

Diagnóstico del bosque Húmedo Tropical de la República Bolivariana de Venezuela

Diagnostic of the Tropical Rainforests (TR) of Venezuela

Leonardo Lugo^{*,}, Carlos Pacheco^{**,**}, Omar Carrero^{**}, Maryam Sánchez^{**}
y Dimas Hernández^{**}**

Recibido: 01-04-2022 / Aceptado:

Resumen

El objetivo del presente estudio fue realizar un diagnóstico para conocer el estado actual del bosque húmedo tropical (BHT) en Venezuela, de cara a desarrollar un Manual de Restauración. Para ello, primer lugar, se identificaron y definieron las ecorregiones donde se encuentra el BHT, los resultados se obtuvieron cartográficamente mediante la aplicación de criterios, fisiográficos y fitogeográficos; en segundo lugar, se determinó la línea base del BHT (año 2000), sobre la que se inició el diagnóstico; en tercer lugar, se realizó el análisis de la dinámica del BHT y localización de las áreas “hot spot” de deforestación y degradación forestal en los últimos 20 años; y, en cuarto lugar, se describieron los elementos causales que promovieron los procesos de deforestación y degradación forestal, a nivel nacional y regional, mediante un modelo causal empírico. Los resultados indican que el 38,4% del territorio venezolano está conformado por 13 ecorregiones donde se desarrollan los BHT, el estado de la cobertura de los BHT ha variado en 2% durante el período 2000-2020, perdiéndose así 710.598,6 ha, con una tasa media anual de deforestación de 0,14. Las áreas “hot spot” de deforestación y degradación forestal, al norte del Orinoco se ubican en la ecorregión S-I-7 “Depresión Lago de Maracaibo” y “S-III-9 “Llanos Occidentales”, mientras que al sur en la ecorregión O-V-4a “Escudo de Guayana (Sector Nororiental)”, y O-VI-6 “Zócalo Intrusivo Amazónico del Casiquiare”, las cuales según el índice de intensidad de deforestación aplicado, todas se clasifican como de alta a muy alta intensidad de pérdida de cobertura forestal. Por otra parte, las causas principales de la deforestación de los BHT al norte del río Orinoco es la agricultura

* Consultor de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación – Venezuela (FAOVE), CP-1060, Caracas, Venezuela.

** Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, CP-5101 Mérida, Venezuela, Leonardo.Lugo@fao.org, leolugosa@gmail.com Carlos.Pacheco@fao.org, pachecocar@gmail.com, maryam.elisa@gmail.com, dimashernandez@gmail.com.

infraestructura (20%) y la minería (17%), mientras que al sur es la minería (51%), la agricultura (28%), la expansión urbana (14%) y la infraestructura (7%); la degradación forestal tanto en el norte como en el sur del río Orinoco es causada principalmente por los incendios forestales, seguida de la tala y el uso de leña.

Palabras claves: Restauración del bosque, bosque húmedo tropical, deforestación, degradación forestal, causas de deforestación, causas de degradación forestal.

Abstract

The objective of the present study was to carry out a diagnostic to know the current state of the tropical rainforests (TR) in Venezuela, to develop a Restoration Manual. For this, first, the ecoregions where the TR of Venezuela are found were identified and defined, these results were obtained cartographically through the application of, life zone, physiographic and phytogeographic criteria; second, the baseline of the TR (year 2000) was determined, on which the diagnosis was initiated; thirdly, the analysis of the dynamics of the TR and the location of the "hot spot" areas of deforestation and forest degradation in the last 20 years was carried out; and, fourthly, the causal elements that driving the processes of deforestation and forest degradation, at the national and regional levels, were described through an empirical causal model. The results indicate that 38.4% of the Venezuelan territory is made up of 13 ecoregions where the TRs are developed, the status of the coverage of the TRs has varied by 2% during the period 2000-2020, thus losing 710,598.6 ha, with an average annual rate of deforestation of 0.14. The "hot spot" areas of deforestation and forest degradation, to the north of the Orinoco, are located in the ecoregion S-I-7 "Depression Lake of Maracaibo" and "S-III-9 "Western Plains", while to the south in the ecoregion O-V -4a "Escudo de Guayana (Northeast Sector)", and O-VI -6 "Zócalo Intrusivos Amazónico del Casiquiare", which according to the index of intensity of deforestation applied, all are classified as high to very high intensity of forest loss. forest cover. On the other hand, the main causes of deforestation of the TR north of the Orinoco River are agriculture (35%), urban growth (28%), infrastructure (20%) and mining (17%), while at the south is mining (51%), agriculture (28%), urban growth (14%) and infrastructure (7%); Forest degradation both north and south of the Orinoco River is caused primarily by forest fires, followed by logging and firewood use.

Keywords: Forest restoration, tropical rainforests, deforestation, forest degradation, causes of deforestation, causes of forest degradation.

1. Introducción

De acuerdo a las estimaciones realizadas por la Evaluaciones de recursos forestales mundiales para el año 2020 (FAO -FRA, 2020), en Venezuela, el 49,76 % del territorio está cubierto por bosques (45 605 220 ha), de las cuales el 83% (37 852 852,33 ha) se encuentra distribuida en los estados de la Región Guayana, que incluye: el estado Bolívar con una cobertura boscosa del 39%, Amazonas con 37% y Delta Amacuro el 7%. Otro aspecto importante es que, del total de la cobertura boscosa del país, el 47% (21 434 453 ha) se encuentra bajo la figura de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial.

Aunque en Venezuela se ha observado una disminución de la deforestación, al analizar el período 1990 – 2000, que alcanzó 303 850 ha/año, seguido del período 2000 – 2010, con 183 990 ha/año y en el quinquenio 2010 – 2015 que fue 182 270 ha/año (FAO - FRA 2020), estas cifras no dejan de ser significativas, porque además de la pérdida de bosques, conlleva de manera progresiva en espacio y en el tiempo a la pérdida de la capacidad productiva del ecosistema, en términos de sus funciones ecosistémicas (factores bióticos y abióticos), con un incremento de las emisiones de CO₂ y de la temperatura a nivel local, regional y global,, con el riesgo de incrementar las listas de especies en extinción, especialmente en ecosistemas con baja capacidad de resiliencia. De manera general Pacheco et al., 2011, señalan que son diversos los factores que desde épocas precolombinas han contribuido a la deforestación y degradación de estos ecosistemas, con diferencias marcadas desde el punto de vista geográfico, en cuanto a las causas principales y las causas subyacentes con respecto a su localización al norte y e al sur del río Orinoco.

Ante este escenario, es evidente la necesidad de desarrollar un programa de Restauración para el BHT en el marco de un plan estratégico Nacional, Regional y Local que permita prevenir, desacelerar y revertir la deforestación y degradación de este ecosistema en el corto, mediano y largo plazo, tanto para los fragmentos de bosque que

prevalecen al norte del río Orinoco, con mayor énfasis en los bosques del sur, especialmente por las características socio culturales (diversidad étnica e incremento de la tasa de migración), la fragilidad, y riqueza y los conflictos de uso de la tierra, constituyan las bases para este emprendimiento.

El objetivo de la restauración no es necesariamente volver el paisaje forestal (expresión acuñada en 2001; OIMT, 2005) a su estado original, sino que se trata más bien de un enfoque progresista orientado a fortalecer la resistencia del paisaje forestal y mantener abiertas las opciones para optimizar la producción de bienes y servicios forestales en el ámbito del paisaje; y puede aplicarse no sólo a los bosques primarios sino también a los bosques secundarios, tierras forestales o incluso a tierras agrícolas (OIMT, 2005).

Dependiendo del tipo de degradación, y de la inversión, la restauración forestal incluye varias estrategias como son: Rehabilitación, Reconstrucción, Recuperación y Sustitución, que van desde la restauración de las especies, pasando por la estructuras o procesos deseados en un ecosistema existente; la restauración de plantas autóctonas en tierras utilizadas para otros fines; restauración de tierras gravemente degradadas desprovistas de vegetación, hasta la forma más radical de restauración, en la que especies o procedencias con una mala adaptación a un lugar determinado e incapaces de migrar, son reemplazadas por vegetación nueva (Stanturf, Palik y Dumroese, 2014; citados en FAO, 2020).

No obstante, para establecer cualquier estrategia de restauración se debe realizar un diagnóstico que permita conocer el estado actual de los BHT de Venezuela, este diagnóstico es el objetivo principal del presente estudio, el cual se desarrolló considerando, en primer lugar, la definición de las ecorregiones dentro de las cuales se distribuye el BHT, estas unidades se obtuvieron cartográficamente mediante criterios ambientales del sistema de clasificación de las zonas de vida (Ewel et al. 1976), criterios

la tierra), de Lugo (2006), Elizalde (2008) y criterios fitogeográficos de Guevara et. al., (2017); en segundo lugar, la determinación de la línea base del BHT (año 2000), sobre la que se inició el diagnóstico, para lo cual se utilizó la data del año 2000 con información del producto planetario del bosque el "Tree Canopy Cover 2000 GFC Data" (TreeCover2000) del producto Global Forest Change (GFC) en su versión v1.8 (Hansen et al., 2013), al mismo se le determinó el umbral de cobertura del bosque para conocer con exactitud el bosque del año 2000 para Venezuela, y las ecorregiones del BHT; en tercer lugar, el análisis de la dinámica del BHT y localización de las áreas "hot spot" de deforestación y degradación forestal en los últimos 20 años. Conocidas las ecorregiones y los bosques del año 2000, se empleó el producto de pérdida del bosque del GFC (Hansen et al., 2013), el cual se interceptó con el bosque de cada ecorregión, para conocer desde el 2000 hasta el 2020 su dinámica y las áreas "hot spot" de deforestación y degradación forestal; y, en cuarto lugar, con la finalidad de describir los elementos causales que promovieron los procesos de deforestación y degradación forestal, a nivel nacional y regional, se realizó un modelo causal empírico mediante la utilización de los criterios establecidos por Geist y Lambin (2001) para los países del cinturón tropical, y de Pacheco et al., (2011)

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de estudio

El área el área de estudio del BHT se encuentra dentro de la República Bolivariana de Venezuela (RBV), la cual oficialmente posee una superficie continental de 916 445 Km², políticamente se divide en 23 Estados y el Distrito Capital, excluyendo las dos terceras partes del territorio de Guyana de acuerdo con el Tratado de Ginebra del 7 de febrero de 1966. En la figura 1, se localiza RBV, la cual fue obtenida de la cartografía oficial del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).



