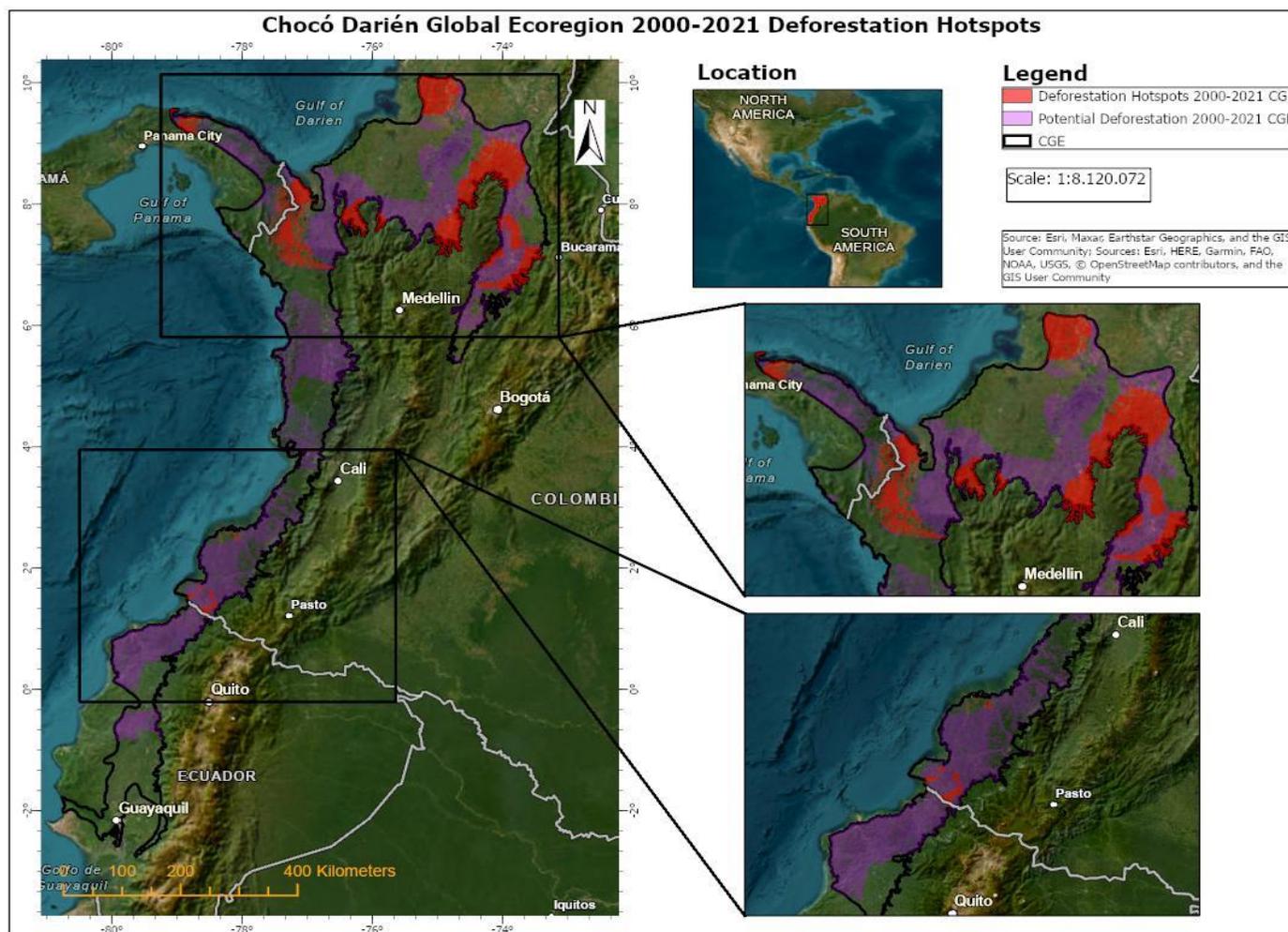


Figura 4. Focalización de *hotspots* de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global de Chocó-Darién entre los años 2000 y 2021. Fuente y elaboración propia.

En consecuencia, de las 19290586,99 hectáreas de extensión que componen a la ecorregión global, entre los años 2000 y 2021 existió una degradación de cobertura forestal aproximada de 10342603,54 hectáreas, o 53,62 % de la extensión total de la ecorregión global.

De las cuales 2524180,42 hectáreas o 13,09 % han sido eventos de deforestación sostenidos a lo largo del tiempo, permitiendo la identificación de áreas donde la deforestación se concentra en forma de patrones como son los *hotspots* de deforestación, visibilizados en regiones específicas como la frontera entre Ecuador y Colombia, la región del Magdalena Urabá en Colombia y el tapón del Darién entre Colombia y Panamá.

2. *Hotspots* de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global del Chocó-Darién durante el periodo 2000-2021 de acuerdo con los Usos de Suelo del año 2002

Como se mencionó previamente, para comparación y corroboración de la información de cobertura forestal y pérdida anual de origen *Landsat 8*, y provenientes de *Global Forest Watch*, se utiliza la información usos de suelo para la Ecorregión Global del Chocó-Darién del año 2002 de acuerdo con Fagua (2018); información obtenida mediante sensores *MODIS* con correcciones de nubosidad y codificada en los niveles digitales *DN* (*Forests, Secondary Vegetation, Crops, Grasslands, Palm Oil, Settlements, Water Bodies, and Wetlands/Marshes*) de acuerdo a los usos de suelo de la ecorregión global, la información de coberturas refleja que en el 2002 las coberturas de bosque *Forest* y cultivos *Crops* tenían una representatividad de 57,7 % y 17,05 % de la extensión de la ecorregión global respectivamente (ver Tabla 2 y Figura 5).

En cuanto a los otros usos de suelo, las coberturas de pastizales-*Grasslands* representaban el 6,15 %, vegetación secundaria-*Secondary Vegetation* 6,05 %, humedales pantanos y marismas-*Wetlands/Marshes* 5,09 %, aceite de palma-*Palm Oil* 4,57 %, cuerpos de agua-*Water Bodies* 2,53 % y asentamientos-*Settlements* 0,86 %, como se observa en la Tabla 2 y Figura 5.

Los *hotspots* de deforestación y deforestación potencial obtenidos identificaron de acuerdo con la información de usos de suelo de la ecorregión global en el 2002, que el 8,54 % de los *hotspots* de deforestación significativos se encontraron en cobertura de bosque-*Forest* y 1,37 % en cobertura de cultivos-*Crops*, seguidos en menor extensión por

0,81 % en cobertura de aceite de palma-*Palm Oil*, 0,59 % en vegetación secundaria *Secondary Vegetation*, 0,12 % en pastizales-*Grasslands* y otras coberturas con menor representatividad como se observa en la Tabla 2 y Figura 5.

Por otro lado, en los usos de suelo de la ecorregión global para el 2002 se determinó que dentro de algún episodio del periodo de estudio 2000-2021 pudieron darse eventos potenciales de deforestación que son como se especificó previamente todo *hotspot* no significativos dentro de coberturas que no es cobertura de cuerpos de agua, *coldspots* no significativos detectados en cobertura forestal, y todo punto sin patrón significativo y no significativo en cobertura forestal en 25,06 % de cobertura de bosque-*Forest*, 4,29 % en cultivos-*Crops*, 3,05 % en vegetación secundaria-*Secondary Vegetation*, 1,99 % en coberturas de pastizales-*Grasslands*, y otras coberturas con menor extensión como se observa en la Tabla 2 y Figura 5.

Tabla 2
Hotspots de deforestación y deforestación potencial de acuerdo con la información de usos de suelo de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en el año 2002

D N	Land Use	Land Use 2002 ha	Land Use 2015 ha	%CGE Land Use 2002	%CGE Land Use 2015	Deforestation Hotspots Land Use 2002 ha	Deforestation Hotspots Land Use 2015 ha	% Deforestati on Hotspots Land Use 2002 ha	% Deforestation Hotspots Land Use 2015 ha	Potential Deforestation Land Use 2002 ha	Potential Deforestati on Land Use 2015 ha	% Potential Deforestati o Land Use 2002 ha	% Potential Deforestati on Land Use 2015 ha	Total Forest Degradatio n 2002 ha	Total Forest Degradation 2015 ha
0	Forest	11130227,53	8563791,24	57,7	44,39	1648117,4	1322520,96	8,54	6,86	4834330	3358893,04	25,06	17,41	4647780,13	2406940,28
1	Secondary Vegetation	1167134,81	3381716,47	6,05	17,53	115048,58	440803,27	0,59	2,29	588094,26	1945046,24	3,05	10,08		
2	Crops	3288575,9	4231087,84	17,05	21,93	264883,65	301098,41	1,37	1,56	827099,73	1391762,76	4,29	7,21		
3	Grasslands	1187026,01	601467,99	6,15	3,12	23946,75	15219,02	0,12	0,08	383863,71	161839,72	1,99	0,84		
4	Palm Oil	882434,42	179794,13	4,57	0,93	155301,05	50739,29	0,81	0,26	529496,53	94322,18	2,74	0,49		
5	Settlements	165100,59	434222,28	0,86	2,25	6398,73	17258,66	0,03	0,09	20636,6	60610,25	0,11	0,31		
6	Water Bodies	488353,22	710122,76	2,53	3,68	53962,84	68792,42	0,28	0,36	146426,35	241235,66	0,76	1,25		
7	Wetlands/ Marshes	981734,51	1188384,29	5,09	6,16	154882,21	206109,17	0,8	1,07	315938,53	392176,19	1,64	2,03		

Fuente: Fagua 2018, Fagua et al. 2019 & Fagua and Ramsey 2019.
Elaboración propia.

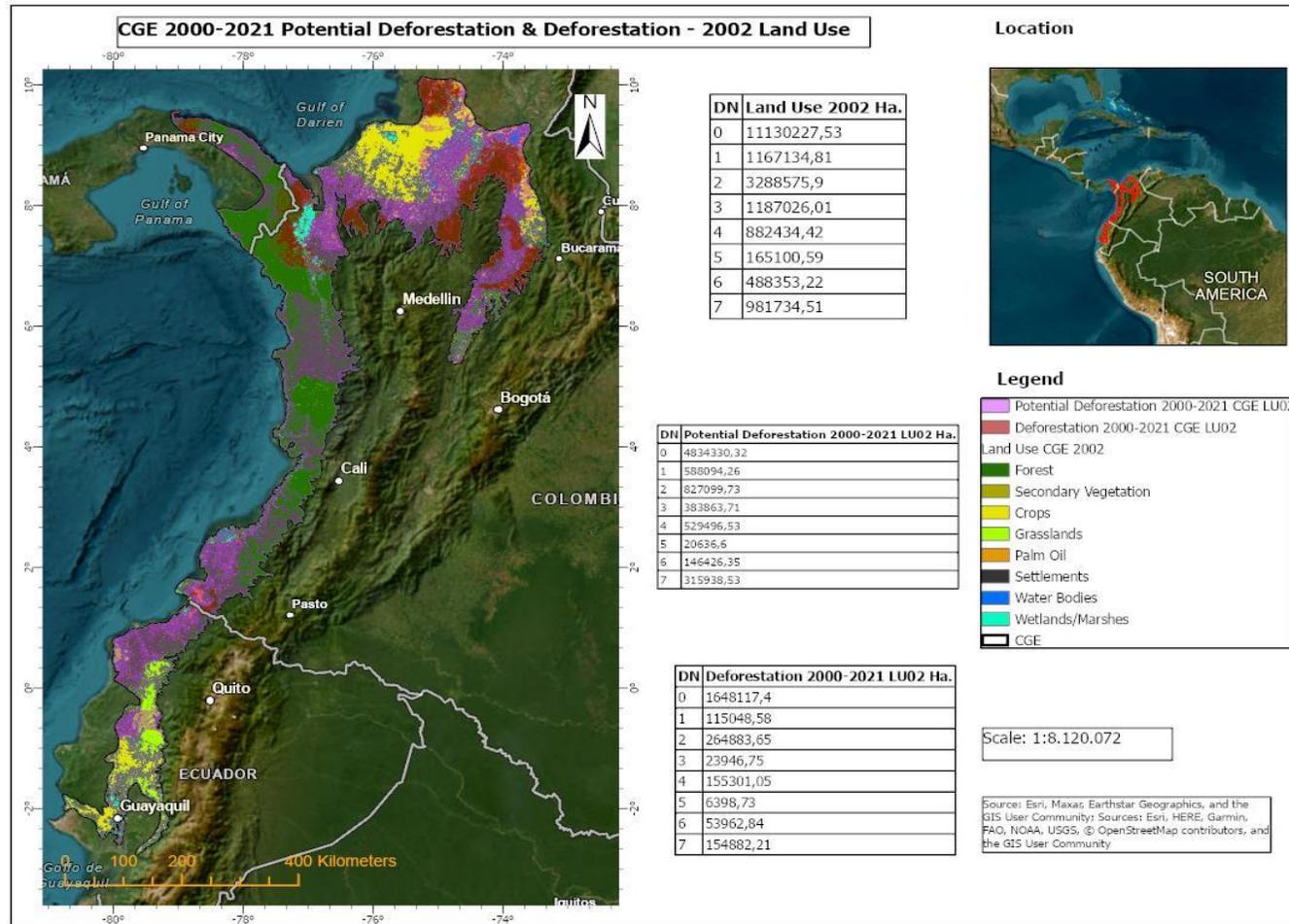


Figura 5. Hotspots de deforestación y deforestación potencial de acuerdo con la información de usos de suelo de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en el año 2002.

Fuente: Fagua 2018, Fagua et al. 2019 & Fagua and Ramsey 2019. Elaboración propia.

Los *hotspots* de deforestación significativos y deforestación potencial identificados estiman una degradación total de cobertura de bosque-*Forest* de 4647780,13 hectáreas o un 33,6 % de las 11130227,53 hectáreas, de la cobertura forestal reportada en el año 2002 para la ecorregión global (ver Tabla 2).

3. *Hotspots* de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global del Chocó-Darién durante el periodo 2000-2021 de acuerdo con los Usos de Suelo del año 2015

De igual manera, para comparación y corroboración de la información de cobertura forestal y pérdida anual de la misma por parte del sensor remoto *Landsat 8* provenientes de *Global Forest Watch*, se utiliza la información usos de suelo para la Ecorregión Global del Chocó-Darién del año 2015 de acuerdo con Fagua (2018); información obtenida mediante sensores *MODIS* con correcciones de nubosidad y codificada en los niveles digitales *DN* (*Forests, Secondary Vegetation, Crops, Grasslands, Palm Oil, Settlements, Water Bodies, and Wetlands/Marshes*) de acuerdo a los usos de suelo de la ecorregión global, estos reflejan que en el 2015 las coberturas de bosque-*Forest* y cultivos-*Crops* representaban un 44,39 % y 21,93 % respectivamente, seguidas de 17,53 % en la cobertura de vegetación secundaria-*Secondary Vegetation*, 6,16 % en humedales pantanos y marismas-*Wetlands/Marshes*, 3,68 % en cobertura de cuerpos de agua-*Water Bodies*, 3,12 % en cobertura de pastizales-*Grasslands*, 2,25 % en cobertura de asentamientos-*Settlements* y 0,93 % en cobertura de aceite de palma-*Palm Oil* como se observa en la Tabla 3 y Figura 6.

Los *hotspots* de deforestación y deforestación potencial obtenidos para la ecorregión global de acuerdo con la información de usos de suelo de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en el 2015, identificaron que 6,86 % de los *hotspots* de deforestación significativos se encontraron en cobertura de bosque-*Forest*, 2,29 % en cobertura de vegetación secundaria-*Secondary Vegetation*, 1,56 % en cobertura de cultivos-*Crops*, 1,07 % en cobertura de humedales, marismas y pantanos-*Wetlands/Marshes*; seguidos en menor extensión por otras coberturas con menor representatividad como se observa en la Tabla 3 y Figura 6.

También, de acuerdo con el uso de suelo de la Ecorregión Global del Chocó-Darién para el año 2015, se determinó que dentro de algún episodio del periodo de estudio se dieron eventos de deforestación potencial en 17,41 % de la cobertura de bosque-*Forest*,

10,08 % en vegetación secundaria-*Secondary Vegetation*, 7,21 % en cultivos-*Crops*, 2,03 % en humedales, marismas y pantanos-*Wetlands/Marshes* y en otras coberturas con menor extensión como se observa en la Tabla 3 y Figura 6.

Tabla 3
Hotspots de deforestación y deforestación potencial de acuerdo con la información de usos de suelo de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en el año 2015

D N	Land Use	Land Use 2002 ha	Land Use 2015 ha	% CGE Land Use 2002	% CGE Land Use 2015	Deforestatio n <i>Hotspots</i> Land Use 2002 ha	Deforestatio n <i>Hotspots</i> Land Use 2015 ha	% Deforestatio n <i>Hotspots</i> Land Use 2002 ha	% Deforestation <i>Hotspots</i> Land Use 2015 ha	Potential Deforestation Land Use 2002 ha	Potential Deforestati on Land Use 2015 ha	% Potential Deforestatio n Land Use 2002 ha	% Potential Deforestati on Land Use 2015 ha	Total Forest Degradatio n 2002 ha	Total Forest Degradation 2015 ha
0	Forest	11130227,53	8563791,24	57,7	44,39	1648117,4	1322520,96	8,54	6,86	4834330	3358893,04	25,06	17,41	4647780,13	2406940,28
1	Secondary Vegetation	1167134, 81	3381716,47	6,05	17,53	115048,58	440803,27	0,59	2,29	588094,26	1945046,24	3,05	10,08		
2	Crops	3288575,9	4231087,84	17,05	21,93	264883,65	301098,41	1,37	1,56	827099,73	1391762,76	4,29	7,21		
3	Grasslands	1187026,01	601467,99	6,15	3,12	23946,75	15219,02	0,12	0,08	383863,71	161839,72	1,99	0,84		
4	Palm Oil Settlements	882434,42	179794,13	4,57	0,93	155301,05	50739,29	0,81	0,26	529496,53	94322,18	2,74	0,49		
5	Water Bodies	165100,59	434222,28	0,86	2,25	6398,73	17258,66	0,03	0,09	20636,6	60610,25	0,11	0,31		
6	Wetlands/ Marshes	488353,22	710122,76	2,53	3,68	53962,84	68792,42	0,28	0,36	146426,35	241235,66	0,76	1,25		
7		981734,51	1188384,29	5,09	6,16	154882,21	206109,17	0,8	1,07	315938,53	392176,19	1,64	2,03		

Fuente: Fagua 2018, Fagua et al. 2019 & Fagua and Ramsey 2019. Elaboración propia.