Figura 1. Ubicación del área de estudio. Fuente: (<http://www.igvsb.gob.ve/geoportales.html>). Fuente: Elaboración propia.

2.2. Datos

2.2.1 Cartográficos

Para este estudio se utilizó la información cartográfica físico natural y socioeconómica del Sistema de Información para la Gestión y Ordenación del Territorio (SIGOT) (SIGOT, 2021); e información físico natural y socioeconómica del Manejo de los Recursos Naturales y Ordenamiento de Tierras (MARNOT) (MARNOT, 2007), generadas por el Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar (IGVSB).

Asimismo, los mapas de Provincias Fisiográficas de Elizalde (2008); las Unidades del Paisaje de Huber y Oliveira-Miranda (2010); el Modelo Digital de Elevación (DEM) de 90 m SRTM

(<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>) proporcionado por Rodríguez et al., (2005); las variables bioclimáticas de precipitación y temperatura del WorldClim (Fick y Hijmans, 2017); el mapa de biomasa aérea proporcionado por Avitabile et al., (2016); el mapa de altura del dosel forestal proporcionado por Potapov et al., (2021); y los datos del Global Forest Change (GFC) , de los cuales se utilizaron el Tree Canopy Cover 2000 (TreeCover2000), y las pérdidas netas y anuales desde 2001 hasta el 2020 (Hansen et al., 2013), estos se obtuvieron de la plataforma Google Earth Engine (Gorelick, et al., 2017) (<https://earthengine.google.com/>).

2.2.2 Descriptivos

Se utilizaron datos e información de publicaciones científicas en libros, capítulos de libros, tesis, artículos científicos, mapas, datos estadísticos oficiales de la FAO y del Minec, y reportes, así como información procedente de internet. Se obtuvieron aportes a través de entrevistas telefónicas y correo electrónico con los profesionales de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales (FCFA) de la Universidad de Los Andes y funcionarios del Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo (Minec), virtualmente, se utilizó el buscador de Google empleando palabras claves, a través de las páginas oficiales, Minec, IGVSB, FAO, IPCC, Universidades y Centros de Investigaciones; y a través de las redes sociales como Facebook y ResearchGate.

2.3. Definición de las unidades de análisis del BHT

Para definir las unidades de análisis del BHT se realizó, la determinación de los ecosistemas potenciales del BHT, esta se llevó a cabo cartográficamente mediante dos criterios ambientales, el primero, considerando la precipitación como elemento diferenciador, específicamente la cota de 1600 mm; y segundo, considerando la altitud, de 0 m hasta la cuota 800 msnm (Anexo 1).

Posteriormente, se definieron las ecorregiones del BHT

manera jerárquica los aspectos relacionados con el clima, geología, geomorfología, suelos, vegetación, flora, fauna y uso de la tierra; y mediante un geoproceso se interceptó el mapa de la zona de vida del BHT (ecosistemas potenciales) con los mapas de macrorregiones de Elizalde (2008), de provincias fitogeográficas de Guevara (2017) y de regiones fisiográficas o grandes paisajes de Elizalde (2008) (Figura 2).

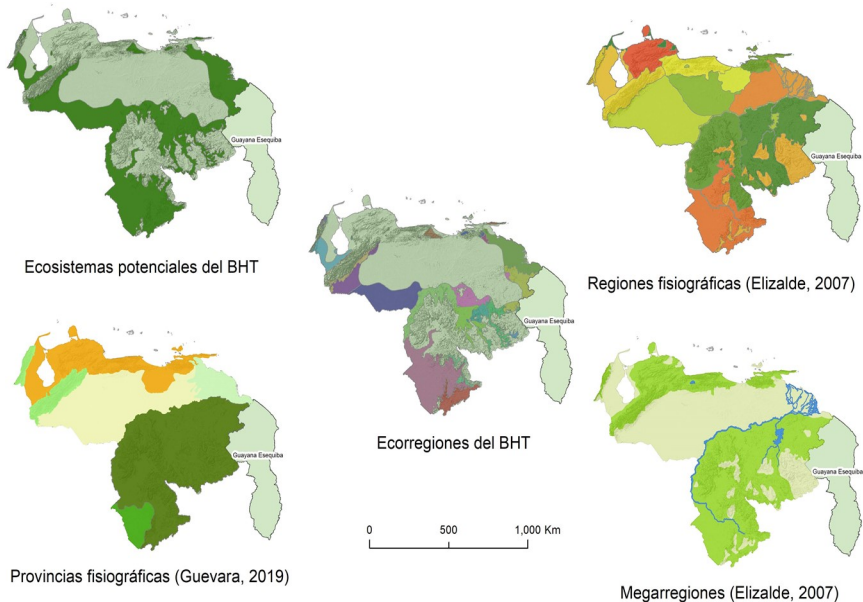


Figura 2. Definición de las ecorregiones del BHT para Venezuela.

2.4. Determinación de la línea base del BHT (año 2000)

Uno de los elementos claves a considerar en el diagnóstico del BHT fue la definición de la línea base sobre la cual se inició, el presente estudio, para ello se implementó el año 2000, en consonancia con el producto Global Forest Change (GFC) en su versión v1.8, que posee un mapa ráster del año 2000 llamado "Tree Canopy Cover 2000 GFC Data" (TreeCover2000) , el cual se procesó de la

te manera:

2.4.1. Descarga del GFC

La versión V1.8 del GFC se encuentra disponible en la plataforma Google Earth Engine (GEE), para tener acceso a la misma, se desarrolló un código Java en la plataforma ++ de GEE, que permitió extraer la porción de Venezuela mediante los polígonos simplificados de límites internacionales a gran escala (LSIB, 2017), generada por la Oficina de Geógrafos de los Estados Unidos.

2.4.2. Producto TreeCover2000 del GFC

Este producto representa la cobertura arbórea del año 2000 con una resolución espacial de los datos es de 0,00025 grados, lo que equivale a 30 m en la región del Ecuador. Estos datos se generaron utilizando imágenes satelitales multiespectrales del sensor mapeador temático mejorado Landsat 7 plus (ETM +) (Hansen et al. 2013; GFC, 2021). Las observaciones sin nubes de más de 600.000 imágenes se analizaron utilizando el GEE para determinar la cobertura del árbol por píxel utilizando un algoritmo de aprendizaje automático supervisado (enfoque de árbol de regresión) (Hansen et al. 2013; GFC, 2021).

El resultado Tree Cover 2000 es un mapa que representa el porcentaje de toda la vegetación de más de 5 m de altura, no necesariamente bosque natural, con valores que van desde el 0% (sin vegetación) al 100% (cobertura total) (Hansen et al. 2013). Estos datos requieren que el usuario elija un valor de umbral porcentual para determinar si un píxel se considera bosque (es decir, un valor de cobertura igual o mayor que el umbral).

2.4.3. Elección del umbral

Se han elegido empíricamente varios umbrales en la literatura para definir la cobertura forestal con los datos de Tree Cover 2000. Por ejemplo: Grecchi et al., (2017), Taubert et al., (2018), Brinck et al., (2017) y Esquivel-Muelbert et al., (2019) utilizaron el 30%; Shimabukuro et al., (2017) el 50%; Wagner et al., (2017) y

Para la determinación de las áreas “hot spot” de deforestación y degradación forestal, se pudo haber empleado cualquiera de estos umbrales, sin embargo, los resultados hubiesen tenido incertidumbres que no se hubiesen conocido. Es por ello, que antes de iniciar la determinación de las áreas “hot spot” propiamente dicha se planteó generar un umbral para definir los bosques de Venezuela del año base 2000, para esto se consideró, como punto de partida la definición de bosque basada en la actual Ley de Bosques de Venezuela, que especifica que, para ser considerado un bosque, cualquier área dada debe tener un área mínima de 0.5 ha (RBV, 2013), adicionalmente se tomó lo establecido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) sobre la cobertura de dosel de árboles de al menos 30 % y una altura mínima de 5 m (UNFCCC, 2011).

Una vez establecida la definición de bosque se procedió a calcular las proporciones de cobertura forestal a partir del mapa de Tree Canopy Cover 2000, para lo cual se utilizaron los siguientes umbrales: (1) superior al 30%; (2) más del 40%; (3) más del 50%; (4) más del 60%; (5) más del 70%; (6) más del 80%; (7) más del 85%; y (8) superior al 90%. Cualquier píxel que excediera estos umbrales se consideró bosque. La selección de estos umbrales se basó en pruebas preliminares y los estudios previos de la literatura, que representan una amplia gama de umbrales. De ahora en adelante, nos referiremos a estos umbrales como 10%, 30%, etc.