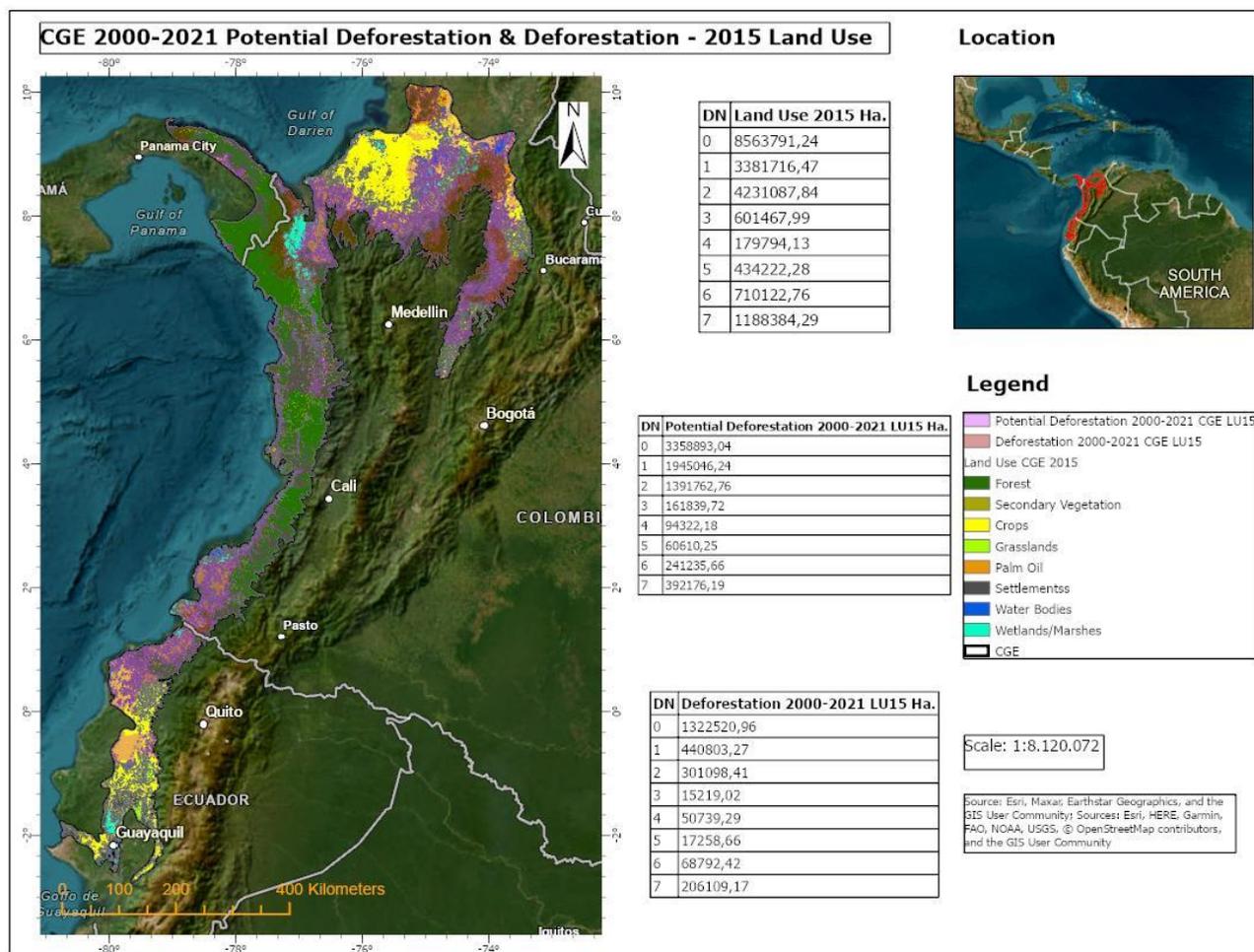


Figura 6. *Hotspots* de deforestación y deforestación potencial de acuerdo con la información de usos de suelo de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en el año 2015.

Fuente: Fagua 2018, Fagua et al. 2019 & Fagua and Ramsey 2019. Elaboración propia.

Los *hotspots* de deforestación significativos y deforestación potencial identificados para el periodo de estudio estiman una degradación total de cobertura de bosque-*Forest* de 2406940,28 hectáreas o 24,27 % de las 8563791,24 hectáreas de la cobertura forestal reportada en el año 2015 para la ecorregión global (ver Tabla 3).

Esto significa una pérdida de cobertura forestal de 2566436,29 hectáreas entre los años 2002 y 2015, cifra obtenida entre la diferencia de las hectáreas de cobertura forestal del año 2002 y la información de cobertura forestal del año 2015 de acuerdo con la información de usos de suelo disponible (Fagua et al. 2019) (ver Tabla 3). Lo que se evidencia en la degradación de 9,33 % de cobertura forestal entre 2002 y 2015, resultado que se obtiene ante la diferencia entre el porcentaje de transformación de cobertura forestal (*hotspots* de deforestación + deforestación potencial) de acuerdo con la cobertura forestal en el año 2002 y el porcentaje de transformación de cobertura forestal (*hotspots* de deforestación + deforestación potencial) de acuerdo con la cobertura forestal en el año 2015, así como también en el aumento de 2214581,66 hectáreas o 11,48 % de la cobertura de vegetación secundaria-*Secondary Vegetation* entre los años 2002 y 2015 y un aumento del 8,73 % en los procesos de transformación dentro de esta cobertura en el periodo de estudio, diferencia obtenida entre el porcentaje de transformación de la cobertura (*hotspots* de deforestación + deforestación potencial) de acuerdo con la cobertura de vegetación secundaria en el año 2015 y el porcentaje de transformación de cobertura de vegetación secundaria (*hotspots* de deforestación + deforestación potencial) de acuerdo con la cobertura forestal en el año 2002 (ver Tabla 3).

También, en los procesos de transformación de coberturas en la Ecorregión Global del Chocó-Darién identificados dentro del periodo de estudio, y de acuerdo con la información de usos de suelo de los años 2002 y 2015 de Fagua (2018) las coberturas de cultivos y asentamientos vieron un incremento de 4,88 % o 942511 hectáreas y 1,39 % o 269121,69 hectáreas de su extensión respectiva, y un incremento del 3.11% y 0.46% respectivamente, en la concentración de procesos de transformación identificados dentro del periodo de estudio, diferencia obtenida entre el porcentaje de transformación de las coberturas (*hotspots* de deforestación + deforestación potencial) de acuerdo con las coberturas en el año 2015 y el porcentaje de transformación de cobertura de vegetación secundaria (*hotspots* de deforestación + deforestación potencial) de acuerdo con las coberturas en el año 2002 (ver Tabla 3).

De igual manera, existe un incremento en las extensiones y concentraciones de procesos de transformación en las coberturas de humedales, pantanos y marismas, y

cuerpos de agua. Sin embargo, las coberturas de pastizales y cultivos de palma de aceite vieron una reducción en la extensión de sus coberturas en 585558,02 hectáreas (3,03 %) y 702640,29 hectáreas (3,64 %) respectivamente de acuerdo con la información de usos de suelo de Fagua (2018) de los años 2002 y 2015 (ver Tabla 3). Lo que se expresa en la disminución de la concentración de procesos de transformación identificados para el periodo de estudio dentro de sus coberturas en 1,19 % y 2,28 % respectivamente, resultado que se obtiene ante la diferencia entre el porcentaje de transformación de las coberturas (*hotspots* de deforestación + deforestación potencial) de acuerdo con las coberturas en el año 2002 y el porcentaje de transformación de las coberturas (*hotspots* de deforestación + deforestación potencial) de acuerdo con las coberturas en el año 2015 (ver Tabla 3).

4. *Hotspots* de Deforestación y potencial deforestación durante el periodo 2000-2021 en las ecorregiones que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién.

Los *hotspots* de deforestación significativos y los puntos de deforestación potencial identificados en la Ecorregión Global del Chocó-Darién para el periodo 2000-2021 relacionados con las ecorregiones que componen a la Ecorregión Global, ecorregiones cuya clasificación esta basada en la categorización de zonas de vida para la conservación de la ornitofauna global realizado por Stotz et al. (1996), y es utilizado por autoridades globales en cuanto a conservación de la biodiversidad como la Lista Roja de las Especies (IUCN) y BirdLife International. Los resultados muestran que los procesos de transformación de coberturas naturales en las ecorregiones que componen a la Ecorregion Global no están relacionados proporcionalmente a su extensión dentro de la Ecorregión Global, sino que están relacionados con la concentración de cobertura de bosque-*Forest* en cada ecorregión según la información de usos de suelo, y también de acuerdo con la disminución de cobertura de bosques identificada dentro del periodo de estudio como se observa en la Tabla 4, y las Figuras 7 y 8.

Es así como las ecorregiones más representativas en cuanto a extensión dentro de la Ecorregión Global del Chocó-Darién son: los bosques húmedos del Magdalena-Urabá-*Magdalena-Urabá moist forests* y los bosques húmedos del Chocó-*Chocó-Darién moist forests* los cuales concentran 9,14 % y 2,75 % de los *hotspots* de deforestación significativos, y 14,68 % y 15,79 % de los puntos de deforestación potencial identificados respectivamente; representando un 23,82 % y 18,54 % del total de eventos de

transformación de cobertura forestal según la extensión de la ecorregión global (Ver Tabla 4).

De igual manera, ecorregiones como los pastizales inundables de Guayaquil-*Guayaquil flooded grasslands*, que no poseen una gran representatividad en cuanto a su extensión dentro de la ecorregión global; muestran una concentración de *hotspots* de deforestación significativos en relación con su extensión de 9,14 % (Ver Tabla 4).

La ecorregión de los bosques húmedos occidentales del Ecuador muestra un 0,33 % de *hotspots* de deforestación significativos y 7,48 % de deforestación potencial, lo que significa un total de 7,81 % de transformación de cobertura natural en la ecorregión de los bosques húmedos occidentales del Ecuador-*Western Ecuador moist forests* (Ver Tabla 4).

Finalmente, como se observa en la Tabla 4 y las Figuras 7 y 8, las ecorregiones restantes que componen a CGE no poseen grandes concentraciones de *hotspots* de deforestación significativos, ni puntos de deforestación potencial identificados. Por ejemplo, la ecorregión de los manglares del Pacífico Sudamericano-*South American Pacific mangroves* refleja una concentración de 1,47 % de *hotspots* de deforestación significativos y 43,41 % de deforestación potencial, lo que significa un total de 44,88 % de transformación de cobertura forestal en los manglares del Pacífico Sudamericano-*South American Pacific mangroves*.

Tabla 4
Hotspots de deforestación y deforestación potencial en las ecorregiones que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién

Ecoregion	CGE Ecoregions ha	%CGE Ecoregions	Deforestation Hotspots Ecoregions ha	% Deforestation Hotspots Ecoregions	Potential Deforestation Ecoregions ha	% Potential Deforestation Ecoregions	% Total Forest Degradation
Amazon-Orinoco-Southern Caribbean mangroves	69568,43	0,36	15415,12	0,08	16469,98	0,09	0,17
Cauca Valley montane forests	751	0,004	14,15	0,00007	672,26	0,003	0,00307
Chocó-Darién moist forests	7286682,28	37,79	530049,27	2,75	3045269,73	15,79	18,54
Eastern Panamanian montane forests	262883,32	1,36	35102,58	0,18	20181,64	0,11	0,29
Ecuadorian dry forests	1924,02	0,01	186,26	0,001	260,44	0,001	0,002
Guajira-Barranquilla xeric scrub	421,02	0,002	114,29	0,0006	30,7	0,0001	0,0007
Guayaquil flooded grasslands	391,41	0,002	1761585,62	9,14	0	0	9,14
Isthmian-Atlantic moist forests	977,9	0,005	4206,57	0,02	500,22	0,003	0,023
Magdalena-Urabá moist forests	7628487,37	39,56	1761585,62	9,14	2829834,41	14,68	23,82
Magdalena Valley dry forests	45,99	0,00024	0	0	1,43	0,000007	0,000007
Magdalena Valley montane forests	10151,21	0,05	4206,57	0,02	2408,68	0,01	0,03
Mesoamerican Gulf-Caribbean mangroves	4896,11	0,03	965,67	0,005	2387,6	0,01	0,015
Northwest Andean montane forests	14458,64	0,07	894,5	0,005	4113,42	0,02	0,025
Patía Valley dry forests	65,62	0,0003	0	0	23,09	0,0001	0,0001
Simú Valley dry forests	1097,1	0,005	182,83	0,0009	631,65	0,003	0,0039
South American Pacific mangroves	639747,18	3,32	9412,46	1,47	277705,74	43,41	44,88
Western Ecuador moist forests	3358488,75	17,42	64177,88	0,33	1443102,55	7,48	7,81

Fuente: Stotz et al. 1996. Elaboración propia.

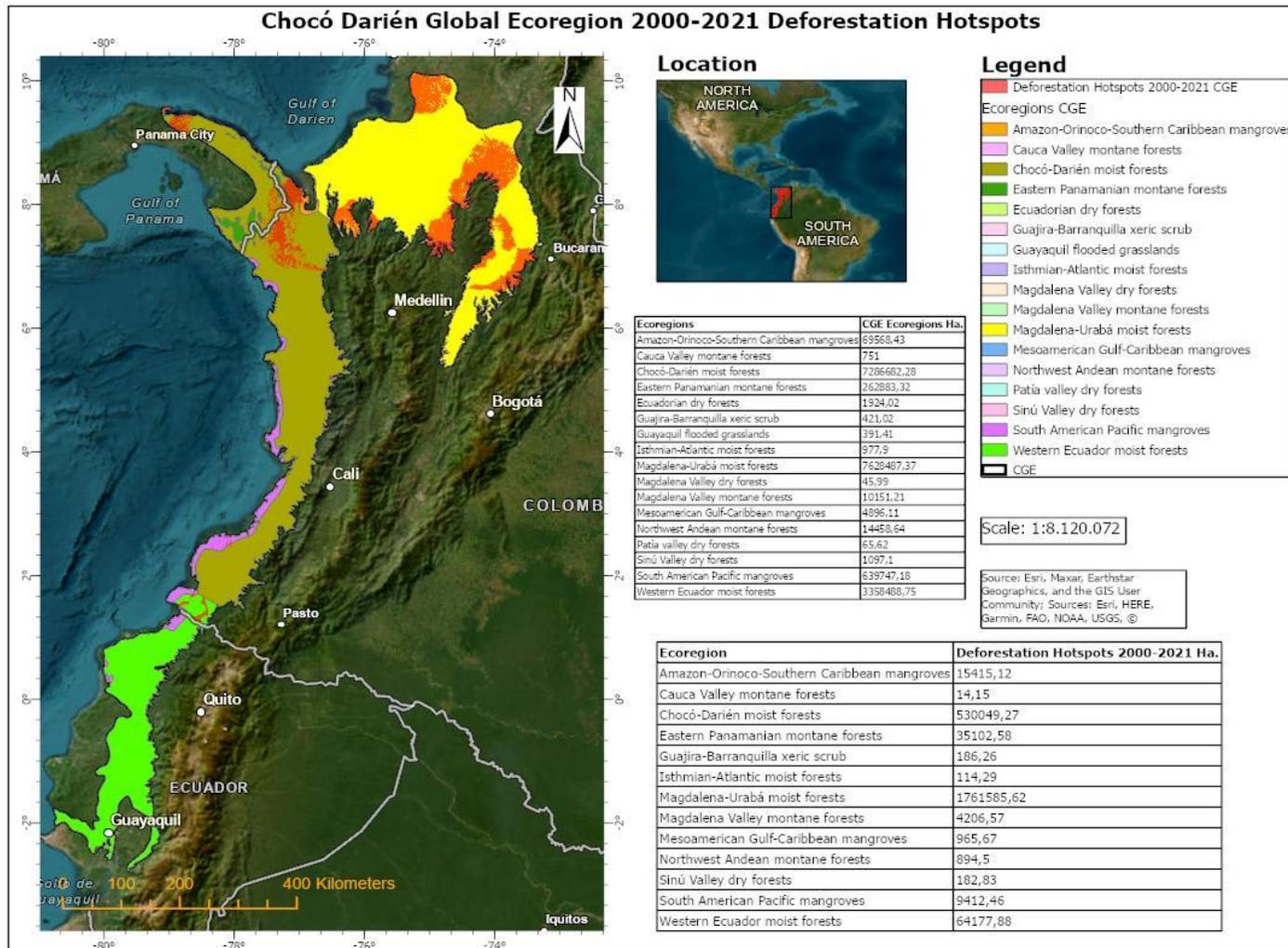


Figura 7. *Hotspots* de deforestación en las ecorregiones que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién.
 Fuente: Stotz et al. 1996. Elaboración propia.

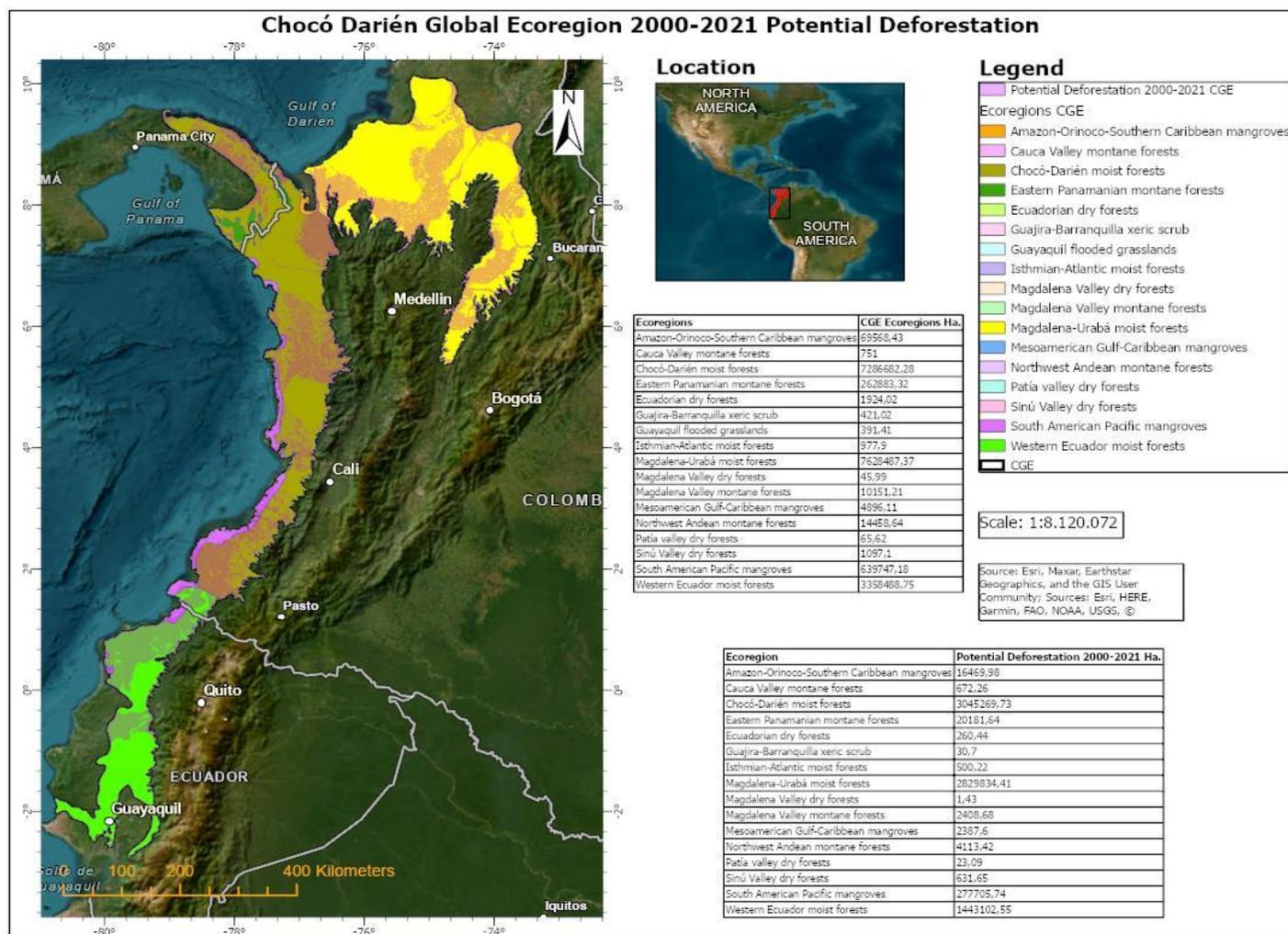


Figura 8. Deforestación potencial en las ecorregiones que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién. Fuente: Stotz et al. 1996. Elaboración propia.