2.4.4. Validación de los umbrales

Con el objetivo de seleccionar estadísticamente cuál de los umbrales representa mejor la realidad de los bosques del país, se requirió de un proceso de evaluación que permitió comparar el resultado de los diferentes umbrales con una fuente externa, que se considere fiel representante de la realidad del terreno. Como lógicamente no es posible tener esa información para todos los bosques del país el proceso de evaluación requirió aplicar técnicas de muestreos, que permitió estimar, con mayor precisión y el

posible, el error que contiene el resultado de cada umbral (Chuvieco, 2016; Congalton y Green, 2009 , Olofsson et al., 2014).

Para este caso se diseñó un muestreo sistemático en la intercepción de cada grado, en este se generó un cuadrado de 20 km por lado, para obtener un total de 79 muestras de verdad-terreno en todo el país (Congalton, 1988), en cada una de estas muestras de verdad-terreno se realizó una interpretación visual en pantalla de bosque y de no bosque. Esta interpretación se generó sobre el mismo compuesto anual libre de nubes y sombra de nubes que se utilizó para generar el producto TreeCover2000, obtenido de las imágenes Landsat 7 del año 2000 y descargado junto con el producto GFC a través de la plataforma del GEE. En la figura 3, se representa el muestreo y la interpretación sobre cada unidad de muestreo de verdad-terreno, en el compuesto anual.

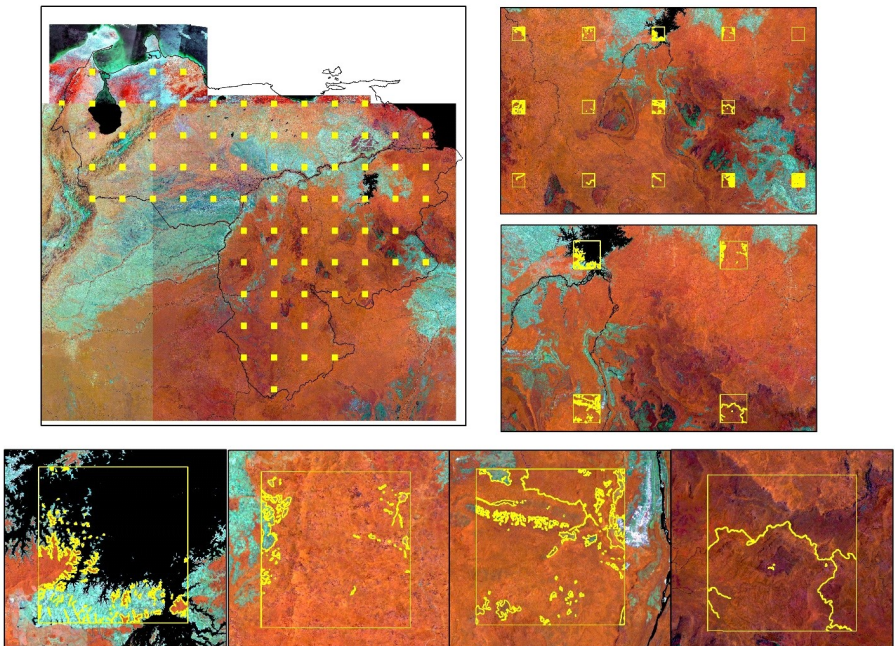


Figura 3. Muestras de verdad-terreno de 20 km de lado, interpretadas del compuesto anual de Landsat 7 del año 2000. Fuente: elaboración propia.

El diseño de 79 muestras sistemática se aplicó para obtener las proporciones de bosque en cada umbral definido, estas se compararon con las proporciones de las muestras de verdad terreno mediante una regresión lineal, sugerida por Shimabukuro et al. (2015) y Pacheco et al., (2013). Este método es un enfoque sólido y sencillo para validar la cartografía por teledetección. El coeficiente de determinación (R^2) se utilizó para la comparar entre las diversas ecuaciones de regresión para determinar el mejor umbral a utilizar. El valor ideal para R^2 fue 1, y 0 para la intersección.

De igual manera, se construyó una matriz de confusión que se utilizó para tabular las diferencias en la clasificación entre los mapas y las muestras de verdad-terreno. Como lo sugiere Olofsson et al. (2014), se determinó un error de matriz ponderado utilizando la proporción del área de cada clase muestreada sobre el área total de cada clase.

2.5. Dinámica del BHT y localización de las áreas “hot spot” de deforestación y degradación forestal en los últimos 20 años.

A nivel de las ecorregiones, donde se distribuye el BHT, se procedió estudiar su dinámica y a localizar las áreas “hot spot” de deforestación y degradación forestal. Para ello, simultáneamente a la descarga de los datos de TreeCover2000 y de los compuestos anuales de Landsat 7, en GEE se descargaron los datos de pérdida neta y anual desde el 2001 hasta 2020, estos se interceptaron con el mapa del bosque de la línea base (año 2000) obtenido del mejor umbral, para definir, la dinámica del BHT y la localización de las áreas “hot spot” de deforestación y degradación forestal. Esto permitió determinar entre el 2000 y 2020 los mapas anuales de cobertura del BHT y sus superficies, así como las pérdidas de bosque y la tasa de deforestación desde el 2001 hasta el 2020, para todo el ecosistema potencial del BHT de Venezuela y para

2.6. Elementos causales de deforestación y la degradación del bosque

Una vez conocida la dinámica del BHT y las áreas “hot spot” de deforestación y degradación forestal en cada unidad de análisis del BHT, se procedió a definir en los BHT a nivel nacional y regional un modelo causal de la deforestación y degradación del bosque, lo cual permitió analizar las actividades humanas que impulsan directamente estos procesos.

Para la deforestación se consideraron los criterios establecidos por Geist y Lambin (2001) para los países del cinturón tropical, y de Pacheco et al., (2011) para Venezuela, los cuales se refieren a la expansión agrícola, la extensión de infraestructuras, la explotación maderera, la explotación minera y la presencia de conflictos sociales; mientras que, para la degradación forestal, se utilizaron los criterios establecidos por Hosonuma et al., (2012) y Pacheco et al., (2021), para los países del cinturón tropical, los cuales se refieren al aprovechamiento forestal selectivo, los incendios forestales y el aprovechamiento de leña.

Tanto las causas de la deforestación como de la degradación forestal fueron identificadas en la revisión bibliográfica, posteriormente se analizaron y cuantificaron conforme a la frecuencia de su aparición en las distintas unidades del paisaje analizadas y para los últimos 20 años definidos en el estudio. Estas frecuencias, fueron expresadas porcentualmente de acuerdo a con su presencia sobre el total de veces que se observó. Esto permitió realizar un análisis individual para cada causa, para determinar de acuerdo a con su porcentaje, la influencia en los procesos de deforestación y de degradación forestal (Pacheco et al., 2011).

3. Resultados y análisis

3.1. Ecorregiones del BHT

Los resultados indican que el 38,1% (34.951.648 ha) del territorio nacional esta conformados por 13 ecorregiones, donde se distribuye el BHT. De esta superficie, el 63,3% (22.139.209 ha) de

ecorregiones se localizan al sur del Orinoco, representada en 5 ecorregiones de las cuales el “Zócalo Intrusivo Amazónico del Casiquiare” (O-VI-6) tiene 10.800.425 ha, que representa el 30,9%, seguida de la unidad O-V-4b “Escudo de Guayana (Sector Noroccidental)” (4.196.187 ha) que representa el 12,01%, la ecorregión O-V-5 “Zócalo Intrusivo Amazónico” (2.654.148 ha) que representa el 7,59%, en cuarto lugar, se encuentra la ecorregión “Roraima” (S-V-13) que ocupa una superficie de 2.478.573 ha (7,09%) y en quinto lugar, la unidad O-V-4a “Escudo de Guayana (Sector Nororiental)” (2.009.876 ha) que representa el 5,75% (Cuadro 1 y Figura 6).

Mientras que el 36,7% restante, es decir 12.812.439 ha de la superficie de las ecorregiones se localizan al norte del Orinoco, distribuida en 11 de las unidades de paisaje identificadas, siendo las más representativas, la ecorregión S-III-10 correspondiente a los “Llanos Apure Meridional”, que representa el 13,43%, seguida de la S-IV-12 “Planicie Deltaica” ubicada en los estados Delta Amacuro, Monagas y Sucre (3.434.019 ha) que representa el 9,8%, y la unidad S-III-9 “Llanos Occidentales” (1.830.114 ha) que representa el 5,2% (Cuadro 1 y Figura 4).

Cuadro 1. Superficies de las unidades del paisaje del BHT

	Ecorregión	Orientación respecto al río Orinoco	Superficie	
			(ha)	(%)
1	O-II-1 ^a	N	123.326	0,35
2	O-II-1b	N	118.031	0,34
3	O-II-1c	N	674.355	1,93
4	O-I-2	N	6.207	0,02
5	O-I-3	N	6.890	0,02
6	O-V-4 ^a	S	2.009.876	5,75
7	O-V-4b	S	4.196.187	12,01
8	O-V-5	S	2.654.148	7,59
9	O-VI-6	S	10.800.425	30,90
10	S-I-7	N	1.473.476	4,22
11	S-I-8	N	330.286	0,94
12	S-III-9	N	1.830.114	5,24
13	S-III-10	N	4.695.034	13,43
14	S-III-11	N	120.701	0,35
15	S-IV-12	N	3.434.019	9,83
16	S-V-13	S	2.478.573	7,09
	Total		34.951.648	100

*Representación parcial respecto al total de las ecorregiones donde se distribuye el BHT. Fuente: elaboración propia.

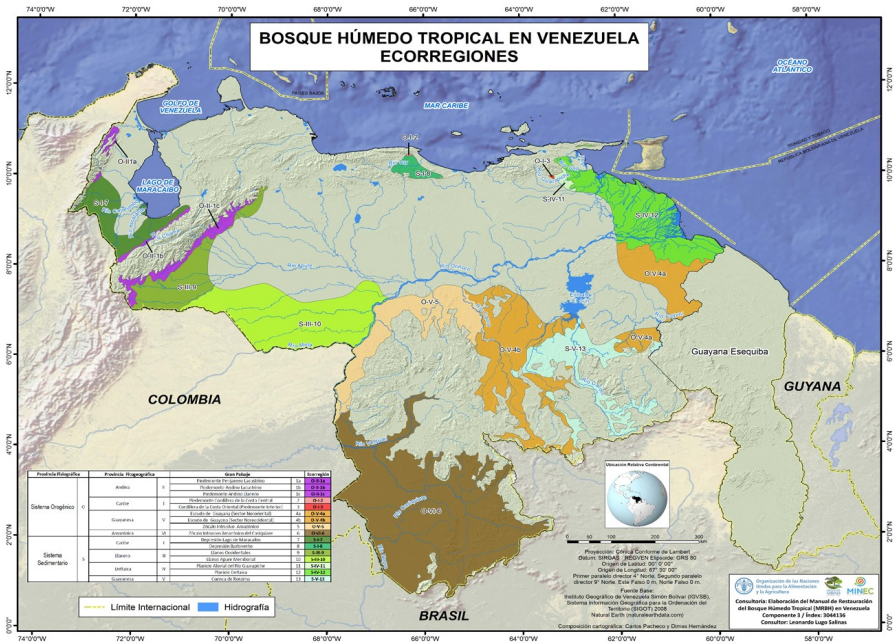


Figura 4. Ecorregiones del bosque húmedo tropical de Venezuela. Fuente: elaboración propia.

3.2. Línea base del BHT (año 2000)

Se estableció como línea base para el diagnóstico del BHT en Venezuela el año 2000, utilizando como punto de partida el producto cartográfico TreeCover2000 del GFC (Hansen et al., 2013). Según este producto Venezuela poseía para el año 2000 el 74,52% (68.293.500 ha) de vegetación (Anexo 2), esta cobertura no representa la superficie de los bosques del país para ese año debido a que se encuentra sobreestimada, razón por la cual se realizó un ajuste acorde con la realidad del país mediante la definición de un umbral.

La diferencia de los umbrales utilizados para definir el BHT del país, se puede apreciar visualmente en la figura 5, a modo de ejemplo, en esta se detalla la reserva forestal de Caparo ubicada específicamente en un sector de la ecorregión S-III-9 “Llanos

Occidentales”, donde se observan mayor cantidad de bosque en los mapas con los umbrales más bajo, tal es el caso de los de 30%, 40% y 50%, estas sobreestimaciones de los bosques se localizan específicamente en las áreas de sabanas, mientras que la menor cantidad de bosque se observan en aquellos umbrales mayores, tal es el caso del 90%.

Tree Canopy Cover 2000 GFC Venezuela

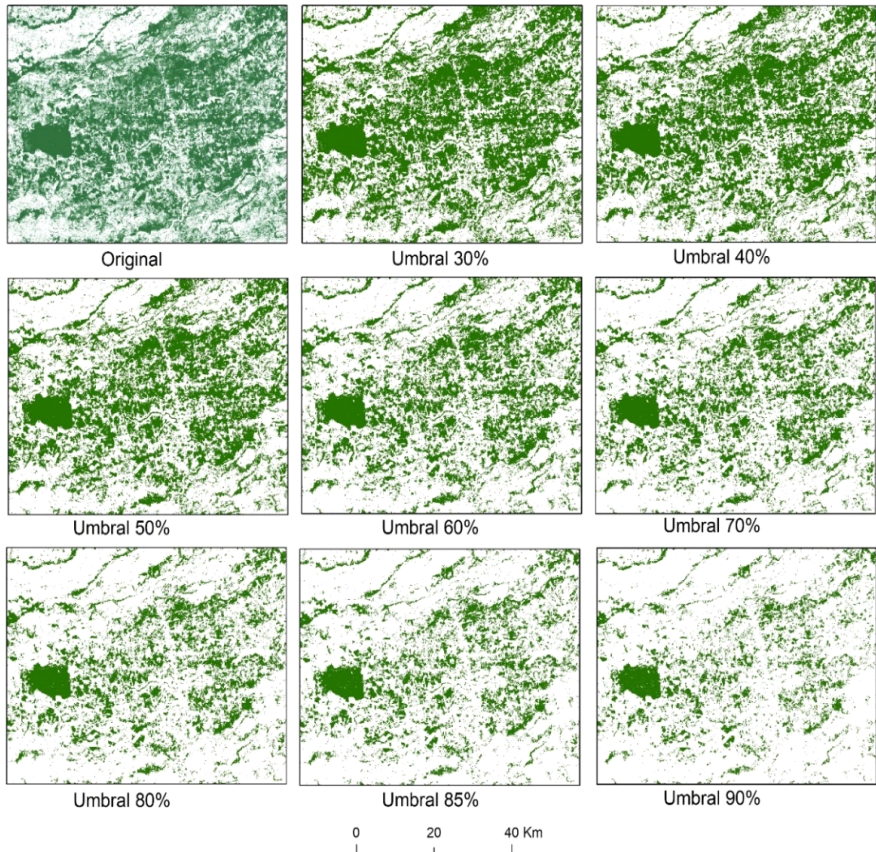


Figura 5. Bosques con diferentes umbrales de la Reserva Forestal Caparo ecorregión S-III-9 “Llanos Occidentales. Fuente: elaboración propia.

Como se esperaba, numéricamente el mapa del umbral del 30% indicó la cobertura forestal más grande el 62,1% y el mapa del umbral del 90% indicó la cobertura forestal más pequeña, aproximadamente el 48,7% del país (916.445 Km²) (Cuadro2).

Cuadro2. Superficies de las unidades del paisaje del bosque húmedo tropical de Venezuela.

Umbral (%)	Bosque	
	Km ²	%
30	569.030	62.1
40	557.926	60.9
50	540.591	59.0
60	521.256	56.9
70	507.090	55.3
80	485.344	53.0
85	475.246	51.9
90	446.190	48.7

Al analizar las regresiones, todos los mapas de los diferentes umbrales mostraron una dispersión uniforme de puntos alrededor de la línea de regresión, este resultado va en concordancia con los coeficientes de determinación R², donde las diferencias son ligeras entre ellos, con un valor de 0,8728 para el umbral de 30% hasta 0,8035 para el umbral de 90% (Anexo 3).

En relación a los errores de comisión y omisión, los resultados reflejaron que la tendencia es inversamente proporcional, es decir, a medida que los errores de comisión se incrementan con el aumento de los umbrales, los errores de omisión disminuyen con el aumento de los umbrales, tal y como detalla en el anexo 4.

Mientras que las precisiones globales de los mapas, indican que estuvieron por encima de 80%, teniendo una diferencia ligera entre ellos, menor al 2% para mayoría de los umbrales, a excepción del

umbral 90% que la diferencia en relación al valor más bajo fue superior al 4% (Figura 6).

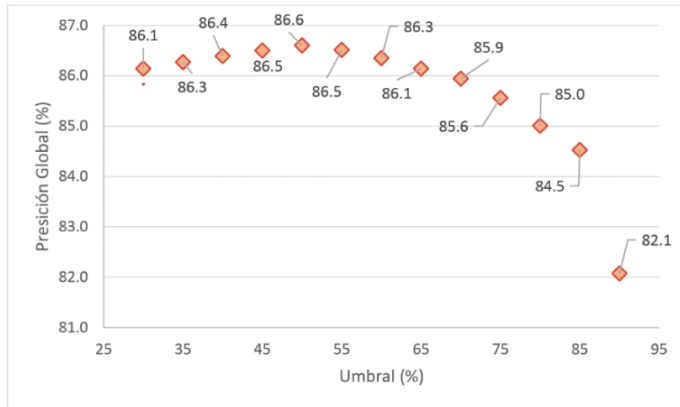


Figura 6. Precisiones globales en los diferentes umbrales. Fuente: elaboración propia.

Como se observa en las diferentes pruebas y análisis realizados para definir el umbral más adecuado del producto TreeCover2000 para Venezuela, se puede comentar que los umbrales menores a 50% no son indicados ya que se confunden con las sabanas, asimismo, el umbral de 90% además de subestimar las coberturas de bosque, su precisión global estuvo por debajo del resto. Por descarte, quedarían los umbrales 60%, 70%, 80% y 85%, para ser considerados, no obstante, para definir el más adecuado, se realizó un último análisis, que fue la comparación porcentual que representan a nivel nacional estos umbrales con los reportados en la última evaluación de los recursos forestales de la FAO, esta indica que la cobertura de bosque para el país en el año 2000 fue del 53,6% (Cuadro 3), siendo la del umbral 80% la más cercana a esta con 53%, razón por la cual se seleccionó para realizar el diagnóstico del BHT el umbral 80%.