5. *Hotspots* de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global del Chocó-Darién durante el periodo 2000-2021 de acuerdo con los modelos de elevación digitales DEM (pendiente y altitud)

Los *hotspots* de deforestación significativos y puntos de deforestación potencial identificados en la Ecorregión del Chocó-Darién para el periodo de estudio relacionados con la información de modelos de elevación digitales DEM como la pendiente, muestran que tanto los *hotspots* de deforestación, como la deforestación potencial identificada en la Ecorregión Global del Chocó-Darién se encuentran significativamente concentradas en áreas con pendientes que van entre los 0-15 grados de inclinación (11,64 % y 37,56 %) (Ver Tabla 5 y Figura 9).

Concentración que disminuye a medida que aumentan los grados de inclinación de la pendiente, es así como áreas con pendientes entre los 15,2-30,4 grados de inclinación concentran el 0,89 % y 2,08 % de *hotspots* de deforestación y puntos de deforestación potencial identificados; seguidos de pendientes con inclinaciones que van entre los 30,4-45,6 grados con 0,006 % y 0,13 %, y pendientes con inclinaciones entre 45,6-60,8 grados con 0,01 % y 0,003 % (Ver Tabla 5 y Figura 9).

Finalmente, pendientes con inclinaciones entre 60,8-76 grados con 0,0001 % de deforestación potencial identificada como se detalla en la Tabla 5 y la Figura 9.

Tabla 5
***Hotspots* de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con el Modelo de Elevación Digital DEM de pendiente**

Slope Degrees Classification	Slope Degrees	CGE Slopes ha	%CGE Slopes Classification	Deforestation Hotspots Slopes ha	% Deforestation Hotspots Slopes ha	Potential Deforestation Slopes ha	% Potential Deforestation Slopes ha
1	0-15,2°	17919268,66	93,45 %	2231960,33	11,64 %	7202022,31	37,56 %
2	15,2-30,4°	1152761,27	6,01 %	171217,59	0,89 %	398824,38	2,08 %
3	30,4-45,6°	99372,37	0,52 %	1172,8	0,006 %	25028,26	0,13 %
4	45,6-60,8°	4024,77	0,021 %	2160,28	0,01 %	628,09	0,003 %
5	60,8-76°	296,72	0,002 %			33,06	0,0001 %

Fuente: Tadono et al. 2014. Elaboración propia.

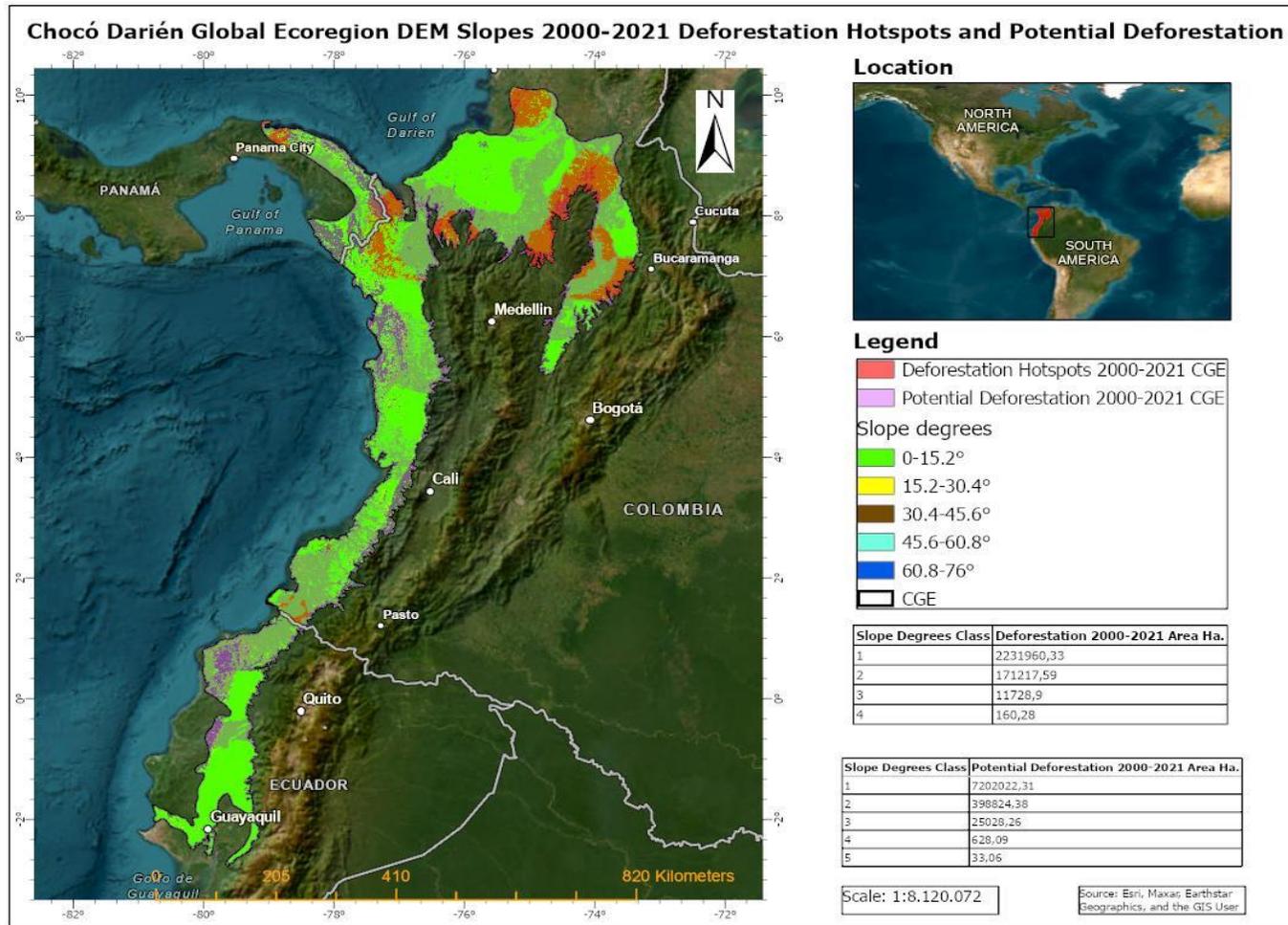


Figura 9. *Hotspots* de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con el Modelo de Elevación Digital DEM de pendiente.

Fuente: Tadono et al. 2014. Elaboración propia.

Los *hotspots* de deforestación significativos y deforestación potencial relacionados con la información de modelos de elevación digitales *DEM* como la altitud, revelan que la deforestación tiene una mayor concentración en áreas cuya elevación oscila entre los 0-700 m.s.n.m., con una concentración de 11,64 % de los *hotspots* de deforestación y 37,56 % de los puntos de deforestación potencial, seguidos del rango entre los 700-1200 m.s.n.m., con 0,89 % y 2,08 % respectivamente, y disminuyendo de forma notoria en áreas con alturas mayores a los 1200 m.s.n.m., con 0,006 % *hotspots* de deforestación significativos y 0,13 % de deforestación potencial como se observa en la Tabla 6 y la Figura 10.

Tabla 6
***Hotspots* de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con el Modelo de Elevación Digital DEM de altitud**

Altitude mts. Classification	Altitud m.s.n.m.	CGE Altitudes ha	%CGE Altitudes Classification	Deforestation Hotspots Altitudes ha	% Deforestation Hotspots Altitudes ha	Potential Deforestation Altitudes ha	% Potential Deforestation Altitudes ha
1	0-700	17919268,66	93,45 %	2231960,33	11,64 %	7202022,31	37,56 %
2	700-1200	1152761,27	6,01 %	171217,59	0,89 %	398824,38	2,08 %
3	>1200	99372,37	0,52 %	1172,8	0,006 %	25028,26	0,13 %

Fuente: Tadono et al. 2014. Elaboración propia.

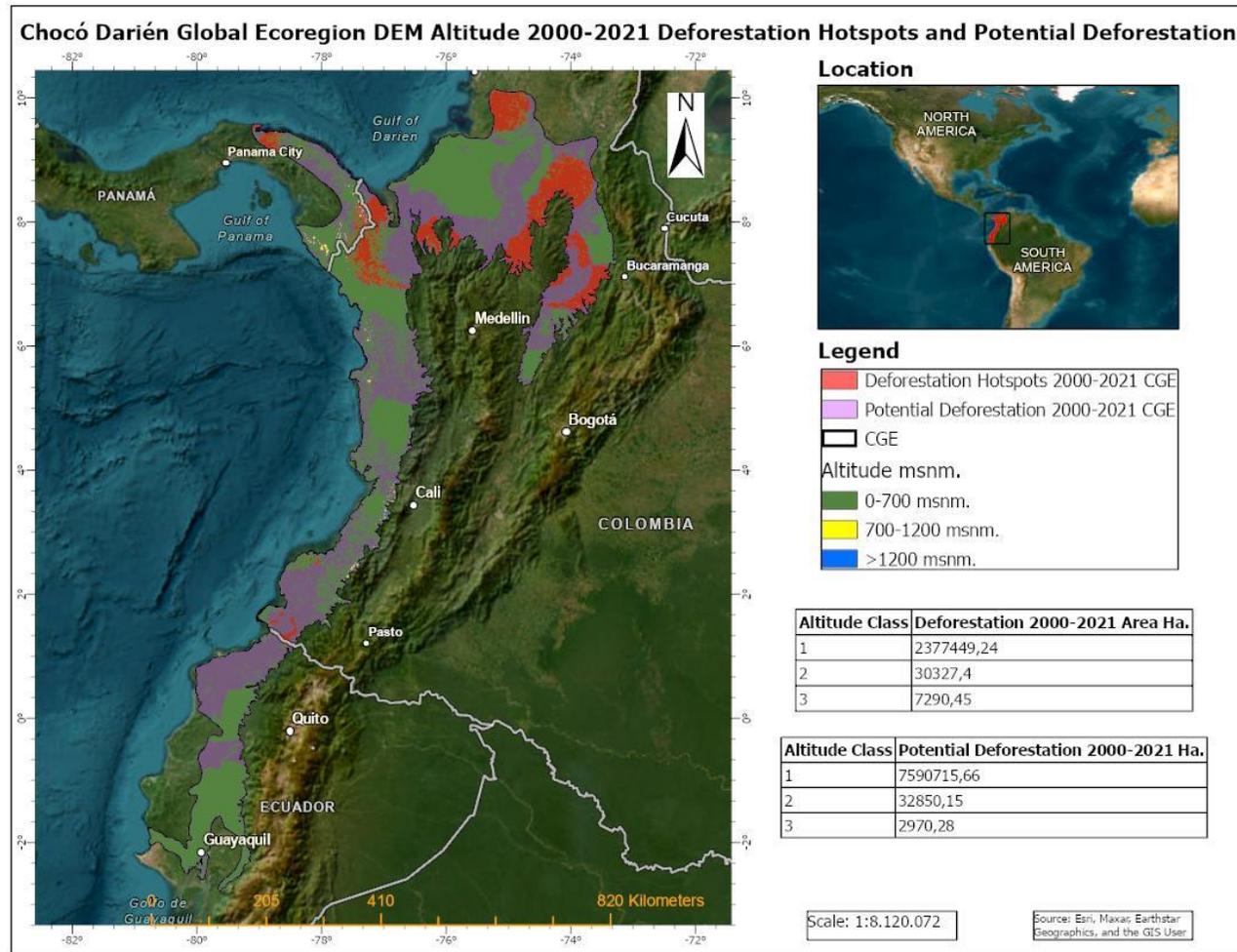


Figura 10. *Hotspots* de deforestación y deforestación potencial en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con el Modelo de Elevación Digital *DEM* de altitud.

Fuente: Tadono et al. 2014. Elaboración propia.

6. Áreas Importantes para las Aves (IBAs) y Áreas Importantes para la Biodiversidad (KBAs) de la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con la información de usos de suelo

El análisis multitemporal de la pérdida de cobertura forestal para el periodo de estudio y los cambios de uso de suelo de los años 2002 y 2015 fueron evaluados para 39 IBAs que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién, que en su conjunto cubren un área aproximada de 2,13 millones de hectáreas (11,02 %), considerando que solo se toma como referencia a la extensión total de los 39 IBAs dentro del área de la Ecorregión Global.

De las 39 IBAs dentro de CGE: un IBA es aún considerada propuesta, 14 son KBAs, una es KBA propuesta y una es KBA de listada; y como se observa en la Tabla 7, ante la información de uso de suelo de los años 2002-2015 desarrollada por Fagua (2018) y comparando los cambios de cobertura dentro de los 39 IBAs. Se observa que la cobertura de bosques-*Forest* disminuyó en un 9,04 %, así como también las coberturas de pastizales-*Grasslands* y aceite de palma-*Palm Oil* con 1,11 % y 1,37 %; mientras que las coberturas de vegetación secundaria-*Secondary vegetation*, cultivos-*Crops* y asentamientos-*Settlements* aumentaron un 6,75 %, 2,39 % y 1,47 % respectivamente. Finalmente, las coberturas de cuerpos de agua-*Water Bodies* y humedales, marismas y pantanos-*Wetlands/Marshes* aumentaron de forma leve con un 0,86 % y 0,05 %.

Tabla 7
Área y porcentajes de extensión de las coberturas de las IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con la información de usos de suelo de los años 2002 y 2015

Land Use	0. Forests	1. Secondary Vegetation	2. Crops	3. Grasslands	4. Palm Oil	5. Settlements	6. Water Bodies	7. Wetlands / Marshes
Area Ha	1494734,74	129616,45	176230,8	59253,87	37319,31	18628,29	88023,38	122075,68
%IBA Land Use 2002	70,31	6,1	8,29	2,79	1,76	0,88	4,14	5,74
Area ha	1202059,05	252082,78	209566,5	32879,6	7643,84	46120,15	98038,86	123138,37
%IBA Land Use 2015	61,27	12,85	10,68	1,68	0,39	2,35	5	5,79
2002-2015 Differentials ha	-292675,69	122466,33	33335,7	-26374,27	-29675,47	27491,86	10015,48	1062,69
% 2002-2015 Differentials	-9,04	6,75	2,39	-1,11	-1,37	1,47	0,86	0,05

Fuente: Fagua. 2018, Fagua et al. 2019 & Fagua and Ramsey 2019, BirdLife International 2022. Elaboración propia.

6.1 *Hotspots* de deforestación y deforestación potencial durante el periodo 2000-2021 en IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con la información de usos de suelo del año 2002

De acuerdo con los *hotspots* de deforestación y los puntos de deforestación potencial identificados en el análisis multitemporal de la pérdida de cobertura forestal dentro de los años 2000-2021, y según la información de usos de suelo de los años 2002 para los 39 IBAs analizados que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién; como se observa en la Tabla 8, en cuanto a los *hotspots* de deforestación se identificó 217922,45 hectáreas en cobertura de bosques “*Forests*” que representa 10,25% del total de la extensión de las 39 IBAs en la ecorregión global o 1,13% del total de la extensión de la ecorregión global, seguidas por las coberturas de cultivos “*Crops*” y aceite de palma “*Palm Oil*” como se puede observar en la Tabla 8.

Tabla 8
***Hotspots* de deforestación en las coberturas de las IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con la información de usos de suelo del año 2002**

Land Use	0. Forests	1. Secondary Vegetation	2. Crops	3. Grasslands	4. Palm Oil	5. Settlements	6. Water Bodies	7. Wetlands / Marshes
2002 Deforestation hotspot Area ha	217922,45	2387,65	9220,8	1609,67	5913,36	40,93	5114,37	4649,27
2002 %CGE IBAs	10,25	0,11	0,43	0,08	0,28	0,002	0,24	0,22
2002 %CGE	1,13	0,01	0,05	0,008	0,03	0,0002	0,03	0,02
2015 Deforestation hotspot Area ha	224546	23735,8	19282,8	7293,48	669,23	752,16	5856,8	10615,4
2015 %CGE IBAs	11,45	1,21	0,98	0,37	0,03	0,04	0,29	0,54
2015 %CGE	1,16	0,12	0,1	0,04	0,003	0,004	0,03	0,06
2002-2015 Differential Deforestation hotspot Area ha	6623,55	21348,15	10062	5683,81	-5244,13	711,23	742,43	5966,13
2002-2015 Differential %CGE IBAs	1,2	1,1	0,55	0,29	-0,25	0,038	0,05	0,32
2002-2015 Differential %CGE	0,03	0,11	0,05	0,032	-0,027	0,0038	0	0,04

Fuente: Fagua. 2018, Fagua et al., 2019 & Fagua and Ramsey 2019, BirdLife International 2022. Elaboración propia.

Por otro lado, sobre la deforestación potencial identificada como se observa en la Tabla 9., 486826,51 hectáreas que representa 22,9 % de la extensión total de las 39 IBAs en la ecorregión global o 2,52% del total de la extensión de la Ecorregión Global del Chocó Darién fueron identificados en cobertura de bosques “*Forest*”, seguidas por las coberturas de vegetación secundaria “*Secondary Vegetation*” y cultivos “*Crops*” como se puede observar en la Tabla 9.