Cuadro 3. Superficies de la cobertura de bosque para Venezuela, según reporte de la FRA 2020

Bosque	FRA 2020	
	km2	%
1990	520.260	56,8
2000	491.510	53,6
2010	475.050	51,8
2015	466.830	50,9
2016	465.433	50,8
2017	464.282	50,7
2018	463.378	50,6
2019	462.720	50,5
2020	462.309	50,45

Fuente: elaboración propia

3.3. Dinámica del bosque húmedo tropical y localización de las áreas “hot spot” de deforestación y degradación forestal en los últimos 20 años.

En el año 2000 el BHT en Venezuela cubría una superficie de 24.984.889 ha, representando el 52% de los bosques del país y ocupa el 71,5% de sus ecorregiones. No obstante, en los últimos 20 años el BHT descendió en 2%, lo que representa una pérdida de 710.598,6 ha como consecuencia de los cambios de usos de la tierra, la dinámica de dicha pérdida dentro de las ecorregiones se observa en la figura 7a.

La tasa de deforestación promedio anual para todo el periodo (2000-2020) fue de 0,14%; durante el período 2001-2015, varió en 0,08% entre el máximo y mínimo valor (Figura 7b). Sin embargo, se observa un incremento durante el año 2016 en el que se deforestaron 102.065 ha con una tasa de 0,42%; aunque la variación de la tasa es considerable se mantiene por debajo a lo reportado por la FAO (2010) citado por Pacheco (2011), en donde señalan que la tasa de pérdida de vegetación para Venezuela es 0,59% .

(2000-2005) y de 0,61% para el período 2005-2010.

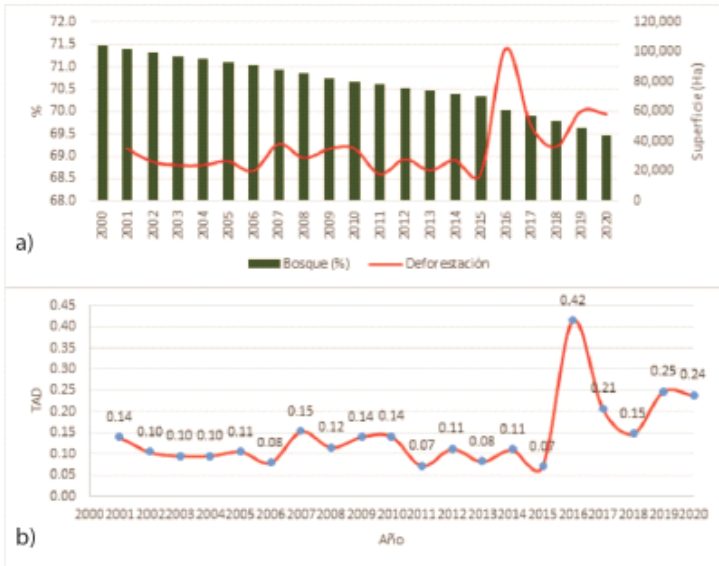


Figura 7. Cobertura del bosque húmedo tropical de Venezuela 2000-2020 y tasa de deforestación anual. Fuente: elaboración propia.

La proporción del BHT para el año 2020 que presentan las ecorregiones respecto a su superficie, oscilaron entre 97,7%, y el 6,01%. Aquellas con mayor superficie de cobertura boscosa son O-V-4a, O-V-4b, S-V-13, ubicadas al sur del Orinoco, y las O-II-1a, S-IV-12 y S-I-8 al norte, mientras que las de menor cantidad del BHT son S-III-9, O-VI-6 y S-III-10; es importante mencionar que, aunque la ecorregión S-III-10 posee una de las menores superficies de bosques con una cobertura del BHT de 6,61% para el año 2000 su porcentaje de pérdida de bosques fue el menor (0,6%) (Figura 8).

Las ecorregiones con mayor pérdida del BHT son la ecorregión O-I-3, S-III-11 y O-I-2, en donde se perdieron más del 10% de los

mismos en los últimos 20 años; mientras que como se mencionó anteriormente las unidades con menores pérdidas de vegetación, además de S-III-10, se encuentran O-VI-6 y S-IV-12 (Figura 8).

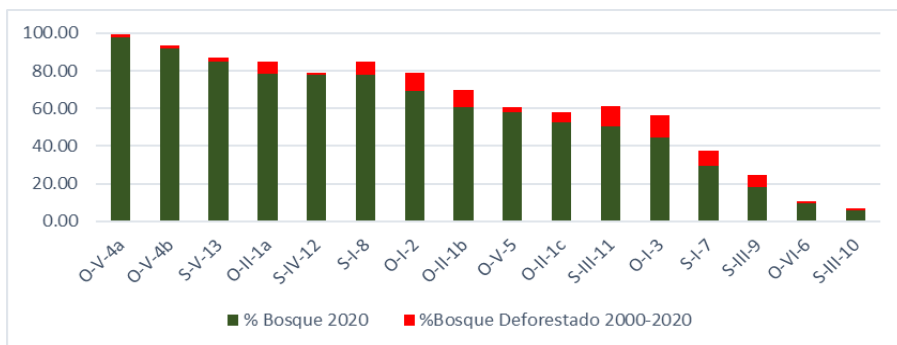


Figura 8. Cobertura del bosque húmedo tropical y porcentaje de deforestación por ecorregión. Fuente: elaboración propia.

En relación a las áreas “hot spot” de deforestación y degradación forestal se ubican en la mayoría de las unidades de análisis, tanto hacia el norte como hacia el sur del río Orinoco. En el norte, hacia el occidente se encuentran en la ecorregión S-I-7 “Depresión Lago de Maracaibo” específicamente al pie de monte de la Sierra de Perijá y en la unidad S-III-9 “Llanos Occidentales” en los límites del parque nacional el Tama (Figura 9a); y hacia el oriente parte de las ecorregiones O-I-3 “Cordillera Oriental (Piedemonte Interior)” y S-III-11 “Llanos Orientales” y la unidad S-IV-12 “Planicie Deltaica” (Figura 9b).

En el sur, al norte del estado Bolívar se encuentran, en la ecorregión O-V-4a “Escudo de Guayana (Sector Nororiental)” específicamente en la Reserva Forestal Imataca, la S-V-13 “Roraima”, y la unidad O-V-4b “Escudo de Guayana (Sector Noroccidental)” (Figura 9c); al sur del estado Amazonas en la ecorregión O-VI-6 “Zócalo Intrusivo Amazónico del Casiquiare” (Figura 9d); hacia el norte del mismo estado, en la misma ecorregión O-VI-6, más la unidad O-V-5 “Zócalo Intrusivo Amazónico” (Figura 9e).

Para tener una diferenciación de las ecorregiones en función a su cobertura de pérdida de bosque desde el 2000 hasta el 2020, en la figura 10 se presenta el mapa elaborado a través de un índice que representa la intensidad de deforestación, separado en clases de muy alta, alta, media, baja y muy baja deforestación. Este índice de intensidad se obtuvo de la estandarización de las cantidades de pérdidas de cobertura por cada 100.000 ha, lo que resultó en que las ecorregiones la S-II-9 “Llanos Occidentales” con 1,19, la S-I-7 “Depresión Lago de Maracaibo” con 1,17 y O-VI-6 “Zócalo Intrusivo Amazónico del Casiquiare” con 1,13, donde hubo mayor pérdida del bosque en los últimos 20 años.

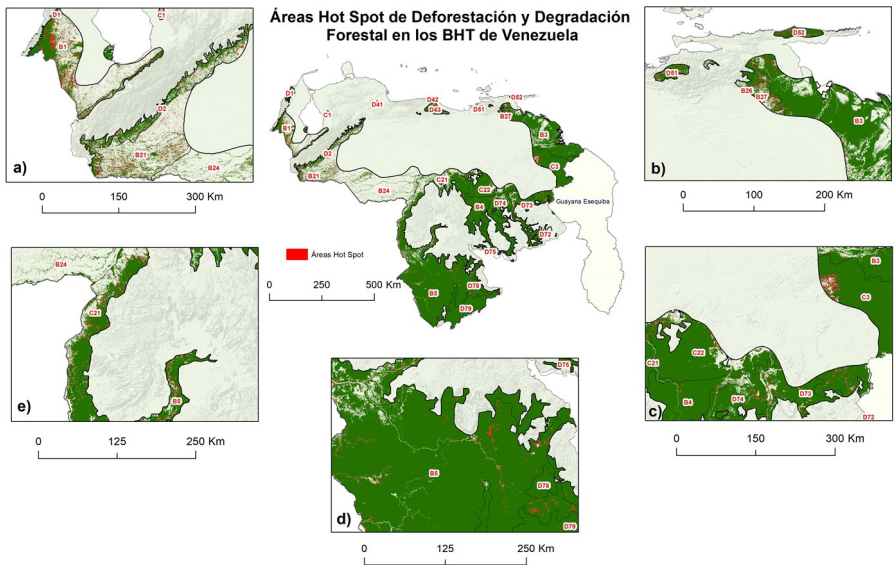


Figura 9. Áreas “hot spot” de deforestación y degradación forestal en las ecorregiones del bosque húmedo de Venezuela, entre el 2000 y 2020 .. Fuente: elaboración propia.

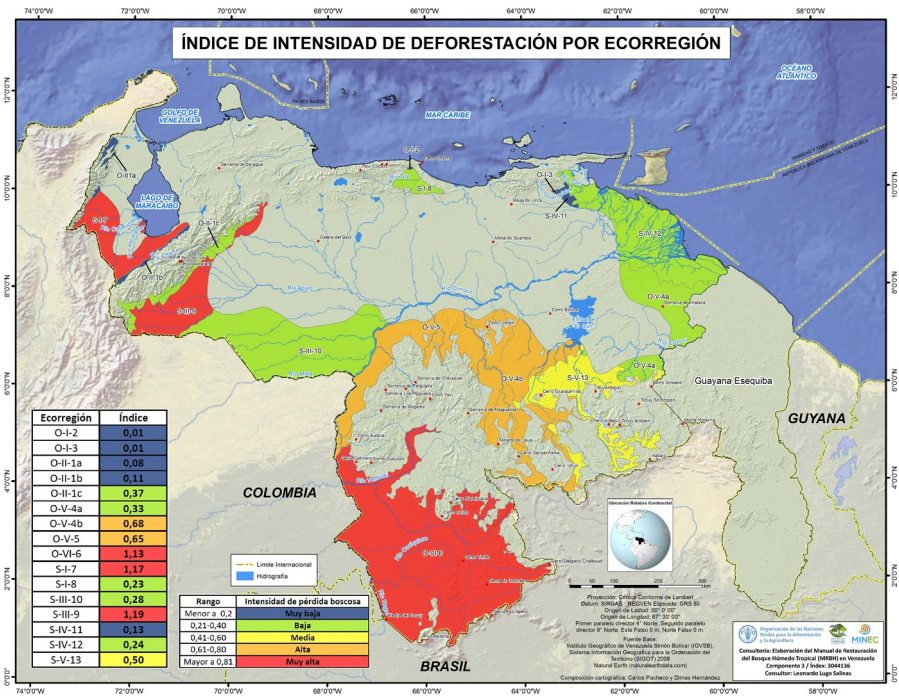


Figure 10. Índice de intensidad de deforestación en los bosques húmedos tropicales . Fuente: elaboración propia.

3.4. Elementos causales de la deforestación y degradación forestal del bosque húmedo tropical de Venezuela

Como se pudo observar los procesos de deforestación y de degradación forestal en el BHT de Venezuela varían tanto espacialmente como temporalmente en el período de tiempo evaluado, esto se debe a que los elementos principales que impulsan presentaron variaciones en los últimos 20 años. En este sentido, se presenta un análisis de dichos elementos causales en el contexto nacional y de manera discriminada, al norte y al sur del río Orinoco.

3.4.1. Causas de la deforestación y degradación forestal del BHT a nivel nacional

Según los reportes consultados y procesados, a nivel nacional, la causa principal de la deforestación del BHT es la agricultura con 33% (Figura 11a), esta actividad es realizada con fines de subsistencia y comerciales, principalmente en los estados Bolívar, Zulia, Anzoátegui, Lara, Portuguesa, Táchira y Mérida.

El segundo y tercer lugar, lo ocupan la minería y la expansión urbana, con el 25% cada una (Figura 11a).

La minería es una actividad que se desarrolla en 18 estados, debido a la gran diversidad de elementos minerales metálicos (Bauxita, Cobre, Hierro, Manganeso, Níquel, Oro, Uranio, entre otros) y no metálicos (Arcilla, Arena, Carbón, Caliza, Caolín, Cuarzo, Diamante, Grava, Feldespato, Talco, Yeso, entre otros) disponibles en el país. Al norte del río Orinoco la explotación minera se lleva a cabo los estados Zulia, Aragua y Táchira, en donde se extraen Carbón, Arenas, Yeso y Cobre; mientras que al sur son los estados Bolívar y Amazonas los que se ubican en el primer lugar en el desarrollo de la actividad, la cual está vinculada principalmente a la extracción de Oro, por parte de mineros ilegales y a través de concesiones de aprovechamiento minero a de diversas empresas.

En relación a la expansión urbana como causa directa, observamos que ésta se desarrolló de manera desorganizada a través de ocupaciones ilegales (invasiones) y de manera legal a través del desarrollo de complejos habitacionales, siendo el Distrito Capital, la entidad con mayor número de reportes, es importante destacar que muchas de las ocupaciones ilegales reportan su ocurrencia en Parques Nacionales como Waraira Repano y el Henry Pittier, en segundo lugar, de reportes con incidencia se ubica el estado Bolívar, seguido de Miranda. Mientras que, la construcción de infraestructura como causa directa se ubicó en el cuarto lugar con 17%, en la cual se destacan los estados Anzoátegui, Zulia y Sucre, los cuales están relacionados a proyectos petroleros y gasíferos, y a la instalación de acueductos, generalmente a mitad del período en evaluación (Figura 11a).

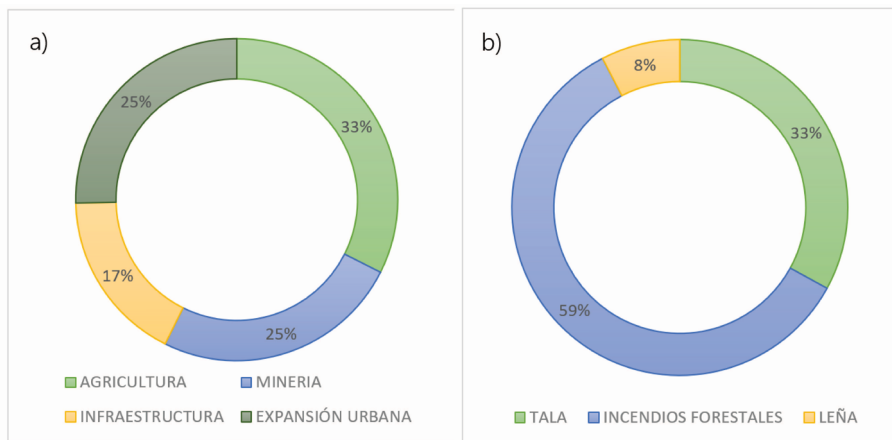


Figura 11. Causas de la deforestación (a) y degradación forestal (b) a nivel nacional. Fuente: elaboración propia.

Respecto a la degradación forestal del BHT, fueron analizados tres causas, la tala, los incendios de vegetación y la leña, ubicándose los incendios forestales en el primer lugar con 59% (Figura 11b). En los 20 años evaluados, los incendios constituyen un factor reportado de manera constante y apareciendo en las 24 entidades del país, sin embargo, los más afectados fueron Distrito Capital, Aragua, Bolívar y Miranda, siendo los Parques Nacionales los que presentan más áreas degradadas, aunque en muchas oportunidades estos se reportan como consecuencia de las actividades agrícolas, debido a la existencia arraigada de una cultura de la quema como forma de limpiar los terrenos previo a la siembra.

En segundo lugar, se encuentra el aprovechamiento forestal selectivo (denominada de aquí en adelante Tala) con 33% (Figura 11b), esta actividad es ejecutada tanto de manera legal como ilegal. De forma legal se desarrolla en diferentes reservas forestales y lotes boscosos, principalmente en el estado Bolívar, en la Reserva Forestal Imataca, mientras que de manera ilegal se reporta en los 24 estados del país. Finalmente, el aprovechamiento de madera para leña con 8% (Figura 11b), esta es una causa de degradación forestal que se reporta a partir del año 2019 en 21 estados, debido a la carencia o irregularidad en la disponibilidad de los servicios básicos de gas y electricidad como consecuencia de las medidas coercitivas

unilaterales que le fueron impuestas a nuestro país.

2.3.1. Causas de la deforestación y degradación del bosque húmedo tropical al norte del río Orinoco

Al norte del río Orinoco los resultados indican que durante el período 2000-2020 la principal causa de la deforestación en esta región fue la agricultura con 35% (Figura 12a), de los cuales el 10% se identifican con fines de subsistencia, manteniendo lo descrito por Pacheco, et al., (2011) y Hosonuma, et al., (2012). En segundo lugar, se encuentra la expansión urbana con 28% (Figura 12a), es importante destacar que el 51,2% de esta actividad son ilegales, siendo los Parques Nacionales o Monumentos naturales ubicados en los estados Aragua, Carabobo, Distrito Capital, y Lara los más afectados.

En tercer lugar, se encuentra la infraestructura con 20% (Figura 12a), temporalmente concentrada en el medio período analizado, una actividad relacionada principalmente a la expansión de carreteras, tramos de tuberías o el desarrollo de proyectos gasíferos y petroleros. Y, en cuarto lugar, la minería con 17% (Figura 12a), principalmente asociada a la extracción de minerales no metálicos, la cual tiene también una significativa incidencia en la pérdida de la cobertura vegetal.

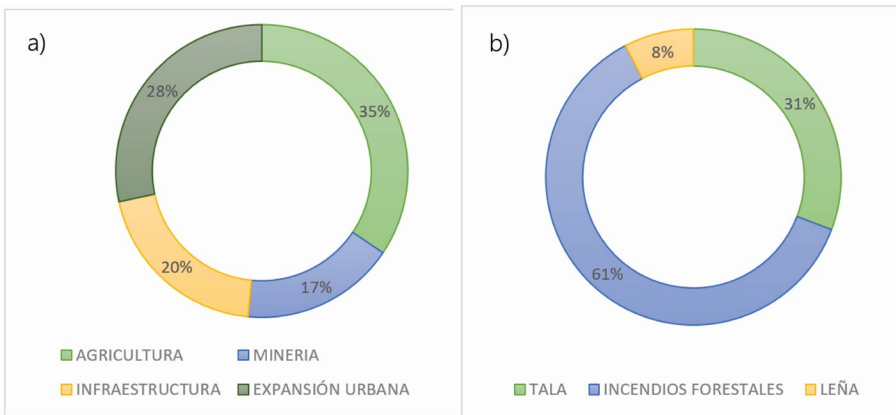


Figura 12. Causas de la deforestación (a) y degradación forestal (b) al norte del río Orinoco. Fuente: elaboración propia.