Tabla 9

Deforestación potencial en las coberturas de las IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con la información de usos de suelo del año 2002

Land Use	0. Forests	1. Secondary Vegetation	2. Crops	3. Grasslands	4. Palm Oil	5. Settlements	6. Water Bodies	7. Wetlands / Marshes
2002 Potential Deforestation Area Ha	486826,51	86425,51	69707,41	26679,87	27487,65	3508,15	15386,02	48607,79
2002 %CGE IBAs	22,9	4,07	3,28	1,26	1,3	0,17	0,72	2,29
2002 %CGE	2,52	0,45	0,36	0,14	0,14	0,02	0,08	0,25
2015 Potential Deforestation Area Ha	552571	309476	222057	18792,2	13182,4	14794,2	30861,7	66775,5
2015 %CGE IBAs	28,17	15,77	11,32	0,96	0,67	0,75	1,57	3,4
2015 %CGE	2,86	1,60	1,15	0,1	0,07	0,08	0,16	0,35
2002-2015 Differential Deforestation hotspot Area Ha	65744,49	223050,49	152349,59	-7887,67	-14305,25	11286,05	15475,68	18167,71
2002-2015 Differential %CGE IBAs	5,27	11,7	8,04	-0,3	-0,63	0,58	0,85	1,11
2002-2015 Differential %CGE	0,34	1,15	0,79	-0,04	-0,07	0,06	0,08	0,1

Fuente: Fagua. 2018, Fagua et al., 2019 & Fagua and Ramsey 2019, BirdLife International 2022. Elaboración propia.

6.2 Hotspots de deforestación y deforestación potencial durante el periodo 2000-2021 en IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con la información de usos de suelo del año 2015

De acuerdo con los *hotspots* de deforestación y los puntos de deforestación potencial identificados en el análisis multitemporal de la pérdida de cobertura forestal, y según la información de usos de suelo de los años 2015 para los 39 IBAs analizados que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién; en cuanto a los *hotspots* de deforestación 224546 hectáreas que representan 11,45% del total de la extensión de las 39 IBAs en la ecorregión global o 1,16 % del total de la extensión de la Ecorregión Global del Chocó-Darién fueron identificados en cobertura de bosques “Forest”, seguidas por las coberturas de vegetación secundaria “Secondary Vegetation” y cultivos “Crops” como se puede observar en la Tabla 10.

Tabla 10

Hotspots de deforestación en las coberturas de las IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó-Darién de acuerdo con la información de usos de suelo del año 2015

Land Use	0. Forests	1. Secondary Vegetation	2. Crops	3. Grasslands	4. Palm Oil	5. Settlements	6. Water Bodies	7. Wetlands / Marshes
2002 Deforestation hotspot Area ha	217922,45	2387,65	9220,8	1609,67	5913,36	40,93	5114,37	4649,27
2002 %CGE IBAs	10,25	0,11	0,43	0,08	0,28	0,002	0,24	0,22
2002 %CGE	1,13	0,01	0,05	0,008	0,03	0,0002	0,03	0,02

2015 Deforestation hotspot Area ha	224546	23735,8	19282,8	7293,48	669,23	752,16	5856,8	10615,4
2015 %CGE IBAs	11,45	1,21	0,98	0,37	0,03	0,04	0,29	0,54
2015 %CGE	1,16	0,12	0,1	0,04	0,003	0,004	0,03	0,06
2002-2015 Differential Deforestation hotspot Area ha	6623,55	21348,15	10062	5683,81	-5244,13	711,23	742,43	5966,13
2002-2015 Differential %CGE IBAs	1,2	1,1	0,55	0,29	-0,25	0,038	0,05	0,32
2002-2015 Differential %CGE	0,03	0,11	0,05	0,032	-0,027	0,0038		0,04

Fuente: Fagua. 2018, Fagua et al., 2019 & Fagua and Ramsey. 2019., BirdLife International. 2022. Elaboración propia.

Por otro lado, sobre la deforestación potencial identificada en las 39 IBAs, como se observa en la Tabla 11, se identificó 552571 hectáreas que representan 28,16 % de la extensión total de las 39 IBAs en la ecorregión global o 2,86 % del total de la extensión de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en cobertura de bosques “Forest”, seguidas por las coberturas de vegetación secundaria “Secondary Vegetation” y cultivos “Crops” como se puede observar en la Tabla 11.

Tabla 11
Deforestación potencial en las coberturas de las IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó Darién de acuerdo con la información de usos de suelo del año 2015

Land Use	0. Forests	1. Secondary Vegetation	2. Crops	3. Grasslands	4. Palm Oil	5. Settlements	6. Water Bodies	7. Wetlands / Marshes
2002 Potential Deforestation Area ha	486826,51	86425,51	69707,41	26679,87	27487,65	3508,15	15386,02	48607,79
2002 %CGE IBAs	22,9	4,07	3,28	1,26	1,3	0,17	0,72	2,29
2002 %CGE	2,52	0,45	0,36	0,14	0,14	0,02	0,08	0,25
2015 Potential Deforestation Area ha	552571	309476	222057	18792,2	13182,4	14794,2	30861,7	66775,5
2015 %CGE IBAs	28,17	15,77	11,32	0,96	0,67	0,75	1,57	3,4
2015 %CGE	2,86	1,60	1,15	0,1	0,07	0,08	0,16	0,35
2002-2015 Differential Deforestation hotspot Area ha	65744,49	223050,49	152349,59	-7887,67	-14305,25	11286,05	15475,68	18167,71
2002-2015 Differential %CGE IBAs	5,27	11,7	8,04	-0,3	-0,63	0,58	0,85	1,11
2002-2015 Differential %CGE	0,34	1,15	0,79	-0,04	-0,07	0,06	0,08	0,1

Fuente: Fagua. 2018, Fagua et al., 2019 & Fagua and Ramsey 2019, BirdLife International. 2022. Elaboración propia.

Tomando la información de cobertura forestal del año 2002 para las IBAs que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién se determina a través del análisis multitemporal para el periodo de estudio, la deforestación de 217922,45 hectáreas (Ver Tabla 8 y 10), de bosques y 486826,51 hectáreas (Ver Tabla 9 y 11) de puntos de deforestación potencial, por lo que al sumar estos valores se infiere la transformación de cobertura forestal de al menos 704748,96 hectáreas, en los 39 IBAs de la ecorregión.

Sin embargo, al comparar la ubicación de los *hotspots* de deforestación significativos y deforestación potencial entre los años 2000-2021, y de acuerdo con la información de usos de suelo de los años 2002 y 2015, para las IBAs que componen a la ecorregión global se observa ante la disminución de cobertura de bosques “*Forest*” un aumento del 1,2 % (Ver Tabla 8 y 10), y 5,27 % (Ver Tabla 9 y 11) de los *hotspots* de deforestación y puntos deforestación potencial según la extensión total de las IBAs que componen a la ecorregión global, y el 0,03 % (Ver Tabla 8 y 10), y 0,34 % (Ver Tabla 9 y 11) respectivamente de acuerdo con la extensión total de la ecorregión global.

Realizando la misma comparación para la información de coberturas de vegetación secundaria, cultivos, pastizales, aceite de palma, asentamientos, cuerpos de agua, y humedales, marismas y pantanos; se observa que las concentraciones de los patrones de transformaciones de coberturas identificados dentro del periodo de estudio están relacionados con el aumento o disminución de la cobertura respectiva entre los años de información de uso de suelo disponibles, es así que la ubicación de los *hotspots* de deforestación significativos y deforestación potencial para el periodo de estudio incrementaron en 1,1 % (Ver Tabla 8 y 10), y 11,7 % (Ver Tabla 9 y 11) en la cobertura

de vegetación secundaria “Secondary Vegetation” según la extensión total de las IBAs que componen a la ecorregión global, y el 0,11 % (Ver Tabla 8 y 10), y 1,15 % (Ver Tabla 9 y 11) respectivamente de acuerdo con la extensión total de la Ecorregión Global del Chocó-Darién.

En la cobertura de cultivos “Crops” la ubicación de los *hotspots* de deforestación significativos y deforestación potencial entre los años de estudio incrementaron en 0,55 % (Ver Tabla 8 y 10), y 8,04 % (Ver Tabla 9 y 11) según la extensión total de las IBAs que componen a la ecorregión global, y el 0,05 % (Ver Tabla 8 y 10), y 0,79 % (Ver Tabla 9 y 11) respectivamente de acuerdo con la extensión total de la Ecorregión Global del Chocó-Darién.

En la cobertura de pastizales “Grasslands” la ubicación de los *hotspots* de deforestación significativos incrementaron en 0,29 % (Ver Tabla 8 y 10), y disminuyeron en 0,3 % (Ver Tabla 9 y 11) en la deforestación potencial para el periodo de estudio según la extensión total de las IBAs que componen a la ecorregión global, e incrementaron en 0,032 % (Ver Tabla 8 y 10) para *hotspots* de deforestación significativos y disminuyeron en 0,04 % (Ver Tabla 9 y 11) en la deforestación potencial entre los años 2000-2021 según la extensión total de la Ecorregión Global del Chocó-Darién.

En la cobertura de aceite de palma “Palm Oil” la ubicación de los *hotspots* de deforestación significativos disminuyeron en 0,25 % (Ver Tabla 8 y 10) y 0,63 % (Ver Tabla 9 y 11) en la deforestación potencial para los años de estudio según la extensión total de las IBAs que componen a la ecorregión global, y disminuyeron en 0,027 % (Ver Tabla 8 y 10) para *hotspots* de deforestación significativos y 0,07 % (Ver Tabla 9 y 11) en la deforestación potencial entre los años 2000-2021 según la extensión total de la Ecorregión Global del Chocó-Darién. En la cobertura de asentamientos “Settlements” la ubicación de los *hotspots* de deforestación significativos incrementaron en 0,38 % (Ver Tabla 8 y 10) y 0,58 % (Ver Tabla 9 y 11) en la deforestación potencial entre los años de estudio según la extensión total de las IBAs que componen a la ecorregión global, e incrementaron en 0,0038 % (Ver Tabla 8 y 10) para *hotspots* de deforestación significativos y 0,06 % (Ver Tabla 9 y 11) en la deforestación potencial entre los años 2000-2021 según la extensión total de la Ecorregión Global del Chocó-Darién.

En las coberturas de cuerpos de agua y, humedales, marismas y pantanos; dado el aumento de ambas coberturas especialmente en zonas costeras, se observa un ligero incremento en los procesos de transformación de cobertura identificados, por lo que resulta importante considerar los procesos de transformación en cobertura vegetal como

son los manglares en coberturas de humedales marismas y pantanos, en la ubicación de los *hotspots* de deforestación significativos dentro de esta cobertura se observa el incremento en 0,32 % (Ver Tabla 8 y 10), y 1,11 % (Ver Tabla 9 y 11) en la deforestación potencial entre los años 2000-2021 según la extensión total de las IBAs que componen a la ecorregión global, y el incremento de 0,04 % (Ver Tabla 8 y 10) para *hotspots* de deforestación significativos y 0,1 % (Ver Tabla 9 y 11) en la deforestación potencial entre los años 2000-2021 según la extensión total de la Ecorregión Global del Chocó-Darién.

Finalmente, se realizó un análisis multitemporal de la pérdida de cobertura forestal de forma individual para los 39 IBAs evaluadas, comparando la información de usos de suelo entre los años 2002 y 2015, sin embargo; estos no están incluidos debido a su especificidad y pertinencia en esfuerzos de conservación aplicados.

7. Lista de Especies Ornitológicas Amenazadas de las IBAs/KBAs de la Ecorregión Global del Chocó-Darién

Las especies ornitológicas con mayor impacto ante la deforestación en las 39 Áreas Importantes para las Aves (IBAs) de la Ecorregión Global del Chocó-Darién, y de acuerdo el estado de su conservación son las 99 especies que se encuentran listadas en Tabla 12; de las cuales dos se encuentran en Peligro Crítico, 11 En Peligro, 37 Vulnerables, y 49 Casi Amenazadas.

De las 99 especies, bajo un análisis preliminar de distribución se han identificado que 39 están restringidas para la ecorregión global del Chocó-Darién (3 En peligro, 15 Vulnerables y 21 Casi Amenazadas), es decir se podrían considerar como endémicas para la ecorregión global. Aumentando la preocupación de disponibilidad de hábitat ante las transformaciones de cobertura forestal; y abriendo la oportunidad a investigaciones que, bajo factores predictivos como transformación de cobertura natural, permitan el modelamiento de nichos para estas especies ante escenarios actuales y futuros que focalicen las medidas de conservación tomadas.

Tabla 12

Lista de especies ornitológicas con algún grado de amenaza (CR: Críticamente Amenazadas, EN: En peligro, VU: Vulnerable, y NT: Casi amenazada) reportadas para los IBAs/KBAs que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién

"Scientific Name"	"Common Name"	IUCN Status	CGE restricted	"IBA/KBA"	# IBAs/KBAs
<i>Aburria aburri</i>	"Wattled Guan"	NT	N	Awacachi Corridor, Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve, Yariquíes Mountain Range, San Lucas Mountain Range, Paraguas Mountain Range	5

<i>Agamia agami</i>	“Agami Heron”	VU	N	Sinú River Swamp Complex, Sinú River Estuarine Deltic Zone	2
<i>Andigena laminirostris</i>	“Plate-billed Mountain-Toucan”	NT	Y	Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve, Awá Ethnic Territory and Surroundings	2
<i>Antrostomus carolinensis</i>	“Chuck-will's-widow”	NT	N	Darién National Park	1
<i>Aphanotriccus audax</i>	“Black-billed Flycatcher”	NT	Y	Los Colorados Fauna and Flora Sanctuary, Sinú River Estuarine Deltic Zone, Darién National Park	3
<i>Ara ambiguus</i>	“Great Green Macaw”	CR	N	Abras de Mantequilla, Awacachi Corridor, Cerro Blanco Protector Forest, Cayapas Santiago Wimbi, Scientific Center Palenque River, Cotacachi Cayapas National Park, Ensenada de Utría Natural National Park, Los Katios Natural National Park, Loma Alta Comunal Ecological Reserve, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Tonchigue Mompiche, Verde Ónzole Cayapas Canandé, Darién National Park, Bagre Biological Corridor	14
<i>Aramides wolfi</i>	“Brown Wood-Rail”	VU	N	Scientific Center Palenque River, Mache Chindul Ecological Reserve, Mataje Cayapas Santiago, Ensenada de Utría Natural National Park, Natural National Park Sanquianga, Tonchigue Mompiche, Verde Ónzole Cayapas Canandé	7
<i>Attila torridus</i>	“Ochraceous Attila”	VU	N	Abras de Mantequilla, Awacachi Corridor, Chongón Colonche Protector Forest, Scientific Center Palenque River, Mache Chindul Ecological Reserve, Mataje Cayapas Santiago, Loma Alta Comunal Ecological Reserve, Caoní River, Verde Ónzole Cayapas Canandé	9
<i>Bangsia arcaei</i>	“Blue-and-gold Tanager”	NT	N	Narganá Wilderness	1
<i>Bangsia aureocincta</i>	“Gold-ringed Tanager”	VU	Y	San Lucas Mountain Range, Paraguas Mountain Range	2
<i>Bangsia flavovirens</i>	“Yellow-green Tanager”	VU	Y	Awacachi Corridor, Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve, Awá Ethnic Territory and Surroundings	3
<i>Bangsia melanochlamys</i>	“Black-and-gold Tanager”	VU	Y	Paraguas Mountain Range	1
<i>Basileuterus ignotus</i>	“Pirre Warbler”	VU	Y	Darién National Park	1
<i>Brotogeris pyrrhoptera</i>	“Gray-cheeked Parakeet”	VU	N	Abras de Mantequilla, Cerro Blanco Protector Forest, Loma Alta Comunal Ecological Reserve	3
<i>Buteogallus solitarius</i>	“Solitary Eagle”	NT	N	Munchique Natural National Park and southern extension, Darién National Park	2
<i>Calidris pusilla</i>	“Semipalmated Sandpiper”	NT	N	Ayapel Swamp, Sinú River Estuarine Deltic Zone	2
<i>Capito hypoleucus</i>	“White-mantled Barbet”	VU	N	Quinchas Mountain Range, Regional Reserve Bajo Cauca Nechí, San Lucas Mountain Range	3
<i>Capito quinticolor</i>	“Five-colored Barbet”	NT	Y	Awacachi Corridor, Cayapas Santiago Wimbi, Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve, Alto Calima Region, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Verde Ónzole Cayapas Canandé	6
<i>Cephalopterus penduliger</i>	“Long-wattled Umbrellabird”	VU	Y	Awacachi Corridor, Cayapas Santiago Wimbi, Scientific Center Palenque River, Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve, Alto Calima Region, Caoní River, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Tonchigue Mompiche, Verde Ónzole Cayapas Canandé	9

<i>Chaetocercus berlepschi</i>	“Esmeraldas Woodstar”	VU	N	Loma Alta Comunal Ecological Reserve	1
<i>Chaetocercus bombus</i>	“Little Woodstar”	NT	N	Abras de Mantequilla, Scientific Center Palenque River, Loma Alta Comunal Ecological Reserve	3
<i>Chaetura pelagica</i>	“Chimney Swift”	VU	N	Cayapas Santiago Wimbi, Scientific Center Palenque River, Mache Chindul Ecological Reserve, Los Colorados Fauna and Flora Sanctuary, Narganá Wilderness	5
<i>Chauna chavaria</i>	“Northern Screamer”	NT	N	Ayapel Swamp, Sinú River Swamp Complex, South Swamp Cesar y Bolívar, Los Katios Natural National Park, El Garcero Natural Reserve, San Lucas Mountain Range, Sinú River Estuarine Deltic Zone	7
<i>Chlorochrysa nitidissima</i>	“Multicolored Tanager”	NT	Y	Farallones de Cali Natural National Park, Paraguas Mountain Range	2
<i>Chloropipo flavicapilla</i>	“Yellow-headed Manakin”	VU	N	Farallones de Cali Natural National Park	1
<i>Clibanornis erythrocephalus</i>	“Henna-hooded Foliage-gleaner”	NT	N	Cerro Blanco Protector Forest, Chongón Colonche Protector Forest, Loma Alta Comunal Ecological Reserve	3
<i>Clytoctantes alixii</i>	“Recurve-billed Bushbird”	EN	N	Paramillo Natural National Park, San Lucas Mountain Range	2
<i>Coeligena prunellei</i>	“Black Inca”	VU	N	Yarigués Mountain Range	1
<i>Contopus cooperi</i>	“Olive-sided Flycatcher”	NT	N	Awacachi Corridor, Cayapas Santiago Wimbi, Scientific Center Palenque River, Mache Chindul Ecological Reserve, San Lucas Mountain Range, Darién National Park, Narganá Wilderness	7
<i>Crax alberti</i>	“Blue-billed Curassow”	CR	N	South Swamp Cesar y Bolívar, Las Quinchas Mountain Range, Paramillo Natural National Park, Regional Reserve Bajo Cauca Nechí, Los Colorados Fauna and Flora Sanctuary, Yarigués Mountain Range, San Lucas Mountain Range	7
<i>Crax rubra</i>	“Great Curassow”	VU	N	Chongón Colonche Protector Forest, Cayapas Santiago Wimbi, Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve, Paramillo Natural National Park, Ensenada de Utría Natural National Park, Los Katios Natural National Park, Tonchigue Mompiche, Verde Ónzole Cayapas Canandé, Darién National Park, Narganá Wilderness	10
<i>Cryptoleucopteryx plumbea</i>	“Plumbeous Hawk”	NT	N	Awacachi Corridor	1
<i>Crypturellus kerriae</i>	“Choco Tinamou”	VU	Y	Ensenada de Utría Natural National Park, Los Katios Natural National Park, Darién National Park	3
<i>Crypturellus transfasciatus</i>	“Pale-browed Tinamou”	NT	N	Abras de Mantequilla, Cerro Blanco Protector Forest, Chongón Colonche Protector Forest, Loma Alta Comunal Ecological Reserve	4
<i>Cyanolyca pulchra</i>	“Beautiful Jay”	NT	Y	Corredor Awacachi, Munchique Natural National Park, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Paraguas Mountain Range	4
<i>Cypseloides niger</i>	“Black Swift”	VU	N	Darién National Park	1
<i>Dacnis berlepschi</i>	“Scarlet-breasted Dacnis”	VU	Y	Awacachi Corridor, Cayapas Santiago Wimbi, Scientific Center Palenque River, Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve, Mataje-Cayapas-Santiago, Caoní River, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Verde Ónzole Cayapas Canandé	8