Respecto a la degradación del BHT al norte del río Orinoco, los incendios forestales son la principal causa con 61% (Figura 12b), en segundo lugar, se encuentra el aprovechamiento forestal selectivo con 31% (Tala), de esta el 83,58% se realiza de forma ilegal. Mientras que, el uso de la madera para leña con 8%, aparece a partir del 2019, en varias zonas del país, debido a la carencia o irregularidad en la disponibilidad de los servicios básicos de gas y electricidad como consecuencia de las medidas coercitivas unilaterales que le fueron impuestas a nuestro país (Figura 12b).

2.3.1. Causas de la deforestación y degradación del bosque húmedo al sur del río Orinoco

Al sur del Orinoco la tendencia de las causas de la deforestación cambia respecto a lo evaluado en el sector anterior, en este caso la actividad minera destaca con el 51% de los reportes (Figura 13a), y es que desde el año 2012 se planteó la visión del desarrollo estratégico del Arco Minero del Orinoco, el cual se empezó a ejecutar oficialmente a partir del año 2016 con el Decreto N°2.248, que establece que de los 111.843,70 Km² de esta porción del territorio serían dedicados hasta el 5% a la explotación minera mediante concesiones, contratos o asociaciones estratégicas con el estado, que permitirían el aprovechamiento de Coltán, Cuarzo, Bauxita, Hierro, Granito, Oro y Diamante; sin embargo, son pocos los reportes que asocian la pérdida de bosque con éstas modalidades, y por al contrario se enfocan en la minería ilegal que se desarrolla de manera dispersa en gran cantidad de puntos de los estados Amazonas, Bolívar y Delta Amacuro, algunos incluso en Áreas Bajo Régimen de Administración Especial.

Por otra parte, la agricultura ocupa el segundo lugar con el 28% de los reportes, parte de ellos hace referencia a que el tipo de agricultura desarrollada es de subsistencia e itinerante mediante el establecimiento de conucos principalmente por parte de las

comunidades indígenas establecidas en la zona. En tercer y cuarto lugar, se encuentra la expansión urbana y la infraestructura con 14 y 7%, respectivamente (Figura 13a).

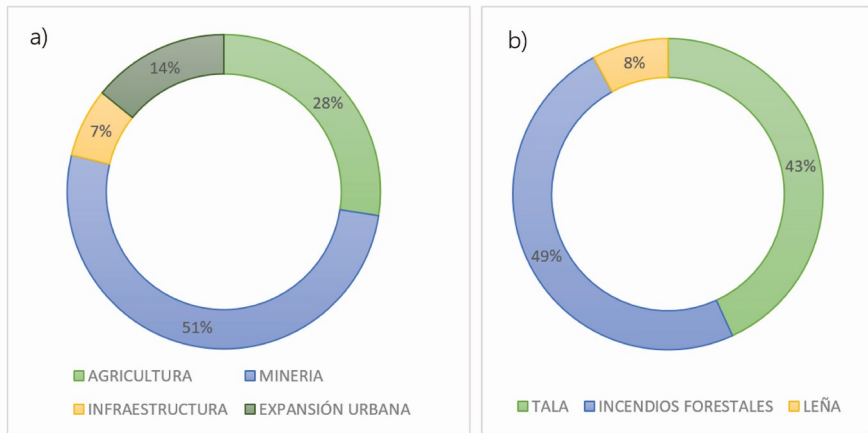


Figura 13. Causas de la deforestación (a) y degradación forestal (b) al sur del río Orinoco. Fuente: elaboración propia

Estudios desarrollados por la OTCA en la región sur del país, específicamente en los estados Amazonas y Bolívar difieren en la identificación de la principal causa, en este caso señalan a la expansión agrícola como la más relevante con el 89,9%, seguida de la explotación minera (6,3%) y 0,3% a la construcción de infraestructuras, en este sentido es importante mencionar que esta evaluación se realizó en el período 2000-2010 y consideró los cambios de uso de la tierra mediante análisis de imágenes satelitales.

Respecto a la degradación de los bosques, se mencionan cuatro causas, estando en primer lugar los incendios forestales con 49% (Figura 13b), en muchos casos originados por quemas derivadas de actividades agrícolas o cacerías, debido a la cultura de uso del fuego existente en las poblaciones establecidas en el área; le sigue con 43% la tala (Figura 13b). En este sentido, es importante mencionar que existen concesiones forestales en el estado Bolívar, específicamente

en la Reserva Forestal Imataca, donde la actividad que se desarrolla es legal, aunque parte de los reportes también enfatizan en el aprovechamiento ilegal de madera, la cual es utilizada tanto para la comercialización como para la construcción de viviendas, herramientas y leña.

4. Conclusiones

El territorio venezolano tiene una superficie potencial de 34.951.648 ha (38,4%) para el desarrollo de bosques húmedos tropicales (BHT), abarcando 13 ecorregiones y distribuidas en todo el país. Al norte del río Orinoco, estos bosques se localizan en 11 ecorregiones, el resto se encuentran ubicadas en el sur del país. El estado de la cobertura de los BHT ha variado en 2% durante el período 2000-2020, perdiéndose así 710.598,6 ha, siendo las unidades más afectadas O-I-3, S-III-11 y O-I-2, con más del 10% de bosques deforestados.

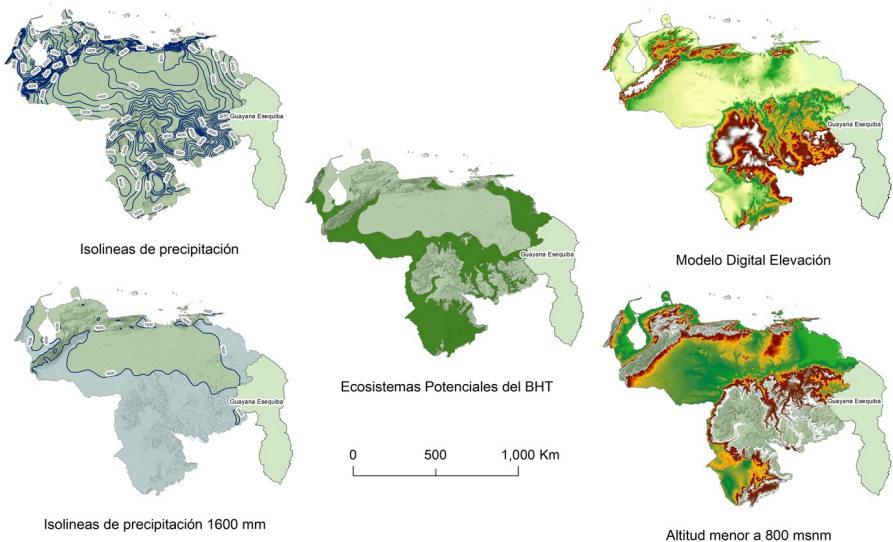
La tasa de deforestación promedio para los BHT de Venezuela según la metodología desarrollada es de 0,14 anual para los 20 años del estudio. Por otra parte, las causas de la deforestación de los BHT al norte del Orinoco son variables de acuerdo a con la ecorregión, sin embargo, de manera general es la agricultura la principal causa seguida de la expansión urbana, la infraestructura y la minería, mientras que según los reportes evaluados son los incendios forestales los causantes en mayor proporción de la degradación del bosque.

De acuerdo a los estudios analizados la principal causa de la deforestación de las ecorregiones ubicadas al sur del río Orinoco es la minería, tanto de minerales metálicos como no metálicos, con el 51% de los reportes, y mencionada con mayor frecuencia en el estado Bolívar. En segundo lugar, se ubicó la agricultura (28%), seguida de la expansión urbana (14%) y la infraestructura (7%). Mientras que, la degradación de los ecosistemas boscosos mantiene la misma tendencia de las ecorregiones del norte del río Orinoco, encontrándose en primer lugar los incendios forestales, con 49% de incidencia, seguido de la tala (43%) y la leña con 8%.

Finalmente, debemos mencionar que, aunque la revisión realizada fue exhaustiva, se recomienda continuar la investigación haciendo énfasis en los municipios en los cuales se identificaron los procesos de deforestación, debido a que por la escala de la búsqueda los resultados obtenidos pueden que subestimen o sobreestimen las causas reales de deforestación, asimismo se hace necesario realizar otras evaluaciones de los cambios de usos de la tierra en el período evaluado con la finalidad de validar esta información a nivel local.