<i>Dacnis hartlaubi</i>	“Turquoise Dacnis”	VU	N	Las Quinchas Mountain Range, Paraguas Mountain Range	2
<i>Diglossa gloriosissima</i>	“Chestnut-bellied Flowerpiercer”	NT	Y	Munchique Natural National Park	1
<i>Drymotoxeres pucheranii</i>	“Greater Scythebill”	NT	N	Farallones de Cali Natural National Park, Munchique Natural National Park, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Paraguas Mountain Range	4
<i>Dysithamnus occidentalis</i>	“Bicolored Antvireo”	NT	N	Munchique Natural National Park, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Paraguas Mountain Range	3
<i>Egretta rufescens</i>	“Reddish Egret”	NT	N	Sinú River Estuarine Deltic Zone	1
<i>Eriocnemis mirabilis</i>	“Colorful Puffleg”	EN	Y	Munchique Natural National Park	1
<i>Glaucidium nubicola</i>	“Cloud-forest Pygmy-Owl”	VU	Y	Awá Ethnic Territory and Surroundings, Paraguas Mountain Range	2
<i>Goldmania bella</i>	“Pirre Hummingbird”	NT	Y	Darién National Park	1
<i>Goldmania violiceps</i>	“Violet-capped Hummingbird”	NT	Y	Capurganá, Darién National Park, Narganá Wilderness	3
<i>Grallaria alleni</i>	“Moustached Antpitta”	VU	N	Awá Ethnic Territory and Surroundings, Paraguas Mountain Range	2
<i>Grallaria watkinsi</i>	“Watkins’s Antpitta”	NT	N	Chongón Colonche Protector Forest, Loma Alta Comunal Ecological Reserve	2
<i>Hapalopsittaca amazonina</i>	“Rusty-faced Parrot”	NT	N	Yariguíes Mountain Range	1
<i>Haplophaedia lugens</i>	“Hoary Puffleg”	NT	Y	Awá Ethnic Territory and Surroundings	1
<i>Harpia harpyja</i>	“Harpy Eagle”	VU	N	Cayapas Santiago Wimbi, Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve, Ensenada de Utría Natural National Park, Los Katios Natural National Park, Regional Reserve Bajo Cauca Nechí, Verde Ónzole Cayapas Canandé, Darién National Park, Narganá Wilderness	8
<i>Henicorhina negreti</i>	“Munchique Wood-Wren”	VU	Y	Paraguas Mountain Range	1
<i>Hypopyrrhus pyrohypogaster</i>	“Red-bellied Grackle”	VU	N	Paramillo Natural National Park	1
<i>Iridosornis porphyrocephalus</i>	“Purplish-mantled Tanager”	NT	Y	Farallones de Cali Natural National Park, Munchique Natural National Park, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Paraguas Mountain Range	4
<i>Lathrotriccus griseipectus</i>	“Gray-breasted Flycatcher”	VU	N	Cerro Blanco Protector Forest, Chongón Colonche Protector Forest, Scientific Center Palenque River, Loma Alta Comunal Ecological Reserve	4
<i>Leptotila ochraceiventris</i>	“Ochre-bellied Dove”	VU	N	Cerro Blanco Protector Forest, Chongón Colonche Protector Forest, Loma Alta Comunal Ecological Reserve	3
<i>Macroagelaius subalaris</i>	“Mountain Grackle”	EN	N	Yariguíes Mountain Range	1
<i>Margarornis bellulus</i>	“Beautiful Treerunner”	NT	Y	Darién National Park	1
<i>Margarornis stellatus</i>	“Fulvous-dotted Treerunner”	NT	Y	Farallones de Cali Natural National Park, Munchique Natural National Park, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Paraguas Mountain Range	4
<i>Micrastur plumbeus</i>	“Plumbeous Forest-Falcon”	VU	Y	Awacachi Corridor, Cayapas Santiago Wimbi, Cotacachi- Cayapas Ecologic Reserve, Mache Chindul Ecological Reserve, Munchique Natural National Park, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Verde Ónzole Cayapas Canandé	7

<i>Morphnus guianensis</i>	“Crested Eagle”	NT	N	Ensenada de Utría Natural National Park, Darién National Park, Narganá Wilderness	3
<i>Myadestes coloratus</i>	“Varied Solitaire”	NT	Y	Darién National Park	1
<i>Myrmotherula surinamensis</i>	“Guianan Streaked-Antwren”	VU	N	Cayapas Santiago Wimbi, Scientific Center Palenque River, Cerro Mutiles, Mache Chindul Ecological Reserve, Caoni River, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Tonchigue Mompiche	7
<i>Neomorphus radiolus</i>	“Banded Ground-Cuckoo”	EN	Y	Awacachi Corridor, Cayapas Santiago Wimbi, Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve, Mache Chindul Ecological Reserve, Munchique Natural National Park, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Verde Ónzole Cayapas Canandé	7
<i>Nystactes noanamae</i>	“Sooty-capped Puffbird”	NT	Y	Ensenada de Utría Natural National Park, Los Katios Natural National Park	2
<i>Odontophorus melanotus</i>	“Dark-backed Wood-Quail”	VU	Y	Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve, Awá Ethnic Territory and Surroundings,	2
<i>Odontophorus strophium</i>	“Gorgeted Wood-Quail”	VU	Y	Yarigués Mountain Range	1
<i>Ognorhynchus icterotis</i>	“Yellow-eared Parrot”	VU	Y	Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve, Munchique Natural National Park, Awá Ethnic Territory and Surroundings	3
<i>Onychorhynchus occidentalis</i>	“Pacific Royal Flycatcher”	VU	N	Abras de Mantequilla, Cerro Blanco Protector Forest, Scientific Center Palenque River, Loma Alta Comunal Ecological Reserve	4
<i>Ortalis erythroptera</i>	“Rufous-headed Chachalaca”	VU	N	Abras de Mantequilla, Awacachi Corridor, Cerro Blanco Protector Forest, Chongón Colonche Protector Forest, Cayapas Santiago Wimbi, Scientific Center Palenque River, Cerro Mutiles, Mache Chindul Ecological Reserve, Mataje Cayapas Santiago, Loma Alta Comunal Ecological Reserve, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Tonchigue Mompiche, Verde Ónzole Cayapas Canandé	13
<i>Pachyrhamphus spodiurus</i>	“Slaty Becard”	VU	N	Abras de Mantequilla, Cerro Blanco Protector Forest, Scientific Center Palenque River, Loma Alta Comunal Ecological Reserve	4
<i>Pauxi pauxi</i>	“Helmeted Curassow”	EN	N	Yarigués Mountain Range	1
<i>Penelope ortoni</i>	“Baudo Guan”	EN	Y	Awacachi Corridor, Cayapas Santiago Wimbi, Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve, Mataje Cayapas Santiago, Ensenada de Utría Natural National Park, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Verde Ónzole Cayapas Canandé	7
<i>Penelope perspicax</i>	“Cauca Guan”	VU	Y	Paraguas Mountain Range	1
<i>Penelope purpurascens</i>	“Crested Guan”	NT	N	Awacachi Corridor, Cerro Blanco Protector Forest, Chongón Colonche Protector Forest, Cayapas Santiago Wimbi, Mache Chindul Ecological Reserve, Loma Alta Comunal Ecological Reserve, Los Colorados Fauna and Flora Sanctuary, San Lucas Mountain Range, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Tonchigue Mompiche, Verde Ónzole Cayapas Canandé	11

<i>Pittasoma rufopileatum</i>	“Rufous-crowned Antpitta”	NT	Y	Awacachi Corridor, Cayapas Santiago Wimbi, Scientific Center Palenque River, Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve, Ensenada de Utría Natural National Park, Alto Calima Regional Reserve, Awá Ethnic Territory and Surroundings, Verde Ónzole Cayapas Canandé	8
<i>Pogonotriccus lanyoni</i>	“Antioquia Bristle-Tyrant”	EN	N	Las Quinchas Mountain Range, Regional Reserve Bajo Cauca Nechí, Yariguíes Mountain Range, San Lucas Mountain Range	4
<i>Psarocolius cassini</i>	“Baudo Oropendola”	VU	Y	Ensenada de Utría Natural National Park	1
<i>Pseudastur occidentalis</i>	“Gray-backed Hawk”	EN	N	Abras de Mantequilla, Cerro Blanco Protector Forest, Chongón Colonche Protector Forest, Scientific Center Palenque River, Cerro Mutiles, Mache Chindul Ecological Reserve, Loma Alta Comunal Ecological Reserve, Verde Ónzole Cayapas Canandé	8
<i>Psittacara erythrogenys</i>	“Red-masked Parakeet”	NT	N	Abras de Mantequilla, Cerro Blanco Protector Forest, Chongón Colonche Protector Forest, Scientific Center Palenque River, Cerro Mutiles, Mache Chindul Ecological Reserve, Loma Alta Comunal Ecological Reserve, Tonchigüe Mompiche	8
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	“Saffron-headed Parrot”	NT	N	Las Quinchas Mountain Range, Regional Reserve Bajo Cauca Nechí, Ensenada de Utría Natural National Park, Caoní River, Yariguíes Mountain Range, San Lucas Mountain Range	7
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	“Keel-billed Toucan”	NT	N	Ayapel Swamp	1
<i>Rhynchortyx cinctus</i>	“Tawny-faced Quail”	NT	N	Awacachi Corridor, Mache Chindul Ecological Reserve, Verde Ónzole Cayapas Canandé	3
<i>Scytalopus panamensis</i>	“Tacaruna Tapaculo”	NT	Y	Capurganá, Darién National Park	2
<i>Scytalopus unicolor</i>	“Unicolored Tapaculo”	NT	N	Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve	1
<i>Semnornis ramphastinus</i>	“Toucan Barbet”	NT	Y	Cotacachi-Cayapas Ecologic Reserve, Farallones de Cali Natural National Park, Munchique Natural National Park and southern extension, Paraguas Mountain Range, Awá Ethnic Territory and Surroundings	5
<i>Setophaga cerulea</i>	“Cerulean Warbler”	NT	N	Capurganá, Darién National Park, Narganá Wilderness	3
<i>Setophaga chrysoparia</i>	“Golden-cheeked Warbler”	EN	N	Narganá Wilderness	1
<i>Setophaga striata</i>	“Blackpoll Warbler”	NT	N	Cayapas Santiago Wimbi, San Lucas Mountain Range	2
<i>Spizaetus isidori</i>	“Black-and-chestnut Eagle”	EN	N	Munchique Natural National Park, Paraguas Mountain Range	2
<i>Spizaetus ornatus</i>	“Ornate Hawk-Eagle”	NT	N	Awacachi Corridor, Cayapas Santiago Wimbi, Mache Chindul Ecological Reserve, Comunal Ecologic Reserve Loma Alta, Awá Ethnic Territory and Surroundings	5
<i>Sporophila maximiliani</i>	“Great-billed Seed-Finch”	EN	N	Awacachi Corridor	1

Fuente: Birdlife International. 2022

Elaboración propia

Discusión y conclusiones

Discusión

Para la Ecorregión Global del Chocó-Darién resulta evidente la falta de información sobre deforestación y dinámicas en la transformación de cobertura forestal antes del 2002 y después del 2015, además el uso de sensores remotos sin corroboración con la información espaciotemporal de usos de suelo disponibles para identificar la deforestación de un área en particular; tiende a ser inexacta (Sierra 2013). A esto se le puede añadir la falta de acceso y disponibilidad de imágenes de alta calidad, y la capacidad de procesamiento de los autores en cuanto a las diferentes herramientas para la obtención de imágenes con distintas resoluciones. Sin embargo, es aún más importante la falta de consenso en cuanto a las definiciones de conceptos en la dinámica de los procesos de transformación de cobertura forestal y la delimitación de la Ecorregión Global del Chocó-Darién que debe ser analizada bajo ventanas de espacio compartida por tres países.

La aproximación de esta investigación de tomar toda la Ecorregión Global presente en Panamá, Colombia y Ecuador, y no separar el área de estudio por países o regiones; así como, el utilizar información multitemporal de cobertura y pérdida de cobertura forestal de origen *landsat 8* provenientes de *GLAD* y *GFW* permite no solo identificar y cuantificar de forma acumulativa para los años 2000-2021 los puntos donde se han concentrado las pérdidas de cobertura forestal para la Ecorregión Global, también conociendo la amplia diversidad de análisis realizados a niveles nacionales y/o regionales, y los altos índices de nubosidad de la ecorregion global que generan información imprecisa de coberturas; analizar toda la ecorregión global permite corroborar los puntos identificados con la información de datos espacio temporales de imágenes libres de nubosidad *MODIS* de clasificación de usos de suelo de los años 2002 y 2015 para la ecorregión realizado por Fagua (2018) y Fagua & Ramsey (2019), identificando así la dinámica entre los procesos de transformación de cobertura forestal hacia otras coberturas y viceversa dentro la ecorregión global de acuerdo con el análisis de *hotspots* emergentes identificados y cuantificados.

Si la información de las imágenes de sensores remotos no es contrastada con otras fuentes o corregida mediante algoritmos, estas tienden a subestimar la pérdida de cobertura forestal o deforestación; al confundir las coberturas de cultivos forestales

(palma de aceite, teca, agricultura de subsistencia, etc.) como ganancia de cobertura forestal, ya que estos cultivos cumplen con parámetros de extensión, altura y densidad de dosel como los bosques naturales (Fearnside, P.M 2013; Tropek et al. 2017). Además, áreas convertidas bajo tala selectiva y que aún poseen cobertura natural, también son sujetas a alteraciones de difícil detección (Tropek et al. 2017).

Por ejemplo, cultivos forestales de largo plazo como la palma de aceite, al poseer ciclos de cultivo y cosecha de 25 a 30 años pueden confundir a sensores remotos con información errónea de ganancia de cobertura forestal al aglomerar grandes cantidades de biomasa en el tiempo (Tropek et al. 2017). Esto sucede si los eventos de pérdida de cobertura de bosques maduros para dar paso a cultivos forestales sucedieron en años anteriores a la información temporal de las imágenes satelitales recopiladas de cobertura forestal y sus pérdidas anuales, o por la transformación de cultivos y pastizales abandonados hacia vegetación secundaria debido a la sucesión natural si los eventos de deforestación se dieron en años previos o posteriores a los de las imágenes de clasificación de usos de suelos comparativas (Harris et al. 2017; Tropek et al. 2017).

Wassenar et al. (2007), especifica que comparar los resultados de una región en particular, indican la competencia entre cobertura y las posibles causas de los procesos de cambio hacia esa cobertura.

Por lo que para reducir los errores en la información de las bases de datos de acceso libre de cambio de cobertura como las de *Global Forest Watch*, estas deben ser sujetas de comparación con otras fuentes e interpretación mediante conceptos de dinámica de cobertura forestal como se realiza al comparar esta información con las imágenes *MODIS* realizadas por Fagua (2018) y Fagua & Ramsey (2019). En esta investigación fue necesario disminuir a 1 kilómetro la resolución de patrones de agrupamiento espacial ante las pérdidas o ganancias de cobertura forestal anual, ya que estos patrones se basan en la densidad de la cobertura dentro de cada *bin* (los *bins* son los conteos en agrupaciones relativas a las agrupaciones próximas a la misma) y es necesaria consistencia en la distribución variada de los conteos de pérdida de cobertura a través de los *bins* (Harris et al. 2017; Araza et al. 2021; Singh & Yan 2021).

Esto permite una mejor interpretación acorde a cuerpos físicos de la información disponible de cobertura terrestre de la ecorregión global como son cuerpos de agua, humedales, pantanos, marismas, ríos y lagos; por lo que aunque ajustes pequeños al tamaño de los *bin* no tienen un impacto significativo en los resultados, son los *bins* generados los cuales arrojan los valores obtenidos mediante los estadísticos *z-score* y *p-*

values y definen si los frentes de deforestación son *hotspots* de deforestación significativos, deforestación potenciales o no representan a ningún patrón de pérdida de cobertura forestal (Harris et al. 2017; Araza et al. 2021; Singh & Yan 2021).

De igual manera, como los conceptos de las dinámicas de transformación de cobertura forestal son de comprensión crítica en esta investigación, al no existir precisión en este concepto por parte de la información de pérdida de cobertura forestal anual disponible en *GLAD* y *GFW*; y dadas las inconsistencias espaciotemporales entre las fuentes de información de pérdida de cobertura forestal anual y la información de usos de suelo de los años 2002 y 2015, se explica la diferencia entre los puntos deforestación identificados por Fagua et al. (2019) y esta investigación .

Como se observa en las Figuras 11 y 12 las cuales contienen la información de coberturas de los años 2002 y 2015, y los *hotspots* de deforestación identificados por Fagua et al (2019) entre los años 2002 y 2015, entre estos años los autores identificaron 916353,7 hectáreas de *hotspots* de deforestación, de las cuales en el 2002 todos fueron identificados en cobertura forestal-*Forest* representando el 8,23 % del total de la cobertura forestal de la ecorregión global; mientras que en el 2015 la deforestación identificada se localiza en las cobertura a la que se transformó la cobertura forestal en el proceso de dinámicas de transformación: 530705,66 hectáreas fueron convertidas a vegetación secundaria-*Secondary Vegetation*, 350309,09 hectáreas a cultivos-*Crops*, 22049,09 hectáreas a pastizales-*Grasslands*, 7775,99 hectáreas aceite de palma-*Palm Oil*, y 5513,88 hectáreas en asentamientos-*Settlements*.

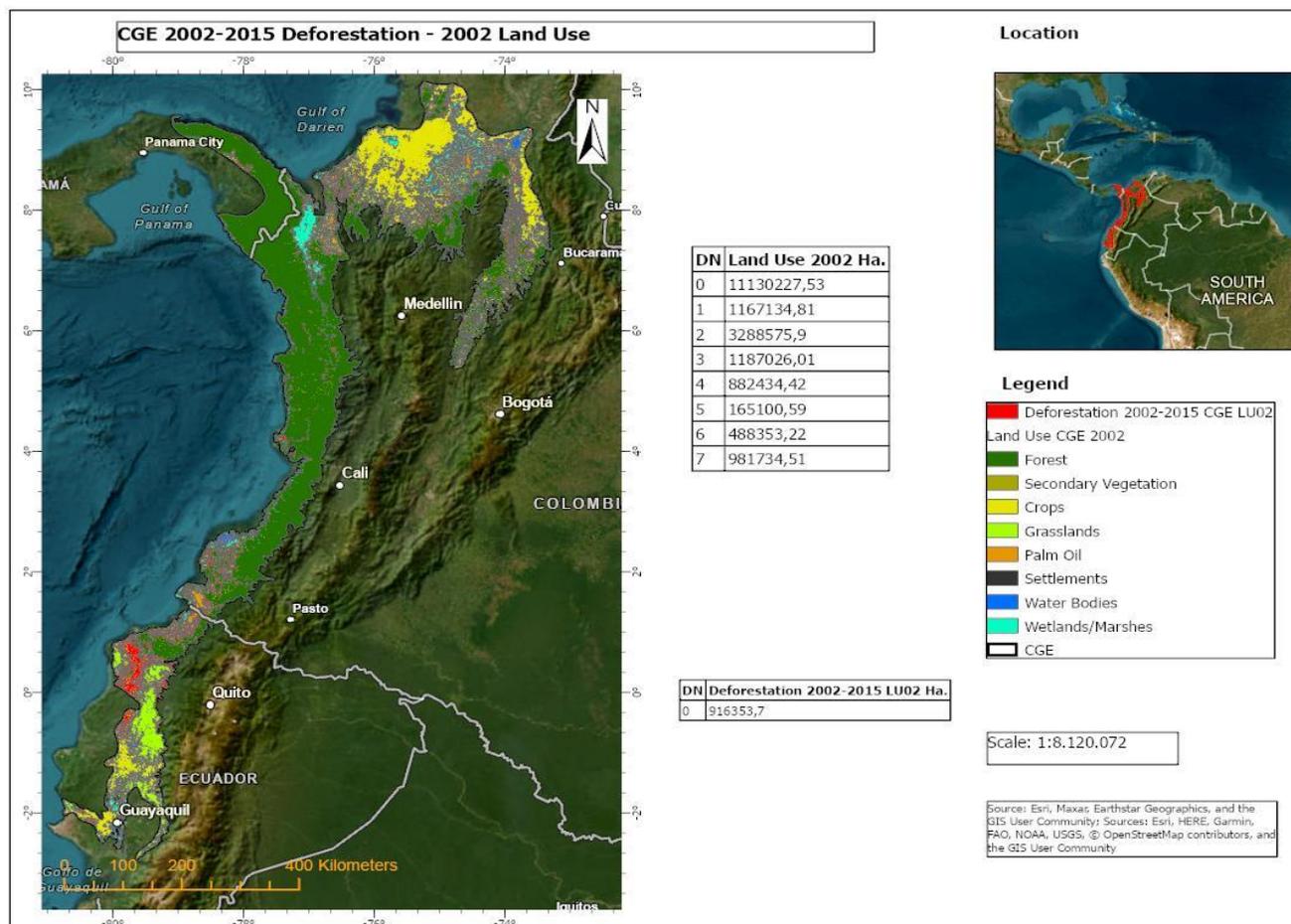


Figura 11. *Hotspots* de deforestación identificados por Fagua de acuerdo con la información de usos de suelo de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en el año 2002.

Fuente: Fagua 2018, Fagua et al. 2019, y Fagua & Ramsey 2019.

Elaboración propia.

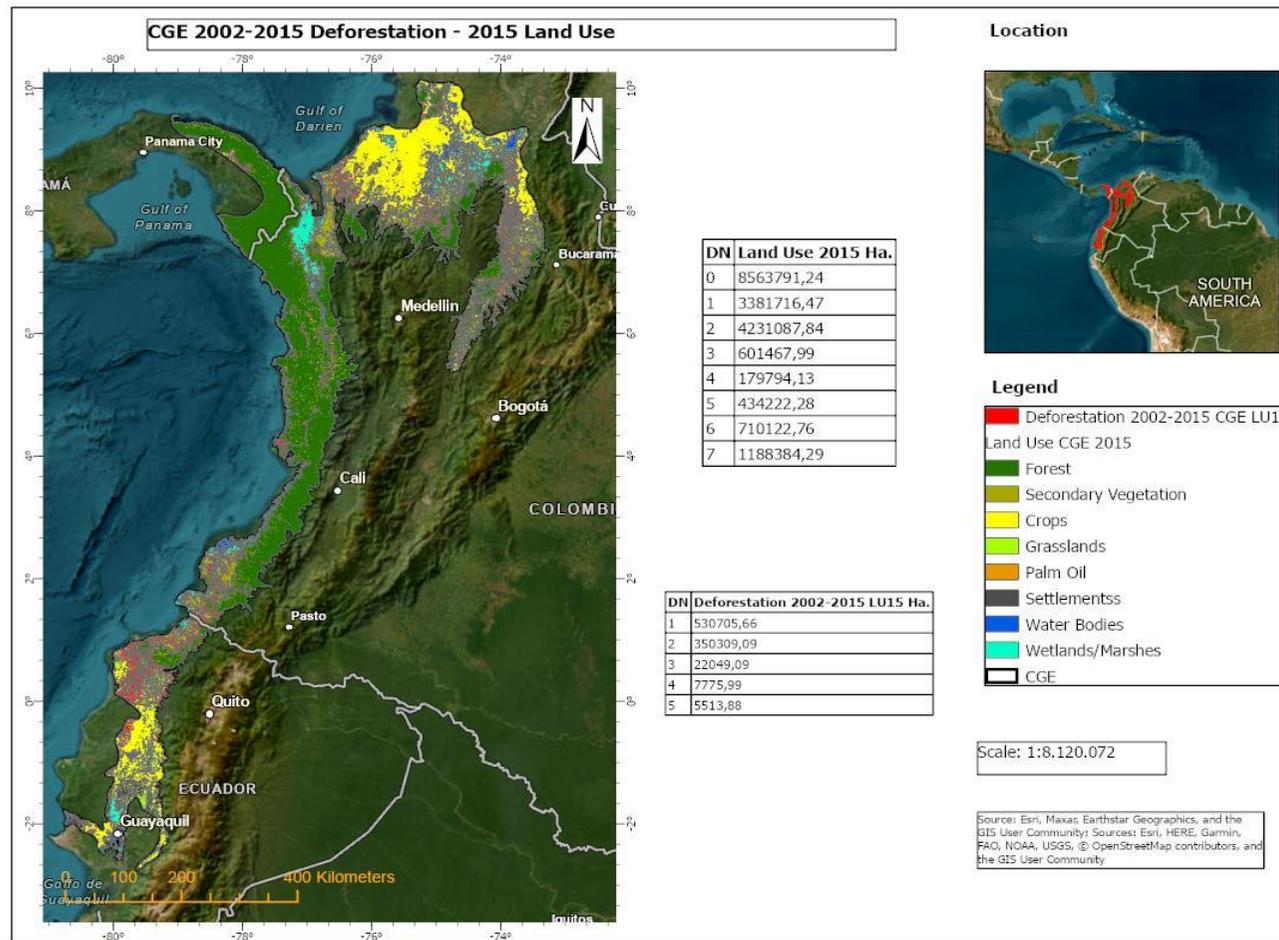


Figura 12. *Hotspots* de deforestación identificados por Fagua de acuerdo con la información de usos de suelo de la Ecorregión Global del Chocó-Darién en el año 2015.

Fuente: Fagua 2018, Fagua et al. 2019, y Fagua & Ramsey 2019.

Elaboración propia.

Es importante mencionar que 377552,69 hectáreas de los *hotspots* de deforestación detectados por Fagua et al (2019) en sus estudios entre los años 2002 y 2015 fueron capturados dentro de este estudio, ratificando el impacto y permanencia de estos frentes de deforestación a través del tiempo.

Sin embargo, debido a la diferencia temporal, estos fueron identificados bajo los siguientes patrones de acuerdo con las pruebas estadísticas del Análisis de *Hotspots* Emergentes realizado: 73163,1 hectáreas de *hotspots* significativos ($z\text{-score} \geq 1,96$; $p < ,05$), 173790,7 hectáreas de *hotspots* no significativos ($z\text{-score} \geq 1,96$; $p > ,05$), 37441,23 hectáreas de *coldspots* significativos ($z\text{-score} < 1,96$; $p < ,05$), 48376,54 Ha, de *coldspots* no significativos ($z\text{-score} < 1,96$; $p > ,05$), 4299,05 hectáreas de puntos sin patrón significativos ($p < ,05$), y 88858,61 hectáreas de puntos sin patrón no significativos ($p > ,05$).

Por otro lado, basándose en el traslape entre ambos análisis, un aproximado de 538801,01 hectáreas de deforestación determinadas por Fagua et al. (2019), entre los años 2002 y 2015 no fueron identificadas en esta investigación debido a las diferencias temporales y de la sensibilidad del sensor remoto de pérdida de cobertura forestal utilizado como se especificó previamente.

Sin embargo, esto no significa un error en la precisión de identificación de deforestación de los Análisis de *hotspots* Emergentes; sino el resultado de la conversión de la mayor parte de la extensión de cobertura forestal focalizadas en los bosques húmedos occidentales del Ecuador, específicamente en el Sur de la ecorregión global hacia otras coberturas no forestales como se puede ejemplificar en las Figuras 11 y 12.

Demostrando que la pérdida de cobertura forestal no detectada en los Análisis de *hotspots* Emergentes de esta investigación se debió a cambios de cobertura forestal que sucedieron en épocas previas al periodo de estudio, o en periodos demasiado cortos dentro en el mismo periodo como para ser detectados por la información de pérdida de cobertura forestal.

En este estudio se identifica una mayor cantidad de puntos de transformación de cobertura forestal (2524180,42 hectáreas de *hotspots* de deforestación y 7818423,12 hectáreas de deforestación potencial), casi equivalentes a la extensión de Inglaterra y Escocia juntas; esta mayor detección se debe a la captura de información de pérdida de cobertura en años posteriores al año 2015 y en años previos al año 2002.

Debido a esto, y con la finalidad de capturar completamente los procesos de transformación que repercuten en el año 2001 y 2002; se realizó el análisis de *hotspots* emergentes a partir del año 2000. De igual manera, la sensibilidad ante los cambios de cobertura del sensor remoto *Landsat 8* identifican una mayor cantidad de *hotspots* de deforestación los cuales fueron sujetos a interpretación, y bajo las aproximaciones tomadas en esta investigación también identificaron los posibles cambios de cobertura en episodios cortos dentro del periodo de estudio; además en comparación a estudios previos se determinan eventos de deforestación potencial.

Ante lo previamente expuesto, esta investigación demuestra precisión en la identificación de puntos donde existieron cambios de cobertura forestal entre los años 2000 y 2021; al reducir la subjetividad de la información temporal utilizada para la obtención de los resultados mediante la identificación de los eventos de deforestación o potencial deforestación de acuerdo con la información disponible de usos de suelo. También reflejando que los eventos de transformación de cobertura forestal cuando no están focalizados en coberturas de bosques, se deben por el resultado de cambios en cobertura forestal que se dieron en periodos previos posteriores o en intervalos cortos de tiempo dentro del periodo de estudio; como se observa en la Figura 13., a partir del trabajo realizado por Echeverri & Harper (2009) donde a pesar de que la resolución de la fuente de origen es baja; es posible apreciar la intervención histórica en la Ecorregión Global del Chocó-Darién de Ecuador y la presencia de regiones en blanco revelando la dificultad de los sensores en capturar información en regiones con alta nubosidad.

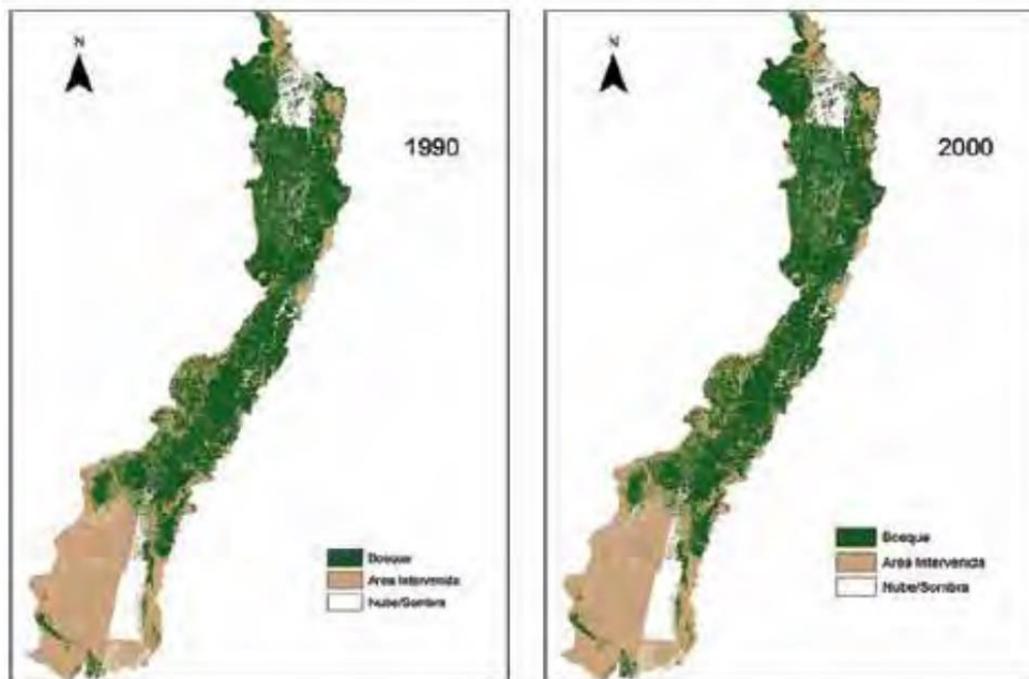


Figura 13. Disminución de cobertura forestal entre la década de 1990 y el año 2000.
Fuente: Echeverri & Harper. (2009)

Por lo que esta investigación considera como posibles frentes de deforestación a lo largo del periodo de estudio a los *hotspots* significativos ($z\text{-score} \geq 1,96$; $p < ,05$), y considera como deforestación potencial en un periodo corto de tiempo y previo o posterior a los años 2002 y 2015 a los *hotspots* no significativos dentro de coberturas que no pertenecían a cuerpos de agua para el periodo de estudio, y a los *coldspots* no significativos ($z\text{-score} < 1.96$; $p > .05$) detectados en cobertura forestal, y todo punto sin patrón significativo y no significativo identificado en cobertura forestal.

De esta manera se reducen posibles errores dentro de aquellos puntos de transformación de cobertura forestal ubicados en coberturas como cuerpos de agua y humedales, marismas y pantanos; coberturas que también sugieren la detección de biomasa en algún episodio dentro del periodo de tiempo de estudio o la presencia de biomasa previo o posterior a los años 2002 y 2015, y cuya falta de detección sugiere cambios rápidos en sus coberturas.

El análisis de la deforestación a través de las ecorregiones identificadas por Stotz et al (1996) de acuerdo con la clasificación de zonas de vida para la conservación de la ornitofauna, y los modelos de elevación digital (DEM) desarrollados por Tadono et al (2014) sitúan a la deforestación y deforestación potencial dentro de contextos históricos;

y por lo tanto contextos socioeconómicos y ambientales que actúan como factores probables de la deforestación explicada.

Clark et al (2021) exponen que la delimitación de una ecorregión se encuentra sujeta a los cambios de uso de suelo, sin embargo; la unidad geográfica debe considerar su extensión histórica, es decir, previo a los cambios de cobertura a los que pueda estar sometida, aunque el ensamblaje biótico y las condiciones ambientales que configuran a la ecorregión hayan cambiado o cambien a través del tiempo.

Analizar el impacto de la deforestación en la Ecorregión Global del Chocó-Darién a través de la deforestación en las ecorregiones que componen a la ecorregión global, refleja que aquellas ecorregiones que históricamente han concentrado los mayores puntos de deforestación. Por ejemplo, las áreas al Sur de la ecorregión global como se observa en la Figura 14; donde en la ecorregión de los bosques húmedos occidentales en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Los Ríos y Guayas en Ecuador, la deforestación y degradación forestal en la ecorregión global se puede rastrear hasta el periodo colonial; donde de acuerdo con Mariscal-Chávez (2016), se dió una intensiva explotación maderera y se incrementaron los asentamientos humanos, tendencia que aumentó después de la década de los sesenta hasta los noventas debido a incentivos gubernamentales a través de políticas de ocupación.

Sin embargo, debido a la extirpación de las coberturas naturales de la ecorregión, con el tiempo los puntos de deforestación han migrado hacia los remanentes naturales; así que muchas áreas como Manabí y Guayas en el Ecuador debido a su extirpación en años previos al periodo de investigación, usualmente no se conectan estas regiones en la retórica de iniciativas y estudios como partes de la Ecorregión Global del Chocó-Darién. Y, como se observa en la Figura 14, los *hotspots* de deforestación se mantienen al Norte de los bosques húmedos occidentales del Ecuador, pero se observa un incremento notable de frentes de deforestación en las ecorregiones de los bosques húmedos de Magdalena-Urabá y en el extremo Norte de los bosques húmedos del Chocó-Darién en el tapón del Darién y en el extremo Norte de la ecorregión en Panamá.

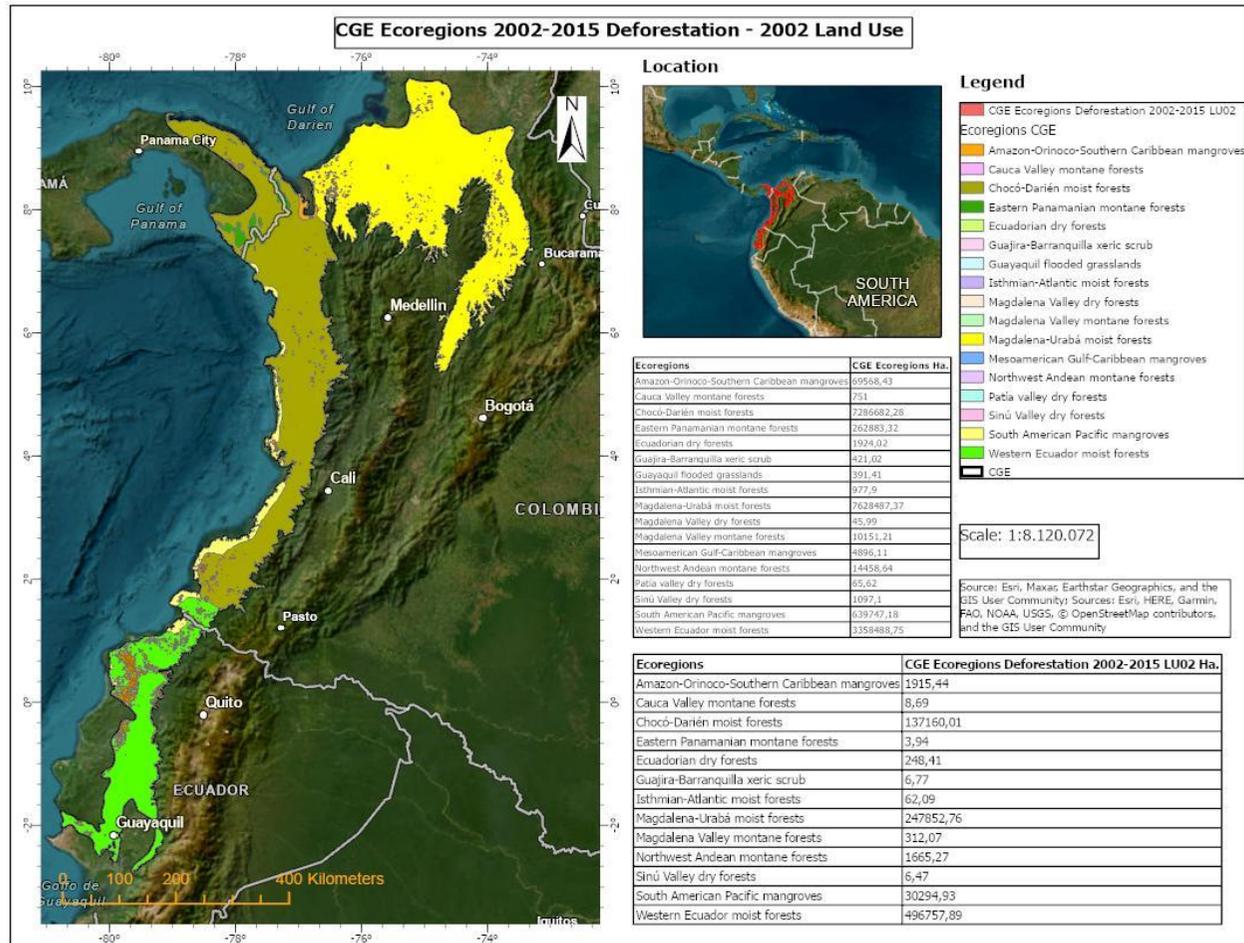


Figura 14. Hotspots de deforestación identificados por Fagua entre los años 2002 y 2015 en las ecorregiones que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién.

Fuente: Fagua. 2018, Fagua et al., 2019, y Fagua & Ramsey 2019
 Elaboración propia.

Tomando en cuenta la información del Modelo de Elevación Digital (DEM) para la Ecorregión Global del Chocó-Darién, a través del Análisis de *Hotspots* Emergentes el 11,64 % y 37,56 % de la deforestación y deforestación potencial hallada se concentran en su mayoría en el rango altitudinal de 0-700 m.s.n.m., (Tabla 6 y Figura 10), y una pendiente entre los 0-15.2 grados de inclinación (Tabla 5 y Figura 9). Por lo que, de acuerdo con Fearnside (2013) existe consistencia en la deforestación a causa de la migración desde áreas densamente pobladas en la región Andina de Colombia y Ecuador, hacia áreas óptimas y disponibles para actividades agropecuarias en tierras bajas (Fearnside 2013); y aunque no se referencian censos poblacionales para regiones administrativas específicas dentro de esta investigación, de acuerdo con Sánchez-Nivicela & Montenegro-Pazmiño (2022) en la provincia de Esmeraldas en Ecuador la cual contiene de los últimos remanentes naturales de la Ecorregion Global del Chocó-Darién para el Ecuador, dentro de un rango altitudinal entre 400-100 m.s.n.m., se deforestaron un aproximado de 1.8 millones de hectáreas entre 1990 y 2008.

Por lo qué, la movilidad humana se mantiene como un factor potencial determinante de la deforestación en la Ecorregión Global del Chocó-Darién, de acuerdo con autores como Carr (2009) y Torres et al (2002), desde épocas históricas los procesos de colonización seguidos por el uso de coberturas disponibles para reclamar derecho de propiedad; son una de las principales causas de deforestación y de la formación de la infraestructura vial disponible en las zonas bajas de la ecorregión global.

La ampliación continúa de la infraestructura vial a medida que se expanden los asentamientos, y la necesidad de recursos ante el crecimiento demográfico y de la demanda de *commodities* como cacao, aceite palma y plátano; han dejado a las grandes porciones de bosques maduros restringidos a las iniciativas de conservación y protección (Carr. 2009; Torres et al. 2002).

Dentro de estas iniciativas se encuentran las áreas formalmente reconocidas por los sistemas nacionales de áreas protegidas, iniciativas privadas y comunitarias, y los sitios designados como Areas Importantes para las Aves y Áreas Clave para la Biodiversidad (IBAs/KBAs), las IBAs y KBAs a pesar de poseer algún grado de reconocimiento en cuanto a su importancia para la conservación; al igual que las áreas protegidas nacionales como se observa en las Tablas 8, 9, 10 y 11., no están excluidas de procesos de transformación de cobertura forestal, donde en su mayoría se observa un incremento de las coberturas de vegetación secundaria, cultivos, pastizales y asentamientos; y por ende la deforestación reportada en estas áreas protegidas.

Las zonas fronterizas entre Colombia y Ecuador, y Colombia y Panamá aglomeran la mayor cantidad de puntos de deforestación significativos dentro del periodo de estudio como se observa en la Figura 4, reflejando la conexión entre los procesos y dinámicas de transformación de cobertura forestal en la ecorregión global con economías y actividades ilegales; así como el contexto social actual y el crecimiento de la delincuencia organizada en Colombia y Ecuador (Molina-Orjuela et al. 2022).

Este escenario se incrementa en zonas conflictivas e históricamente abandonadas por los estados, que bajo este contexto la deforestación en zonas fronterizas puede ser explicada por: la tala para generar despojo y acaparamiento de tierras, deforestación para cultivos ilícitos e instalación de laboratorios y senderos para el transporte de alcaloides hacia las costas del Pacífico colombiano y ecuatoriano para exportación, actividades extractivas como minería ilegal y cultivos de palma de aceite (Molina-Orjuela et al. 2022).

En años recientes se ha observado el incremento de poblaciones flotantes de distintas nacionalidades en la región, personas que son vulnerables ante grupos dedicados al tráfico de personas y que utilizan las rutas entre el Urabá en el Chocó colombiano y el Darién panameño para la movilidad de migrantes de paso hacia los Estados Unidos; sin que exista información concreta del impacto en los bosques y biodiversidad que genera este fenómeno social (Severiche et al. nd; Sánchez-Saavedra 2022). El abandono de estas regiones posee además un alto impacto en grupos locales de la región como indígenas Emberá, Wounaan y Awá, quienes han visto condicionada su migración transfronteriza tradicional; la cual sigue los sistemas de producción natural de los bosques de la ecorregión global; además han sido las víctimas directas de la economía ilegal y la violencia en zonas fronterizas de la ecorregión global (Severiche et al. nd; Sánchez-Saavedra 2022).

Estas dinámicas de territorialidad bajo conflicto han moldeado la configuración demográfica del territorio en la Ecorregión Global del Chocó-Darién, y por ende las actividades productivas y dinámicas de transformación de cobertura forestal en el mismo; es así como la población indígena y afrodescendientes mantienen una apropiación colectiva del territorio que traslapan con sitios importantes de conservación (Gómez et al. 2014; Sánchez et al. 2008).

La violencia del conflicto armado de Colombia ha jugado un papel importante en la deforestación de la ecorregión global en especial de zonas fronterizas donde se presenta

la aglomeración de *hotspots* de deforestación en Tumaco-Nariño en la frontera de Colombia y Ecuador, y en Urabá-Darién en la frontera de Colombia y Panamá.

Se evidencia como a medida que se reducía la presencia las guerrillas que ejercían control en la deforestación de las regiones, se generaron espacios que quedaron bajo jurisdicción de grupos paramilitares y de delincuencia organizada como las Autodefensas Gaitanistas de Colombia; grupos que históricamente han sido respaldados por sectores políticos y que han protegido los intereses y actividades de grupos empresariales dedicados hacia actividades extractivas a gran escala como minería y ganadería en estas regiones (Severiche et al. nd; Molina-Orjuela et al. 2022), lo que su vez provocó grandes cantidades de despojo de tierra y desplazamiento de comunidades, proceso que se acrecentó después de la firma del Acuerdo de Paz del 2016 con las extintas Fuerzas Revolucionarias de Colombia FARC-EP (Severiche et al. nd; Molina-Orjuela et al. 2022).

La influencia de actividades extractivas y las ganancias provenientes los ejes de desarrollo enfocados en la Ecorregión Global del Chocó-Darién no han dejado mejoras en la calidad de vida de los habitantes de la ecorregión global, y solo han resultado en conflictos territoriales y en la pérdida de la integridad ecológica de muchas áreas (Gómez et al. 2014; Sánchez et al. 2008).

Además del control inadecuado, ilegal y sin control en el uso de recursos maderables y no maderables, así como la minería artesanal y de gran escala, el desarrollo de infraestructura (carreteras, puertos, generación de energía y líneas de transmisión), y el establecimiento y expansión de plantaciones forestales y plantaciones agroindustriales; los cuales contribuyen a la pérdida de biodiversidad, deterioro y empobrecimiento de ecosistemas naturales; reduciendo a la vez su resiliencia ante los posibles impactos negativos del cambio climático (Gómez et al. 2014).

Bajo este escenario y ante el aislamiento de muchas comunidades en regiones aún conservadas de la Ecorregión Global del Chocó-Darién, las comunidades locales son altamente vulnerables al cambio climático no solo por los impactos ambientales y la carencia de planes de mitigación y adaptación, si no también debido a la pobreza, analfabetismo, falta de oportunidades y desigualdad social por abandono estatal; las cuales generan que muchas poblaciones dentro de la ecorregión global sean objetivos de la delincuencia organizada quienes reclutan personas para actividades ilícitas (Sánchez et al. 2008).

En cuanto a la biodiversidad enlistada para las Áreas Importantes para las Aves (IBAs), y bajo los análisis de pérdida de cobertura forestal y degradación de dentro de

estos sitios, cuando se analiza los cambios de coberturas mediante la información de usos de suelo de los años 2002 y 2015 provistos por Fagua et al. (2019) y el análisis multitemporal para el periodo de investigación, es posible identificar la deforestación de 217922,45 Ha, de bosques y 486826,51 Ha, de puntos de deforestación potencial, por lo que se determina la transformación de cobertura forestal de al menos 704748,96 Ha, de acuerdo con la información de cobertura forestal existente en el año 2002 para las IBAs que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién.

Esta deforestación es equivalente a 577894,15 campos de fútbol, identificándose como causante principal de la deforestación en estos sitios y amenaza para su biodiversidad al incremento de coberturas como vegetación secundaria, cultivos y asentamientos; como se observa en la mayoría de IBAs analizados.

También, se detalla la dinámica de los procesos de transformación de coberturas ante los ciclos de deforestación y reforestación; al identificar la disminución de las coberturas de bosques, pastizales y de aceite de palma ya que están sometidos a ciclos de uso de 11 a 28 años, y el incremento de vegetación secundaria y cultivos perennes de corto plazo; los cuales eventualmente serán preparados para dar paso a coberturas cultivos de largo plazo como aceite de palma y pastizales (Eguiguren et al. 2020).

La biodiversidad de la Ecorregión Global del Chocó-Darién, especialmente aquella contenida dentro de los IBA y KBA no se encuentra únicamente afectada por presiones antropogénicas como las previamente mencionadas como causantes directos de la deforestación, también la biodiversidad se verá afectada por el cambio climático y por la pérdida de hábitats (Sánchez-Nivicela & Montenegro-Pazmiño 2022).

Es así como al observar los cambios en la cobertura de cuerpos de agua entre los IBA y KBA; de acuerdo con la información de los años 2002 y 2015 provista por Fagua et al (2019), es posible identificar el incremento de la cobertura de cuerpos de agua y la disminución de la cobertura de humedales, marismas y pantanos entre los años 2002 y 2015 para los IBAs costeros de la ecorregión global. Así como también se puede visibilizar el incremento de las coberturas de humedales, marismas y pantanos en IBAs que no son costeros, pero poseen una gran parte de complejos de humedales, ciénagas y pantanos dentro de sus coberturas; mientras que las coberturas de cuerpos de agua van disminuyendo en estos sitios evidenciando los procesos de desertificación, por ende se pueden predecir cambios en cuanto a distribución de especies en los distintos nichos y hábitats que permanezcan disponibles en la ecorregión global.

Ante los cambios de cobertura forestal en zonas fronterizas corroboradas en este estudio, se estiman cambios de distribución regionalizada en especies presentes; sin embargo, estos cambios serán aún más extremos para el grupo de las aves (Gómez et al. 2014), por lo que el siguiente paso de esta investigación es modelar la distribución de nicho de las especies amenazadas enlistadas; a partir de factores como cambios de coberturas, deforestación y la información de la distribución de estas especies.

Conclusiones

El análisis de *hotspots* emergentes para determinar la deforestación a partir de información generada por sensores remotos sobre pérdida de cobertura forestal anual en la Ecorregión Global del Chocó-Darién, muestra ser una herramienta rápida y eficiente para visibilizar aquellas regiones que concentran pérdidas de cobertura forestal y patrones de transformación de coberturas; identificando los siguientes puntos de transformación de cobertura forestal: 2524180,42 hectáreas de *hotspots* de deforestación y 7818423.12 hectáreas de deforestación potencial, equivalentes a la extensión de Inglaterra y Escocia juntas.

La ventana espacial considerada en este estudio acorde con la información disponible de las clases de coberturas y su transformación para la Ecorregión Global del Chocó-Darién permite considerar a la ecorregión como un complejo ecorregional transfronterizo y regional, siendo las tierras bajas y llanas de los bosques húmedos del Magdalena-Urabá, bosques húmedos occidentales del Ecuador y los bosques húmedos del Chocó-Darién; así como las regiones fronterizas entre los países que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién las áreas con mayores concentraciones de transformación de cobertura forestal.

Las herramientas para análisis de pérdida de cobertura forestal de esta investigación a diferencia de otros estudios realizados en la ecorregión visibiliza el impacto de los procesos de transformación de coberturas en Áreas Importantes para las Aves (IBAs) y las Areas Clave para la Biodiversidad (KBAs), identificando la deforestación de 217922,45 hectáreas de bosques y 486826,51 hectáreas de puntos de deforestación potencial dentro de las 39 Áreas Importantes para las Aves (IBAs) y las Areas Clave para la Biodiversidad (KBAs) analizadas, determinandose la transformación de cobertura forestal de al menos 704748,96 hectáreas de acuerdo con la información de cobertura forestal existente en el año 2002 de Fagua et al. (2019) para las IBA y KBA

que componen a la Ecorregión Global del Chocó-Darién, lo que es equivalente a 577894,15 campos de futbol, y que representa un impacto de gran preocupación para la conservación de 99 especies ornitológicas que poseen algún grado de amenaza; en especial para 39 de especies cuya distribución esta restringida a la ecorregión global. Ante la degradación de cobertura forestal en los IBAs y KBAs evaluados se determina con preocupación el patrón de reducción de cobertura forestal y el incremento de coberturas de vegetación secundaria, cultivos y asentamientos, mientras que las coberturas de pastizales y aceites de palma observan procesos de reducción e incremento en forma inversa a las coberturas de bosque y vegetación secundaria al verse sometidas a ciclos de producción y económicos de los países.

También, se observa la tendencia hacia el aumento de coberturas de cuerpos de agua y la disminución de la cobertura de humedales, marismas y pantanos en los IBAs/KBAs costeros evaluados, tendencia que es inversa en IBAs que no son costeros y tienen grandes presencias de cobertura de humedales; reflejando así los potenciales impactos respectivos del aumento del nivel del mar ante el cambio climático y procesos de desertificación y disrupción de los ciclos hídricos en IBAs/KBAs que no son costeros.

A escala temporal este estudio toma la mayor escala utilizada hasta la actualidad para la Ecorregión Global del Chocó-Darién al tomar el periodo 2000-2021, la amplitud de la ventana temporal utilizada es una de las ventajas de las imágenes provenientes del sensor remoto *Landsat 8* en comparación a imágenes provenientes de otros sensores remotos, a pesar de que la resolución es menor (30 metros) en comparación a sensores remotos *Sentinel* (10 metros); por lo que entre las limitaciones de este estudio se encuentra la necesidad de aplicar un modelo para mapear de forma continua las clases de coberturas y procesos de transformación de las mismas, modelo que debe ser corregido a través de validaciones in situ en el área de estudio.

También, existen errores de precisión en cuanto a la resolución del sensor *Landsat 8* sobre pérdida de cobertura forestal anual proveniente de *Global Forest Watch*, por lo que se corroboró los resultados obtenidos con información proveniente de otras fuentes remotas como la información de usos de suelo de periodos de tiempo dentro del periodo de estudio, facilitando la identificación de pérdida y degradación de cobertura forestal, y resaltando estos eventos dentro de las dinámicas de los procesos de transformación de coberturas al sugerir no solo frentes de deforestación a través del tiempo a manera de *hotspots* de deforestación; sino también puntos de deforestación potencial donde la

cobertura forestal tuvo algún grado de degradación y/o estuvo alguna vez sujeta a procesos de transformación.

La corroboración de los resultados obtenidos de pérdida de cobertura forestal para el periodo de estudio con información de coberturas y su transformación; a partir de fuentes cuyos orígenes provengan de diferentes sensores remotos facilita la identificación de pérdida y degradación de cobertura forestal, y resalta estos eventos dentro de las dinámicas de los procesos de transformación de coberturas; otorgando precisión a los análisis realizados sobre pérdida de cobertura forestal en el periodo 2000-2021, sin embargo; dada la resolución de un kilómetro de la información de pérdida de cobertura anual utilizada para los análisis de *hotspots* emergentes; es posible considerar que los puntos de transformación de cobertura forestal identificados todavía subestiman los posibles cambios de coberturas forestales que han sucedido en la Ecorregión Global del Chocó-Darién debido a la dificultad del sensor utilizado en la detección de pérdidas de coberturas en escalas espaciales menores a un kilómetro, y a pérdidas de biomasa y de cobertura a niveles menores a 30 metros de dosel.

Sin embargo, al considerar las dinámicas de los procesos de transformación de cobertura forestal obtenidas resulta útil para inferir los principales causantes *drivers* de la deforestación en el tiempo; permitiendo discernir entre ellos de acuerdo con los ciclos de transformación que suceden en las coberturas del área de estudio, tal como sucede con coberturas de cultivos forestales y cultivos de corto plazo, o como sucede en los cambios de cobertura en respuesta a conflictos sociales como la migración, economías ilegales y el conflicto armado colombiano.

La información obtenida indica que las mayores concentraciones de *hotspots* se dan en zonas fronterizas entre Ecuador y Colombia, y entre Colombia y Panamá. Se establecen también los patrones de transformación de cobertura para cada país, que en el caso de Panamá y Colombia resulta más evidente el conflicto de tierras generado por la colonización y el conflicto armado, mientras que en Ecuador de acuerdo con Sierra (2013) y Sánchez (2008), y con los resultados de esta investigación; la deforestación por la transformación de coberturas forestales hacia cultivos tiene proporción inversa con el crecimiento económico del país, es decir, países megadiversos con crecimiento económico ligado al desarrollo de actividades extractivas (minería e hidrocarburos), paradójicamente cuando disminuyen esta actividad incrementa la deforestación al dejar vacíos en las oportunidades económicas de los sitios donde se realizan estas actividades. Por otro lado, en los tres países es común observar el aumento de coberturas de vegetación

secundaria y asentamientos, así como también el ciclo de producción ante la reducción y posterior aumento de cultivos forestales como la cobertura de aceite de palma.

Esta investigación sugiere la aplicación de un plan para la protección de la Ecorregión Global del Chocó-Darién mediante estrategias para la conservación de especies ornitológicas residentes y migratorias, enfocándose en la falta de una agenda conjunta regional entre sectores estatales, privados, comunidades y ONGs de los tres países que contienen a la ecorregión global; con enfoque en la reducción de la conversión de áreas naturales en la ecorregión; y la formación de una agenda conjunta para: 1. Fortalecer organizaciones comunitarias de conservación, 2. Generar, aplicar y socializar planes de ordenamiento territorial, 3. Implementar procesos de legalización y restitución de tierras, y 4. Fomentar mejores alternativas económicas, de manejo de desechos, de implementación de infraestructura y de fortalecimiento institucional de entidades gubernamentales (Sánchez-Nivicela & Montenegro-Pazmiño 2022).

Para esto se vuelve imperativo, la formación de estrategias que incentiven a la conservación mediante el financiamiento de alternativas económicas para comunidades y poblaciones inmersas en la ecorregión global; así como guías para la construcción y cumplimiento de planes de ordenamiento territorial que consideren de forma holística los contextos históricos, ambientales, sociales, y económicos locales necesarios para reducir la deforestación en áreas con importancia biológica y cultural global como es la ecorregión global. Por lo que se sugieren los siguientes puntos para generar estrategias de conservación a través del financiamiento de economías con soluciones basadas en la naturaleza: 1. Seguimiento y apoyo a sistemas productivos a través de pagos por servicios ambientales, 2. Educación y comunicación a nivel macro en la Ecorregión Global sobre la importancia de biodiversidad y bosques, 3. Evaluar el fortalecimiento legal transfronterizo, 4. Evaluar el manejo de desechos y de descargas líquidas, 5. Implementar y gestionar mecanismos de financiamiento innovadores para conservación, protección y restauración, 6. Incrementar el número de áreas protegidas públicas y privadas de la Ecorregión Global con sus respectivos planes de manejo (Sánchez-Nivicela & Montenegro-Pazmiño 2022).

Obras citadas

- Aide, T. M., Clark, M. L., Grau, H. R., López-Carr, D., Levy, M. A., Redo, D., Bonilla-Moheno, M., Ringer, G., Andrade-Núñez, M. J. & Muñiz, M. 2013. “Deforestation and Reforestation of Latin America and the Caribbean (2001–2010)”. *Biotropica* 45 (2): 262-71. doi: 10.1111/j.1744-7429.2012.00908.x.
- Araza, A. B., Castillo, G. B., Buduan, E. D., Hein, L., Herold, M., Reiche, J., Gou, Y., Villaluz M. G., & Razal, R. A. 2021. “Intra-annual identification of local deforestation hotspots in the Philippines using earth observation products”. *Forests* 12 (8): 1008. doi: 10.3390/f12081008.
- Arrieta-Contreras, Eliana Paola. 2015. “Estimación de la deforestación en el departamento del chocó utilizando el mapa de cobertura forestal/no forestal de la agencia espacial Jaxa”. Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D. C., Colombia. https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7677/ESTIMACI%C3%93N%20DE%20LA%20DEFORRESTACI%C3%93N%20EN%20EL%20DEPARTAMENTO%20DEL%20CHOC%C3%93%20UTILIZANDO%20EL%20MAPA%20DE%20COBERTURA%20FORESTAL_NO%20FORESTAL%20DE%20LA%20AGENCIA%20ESPACIAL%20JAXA.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- Birdlife International. 2022. *Important Bird Areas (IBA) digital boundaries*. September 2022 version. Cambridge: Birdlife International.
- Camacho-López, C. O., Jara-Franco, N. E., & J. L., & González-Rivadeneira. 2022. “Análisis multitemporal de la deforestación y cambio de la cobertura del suelo en Morona Santiago”. *Polo del Conocimiento* 7 (1): 797-807. doi: 10.23857/pc.v7i1.3511.
- Carr, David. 2009. “Population and deforestation: why rural migration matters”. *Progress in Human Geography* 33 (3): 355-378. doi: 10.1177/0309132508096031.
- CEPF. 2021. “Perfil del Ecosistema. Hot spot de Biodiversidad de Los Andes Tropicales”. *Critical Ecosystem Partnership Foundation*. <https://www.cepf.net/sites/default/files/tropical-andes-ecosystem-profile-2021-spanish.pdf>.

- Clark, M. L., Ruiz, J., Fandino, M. C., & López-Carr, D. 2021. “Conservation priorities in terrestrial protected areas for Latin America and the Caribbean based on an ecoregional analysis of Woody Vegetation Change, 2001–2010”. *Land* 10 (10): 1067. doi: 10.3390/land10101067.
- Cortés-Riveros, María Fernanda. 2020. “Deforestación en el departamento del Chocó por medio de imágenes satelitales LANDSAT y SENTINEL durante el periodo 2015-2019”. Tesis de grado, Universidad de Los Andes, Bogotá D.C, Colombia. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/48761/u833357.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Domingo, L., Tomassini, R. L., Montalvo, C. I., Sanz-Pérez, D., & Alberdi, M. T. 2020. “The Great American Biotic Interchange revisited: a new perspective from the stable isotope record of Argentine Pampas fossil mammals”. *Scientific Reports* 10 (1608). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58575-6>.
- Echeverri, M. A., & Harper, G. J. 2009. “Fragmentación y deforestación como indicadores del estado de los ecosistemas en el Corredor de Conservación Choco-Manabí (Colombia-Ecuador)”. *Recursos Naturales y Ambiente* (58): 78-88. <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6337/Fragmentaci%c3%b3n%20y%20deforestaci%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Eguiguren, P., Ojeda Luna, T., Torres, B., Lippe, M., & Günter, S. 2020. “Ecosystem service multifunctionality: Decline and recovery pathways in the Amazon and Chocó Lowland rainforests”. *Sustainability* 12 (18): 7786. doi: 10.3390/su12187786.
- Fagua, José Camilo. 2018. “Geospatial Modeling of Land Cover Change in the Chocó-Darien Global Ecoregion of South America: Assessing Proximate Causes and Underlying Drivers of Deforestation and Reforestation”. Doctoral dissertation, Utah State University. <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=8482&context=etd>.
- Fagua, J. C., Baggio, J. A., & Ramsey, R. D. 2019. “Drivers of forest cover changes in the Chocó-Darien Global Ecoregion of South America”. *Ecosphere* 10 (3): e02648. doi: 10.1002/ecs2.2648.
- Fagua J. C & Ramsey, R. D. 2019. “Geospatial modeling of land cover change in the Chocó-Darien global ecoregion of South America; One of most biodiverse and rainy areas in the world”. *PLoS ONE* 14 (2): e0211324. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211324>.

- Fearnside, Philip M. 2013. "South American Natural Ecosystems, Status of". *Encyclopedia of Biodiversity*, 2 (6): 599-611. doi:10.1016/B978-0-12-384720-1.00246-3.
- FAO. 2020. "Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 – Principales resultados". *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, Roma. <https://www.fao.org/3/CA8753ES/CA8753ES.pdf>.
- Gómez, L., Suárez, C., Trujillo, A., Bravo, A. M., Rojas, V., Hernandez, N., & Vargas, M. C. 2014. "Landscape management in Chocó-Darién priority watersheds". *WWF-Colombia*: Bogotá, Colombia. https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/choco_darien_32.pdf.
- 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 & Townshend, J. 2013. "High-resolution global maps of 21st-century forest cover change". *Science*, 342 (6160): 850-3. doi: 10.1126/science.1244693.
- Hausmann, A., Toivonen, T., Fink, C., Heikinheimo, V., Tenkanen, H., Butchart, S. H. & Di Minin, E. 2019. "Assessing global popularity and threats to Important Bird and Biodiversity Areas using social media data". *Science of the Total Environment* 683: 617-23. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.268.
- Hall, J. S., Plisinski, J. S., Mladinich, S. K., van Breugel, M., Lai, H. R., Asner, G. P., & Thompson, J. R. 2022. "Deforestation scenarios show the importance of secondary forest for meeting Panama's carbon goals". *Landscape Ecology* 37: 673-94. doi: 10.1007/s10980-021-01379-4.
- Harris, N. L., Golgman, E., Gabris, C., Nordling, J., Minnemere, S. A., Lippmann, M., Bennett, L., Raad, M., Hansen, M. and Potapov, P. 2017. "Using spatial statistics to identify emerging hotspots of forest loss". *Environmental Research Letters* 12 (2): 024012. doi: 10.1088/1748-9326/aa5a2f.
- Hurtado-Guerra, Adriana María. 2012. "Riqueza y patrones de distribución de mariposas (Papilionoidea) como base para la planificación de la conservación de la biodiversidad en el Complejo Ecorregional Chocó–Darién (Panamá, Colombia y Ecuador)". Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela. <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/6162>.
- Mariscal-Chávez Ana Gertrudis. 2016. "Local baseline knowledge for conservation and restoration of degraded ecosystems in Ecuador". Doctoral Thesis, Swedish

- University of Agricultural Sciences, Alnarp.
https://pub.epsilon.slu.se/13425/1/mariscal_a_160531.pdf.
- Mateo-Vega, J., Spalding, A. K., Hickey, G. M., & Potvin, C. 2018. "Deforestation, territorial conflicts, and pluralism in the forests of eastern Panama: a place for reducing emissions from deforestation and forest degradation?". *Case Studies in the Environment* 2: 1-12. doi: 10.1525/cse.2017.000562.
- Mateo-Vega, Javier. 2022. "Connecting local realities with global policy processes: participatory forest biomass monitoring and scenario-based planning in Panama". Tesis doctoral, McGill University, Montreal QC, Canada.
<https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/cf95jh631>.
- Meyer, V., Saatchi, S., Ferraz, A., Xu, L., Duque, A., García, M., & Chave, J. 2019. "Forest degradation and biomass loss along the Chocó region of Colombia". *Carbon balance and management* 14: 1-15. doi: 4:2. doi: 10.1186/s13021-019-0117-9.
- Minda, P. A. 2004. "La deforestación en el norte de Esmeraldas (Eloy Alfaro y San Lorenzo)". *Universitas: Revista de Ciencias Sociales y Humanas* 4: 95-127.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476150823004>.
- Moffette, F., Alix-Garcia, J., Shea, K., & Pickens, A. H. 2021. "The impact of near-real-time deforestation alerts across the tropics". *Nature Climate Change* 11 (2): 172-8. doi: 10.1038/s41558-020-00956-w.
- Molina-Orjuela, D. E., Chavarro Ospina, S. G., & Guzmán Alvarado, B. O. 2022. "Impactos del conflicto armado colombiano sobre el medio ambiente y acciones para su efectiva reparación". *Revista Científica General José María Córdova* 20 (40): 1086-103. doi: 10.21830/19006586.1129.
- Ojeda-Luna, T., Eguiguren, P., Günter, S., Torres, B., & Dieter, M. 2020. "What drives household deforestation decisions? Insights from the Ecuadorian lowland rainforests". *Forests* 11 (11): 1131. doi: 10.3390/f11111131.
- Pérez Díaz, Jahir Fabricio. 2021. "Evapotranspiración en áreas conservadas y deforestadas de la amazonia colombiana durante el periodo 2001-2018". Tesis de grado, Universidad Antonio Nariño, Bogotá D. C., Colombia.
<http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/2178/1/2020JahirFabricioPerezDiaz.pdf>.

- Poveda, G., & Mesa, O. J. 2000. "On the existence of Lloró (the rainiest locality on Earth): Enhanced ocean-land-atmosphere interaction by a low-level jet". *Geophysical research letters* 27 (11): 1675-8. doi: 10.1029/1999GL006091.
- Rangel-Ch. O. J., & Arellano-P, H. 2004. "Clima del Chocó biogeográfico/Costa pacífica de Colombia". Colombia Diversidad Biótica. IV. Instituto de Ciencias Naturales-Ocnservación Internacional, Bogotá, 39-82. https://issuu.com/diversidadbiotica/docs/dbivcap3._clima.
- Rivas Cobo, Carlos Alfredo. 2022. "Teledetección y sistemas de información geográficos aplicados al seguimiento de procesos de deforestación en bosques secos de Ecuador". Tesis doctoral, Universidad de Córdoba. <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/22340/2022000002374.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Roy, B. A., Zorrilla, M., Endara, L., Thomas, D. C., Vandegrift, R., Rubenstein, J. M., Policha, T., Ríos-Touma, B., & Read, M. 2018. "New mining concessions could severely decrease biodiversity and ecosystem services in Ecuador". *Tropical Conservation Science*, 11 (2): 1-20. doi: 10.1177/1940082918780427.
- Sanchez-Cuervo, A. M., Aide, T. M., Clark, M. L., & Etter A. 2012. "Land Cover Change in Colombia: Surprising Forest Recovery Trends between 2001 and 2010". *PLoS ONE* 7 (8): e43943. doi: 10.1371/journal.pone.0043943.
- Sanchez-Cuervo, A. M., & Aide, T. M. 2013. "Identifying hotspots of deforestation and reforestation in Colombia (2001–2010): implications for protected areas". *Ecosphere* 4 (11): 1-21. <http://dx.doi.org/10.1890/ES13-00207.1>.
- Sánchez, E., Guerra, A. H., Suárez, C., & Walschburger, T. 2008. "Escenario natural, social y cultural del Complejo Ecorregional Chocó-Darién (CECD)". Análisis Ecorregional para la Construcción de un Plan de Conservación de la Biodiversidad en el Complejo Ecorregional Chocó-Darién, 17-86. https://www.researchgate.net/publication/266140833_Escenario_natural_social_y_cultural_del_Complejo_Ecorregional_Choco-Darien_CECD/link/5426b4610cf238c6ea7a7384/download.
- Sánchez-Saavedra, K. 2022. "Migración transfronteriza indígena en Darién, Panamá". *ECA: Estudios Centroamericanos*, 62 (699-700): 63–87. <https://doi.org/10.51378/eca.v62i699-700.5049>.
- Sánchez-Nivicela, M. & Montenegro-Pazmiño, E. 2022. "Plan Inversión para la Conservación de Aves Residentes y Migratorias del Chocó-Andes Noroccidental

- Ecuatoriano”. Quito: BirdLife International / Aves y Conservación / Fundación Jocotoco. <https://www.birdlife.org/wp-content/uploads/2023/07/Plan-de-Inversion-para-la-conservacion-de-aves-residentes-y-migratorias-del-Choco-Andes-noroccidental-ecuatoriano.pdf>.
- Severiche, H. A., Casallas-Méndez, O., Granados-Pérez, M. I., Herrera-Rojas, N., & Perea-Parra, C. “La cara de la migración de la que nadie está hablando: los impactos de la migración de tránsito en las regiones desgobernadas de Urabá y el Darién”. *Cancillería Gov Col*. https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/FOTOS2020/2019_h_angulo_e_t_al_migracion_de_transito_en_uraba_y_darien.pdf.
- Sierra, Rodrigo. 2013. “Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010: Y un acercamiento a los próximos 10 años”. Quito: Conservación Internacional Ecuador / Forest Trends. https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2013/03/rsierra_deforestacionecuador1950-2020_180313-pdf.pdf.
- Singh, M., & Yan, S. 2021. “Spatial–temporal variations in deforestation hotspots in Sumatra and Kalimantan from 2001–2018”. *Ecology and Evolution* 11 (12): 7302-14. doi: 10.1002/ece3.7562.
- Skøien, J.O., Schulz, M., Dubois, G., Fisher, I., Balman, M., May, I., & Tuama, É. 2012. “A Model Web approach to modelling climate change in biomes of Important Bird Areas”. *Ecological Informatics* 14: 38-43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2012.12.003>.
- Stotz, D. F. (1996). *Neotropical birds: ecology and conservation*. University of Chicago Press.
- Vergara-Asenjo, G., & Potvin, C. 2014. “Forest protection and tenure status: The key role of indigenous peoples and protected areas in Panama”. *Global Environmental Change* 28: 205-15. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha2014.07.002>.
- Tadono, T., Ishida, H., Oda, F., Naito, S., Minakawa, K., Iwamoto, H. 2014. “Precise Global DEM Generation by ALOS PRISM”. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* II–4: 71-6. doi:10.5194/isprsannals-II-4-71-2014.
- Taylor, R., Dudley, N., Stolton, S., & Shapiro, A. 2015. “Deforestation fronts: 11 places where most forest loss is projected between 2010 and 2030”. *In Proceedings of the XIV World Forestry Congress, Durban, South Africa* 7-11.

- Torres, B., Fischer, R., Vargas J.C., & Günter. S. 2020. “Deforestación en paisajes forestales tropicales del Ecuador: bases científicas para perspectivas políticas”. Puyo: Universidad Estatal Amazónica / Instituto Johann Heinrich von Thünen. http://inabio.biodiversidad.gob.ec/wp-content/uploads/2021/01/LAFORET_WEB.pdf.
- Tropek, R., Sedláček, O., Beck, J., Keil, P., Musilová, Z., Šímová, I. and Storch, D. 2014. “Comment on ‘High-resolution global maps of 21st-century forest cover change’”. *Science* 344 (6187): 981. doi: 10.1126/science.1248753.
- Wassenaar, T., Gerber, P., Verburg, P. H., Rosales, M., Ibrahim, M., & Steinfeld, H. 2007. “Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest”. *Global Environmental Change* 17 (1): 86-104. doi: 10.1016/j.gloenvcha2006.03.007.
- WWF. 2015. “Chapter 5: Saving Forests at Risk. Living Forest Report”. *Fondo Mundial para la Naturaleza*. https://files.worldwildlife.org/wwfmsprod/files/Publication/file/5k667rhjnw_Report.pdf?_ga=2.166329854.195564459.1694651730-1468776553.1694651729.