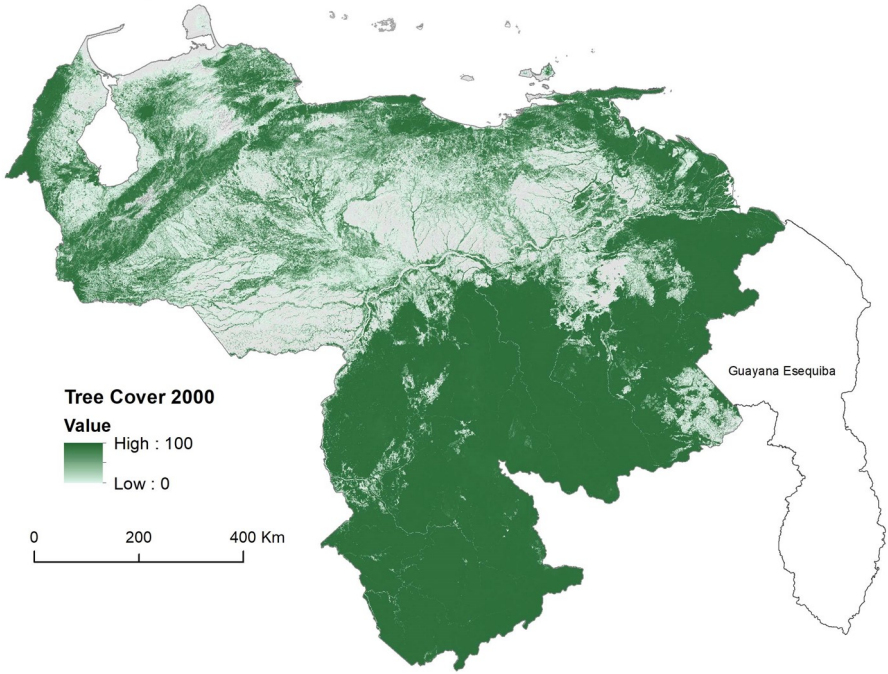
Agradecimientos: los autores quieren expresar sus agradecimientos al proyecto "Ordenación forestal sustentable y conservación de bosque en la perspectiva Ecosocial", como uno de los aportes técnico científicos realizados en función de ofrecer información y herramientas para fortalecer el manejo forestal sustentable en la Región.

Anexos

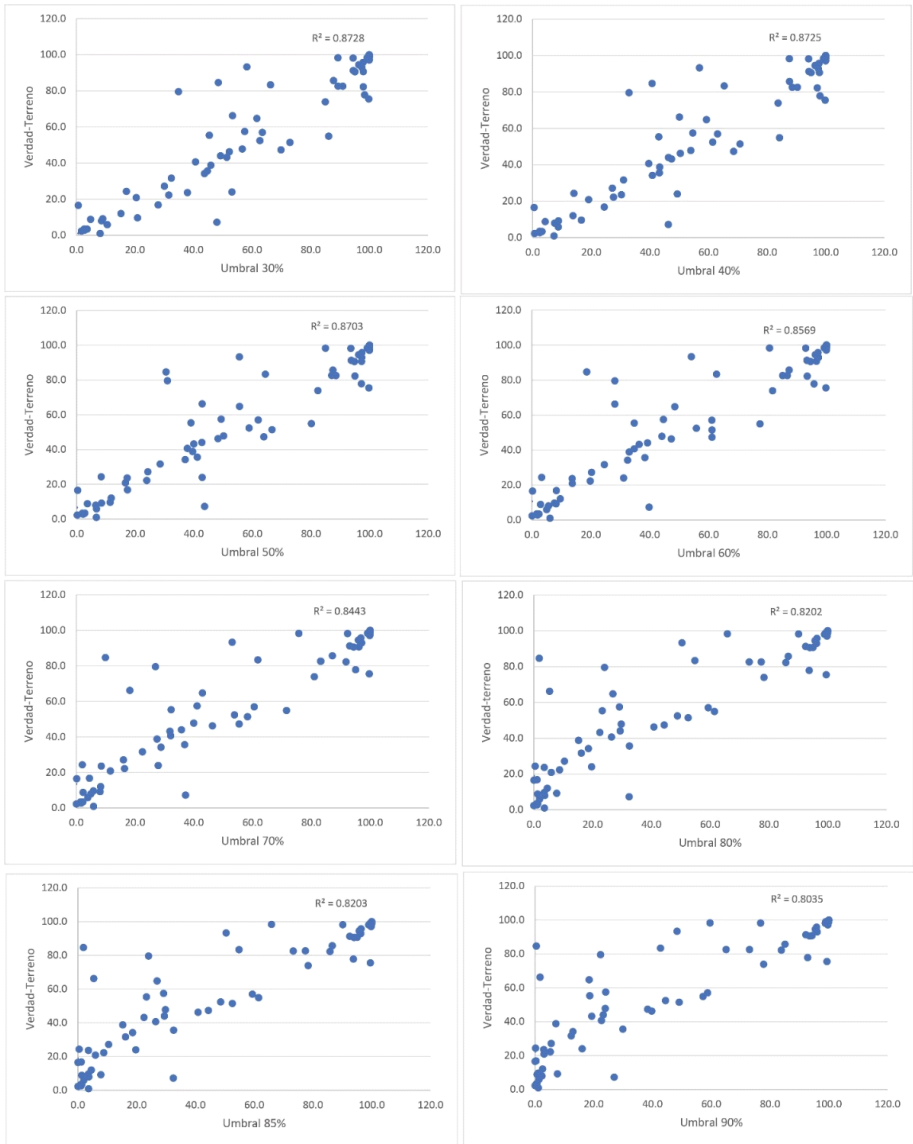


Anexo 1. Definición de los ecosistemas potenciales del BHT para Venezuela.
Fuente: elaboración propia.

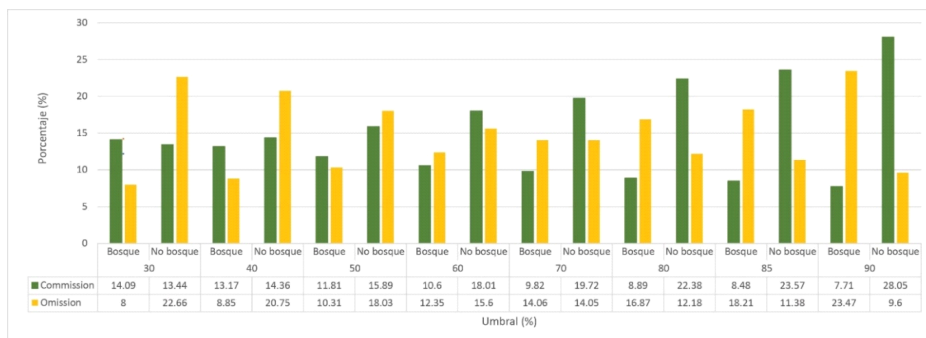
Tree Canopy Cover 2000 GFC Venezuela



Anexo 2. Cobertura de bosque de Venezuela según el TreeCover2000. Fuente: elaboración propia.



Anexo 3. Regresiones lineales en los diferentes umbrales. Fuente: elaboración propia.



Anexo 4. Errores de comisión y omisión en los diferentes umbrales. Fuente: elaboración propia.

Referencias

- Avitabile, V., Herold, M., Heuvelink, G.B.M., Lewis, S.L., Phillips, O.L., Asner, G.P., Armston, J., Ashton, P.S., Banin, L., Bayol, N., Berry, N.J., Boeckx, P., de Jong, B.H.J., DeVries, B., Girardin, C.A.J., Kearsley, E., Lindsell, J.A., Lopez-Gonzalez, G., Lucas, R., Malhi, Y., Morel, A., Mitchard, E.T.A., Nagy, L., Qie, L., Quinones, M.J., Ryan, C.M., Ferry, S.J.W., Sunderland, T., Laurin, G.V., Gatti, R.C., Valentini, R., Verbeeck, H., Wijaya, A., & Willcock, S. (2016). An integrated pan-tropical biomass map using multiple reference datasets. *Global Change Biology*, 22, 1406-1420.
- Chuvieco, E. (2016). *Fundamentals of satellite remote sensing an environmental. An Environmental Approach*. Boca Ratón, Florida: Taylor & Francis Group.
- Congalton, R. (1988). Comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54, 593-600.
- Brinck, K.; Fischer, R.; Groeneveld, J.; Lehmann, S.; Dantas De Paula, M.; Pütz, S.; Sexton, J.O.; Song, D.; Huth, A. (2017). High resolution analysis of tropical forest fragmentation and its impact on the global carbon cycle. *Nat. Commun.* 8, 14855.

- Brinck, K.; Fischer, R.; Groeneveld, J.; Lehmann, S.; Dantas De Paula, M.; Pütz, S.; Sexton, J.O.; Song, D.; Huth, A. (2017). High resolution analysis of tropical forest fragmentation and its impact on the global carbon cycle. *Nat. Commun.* 8, 14855.
- Elizalde, G., Vilorio, J. y A. Rosales. 2008. Geografía de Suelos de Venezuela. Capítulo 15. En *GeoVenezuela*, Tomo 2 Medio físico y Recursos ambientales. Fundación Empresas Polar. Caracas.
- Esquivel-Muelbert, A.; Bennett, A.C.; Sullivan, M.J.P.; Baker, J.C.A.; Gavish, Y.; Johnson, M.O.; Wang, Y.; Chambers-Ostler, A.; Lisli Giannichi, M.; Gomes, L.; et al. (2019). A Spatial and Temporal Risk Assessment of the Impacts of El Niño on the Tropical Forest Carbon Cycle: Theoretical Framework, Scenarios, and Implications. *Atmosphere*, 10, 588.
- Ewel, J., Madriz, A., & Tosi, J. 1976. Zonas de Vida de Venezuela. Memoria Explicativa sobre el Mapa Ecológico. In (p. 265). Caracas. Ediciones del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias
- FAO. 2020. Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA 2020). Informe Republica Bolivariana de Venezuela.
- Fick, S.E., & Hijmans, R.J. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37, 4302-4315.
- Gasparini, K.A., Silva Junior, C.H., Shimabukuro, Y.E., Arai, E., Aragão, L.E., Silva, C.A., and Marshall, P.L. (2019). 'Determining a Threshold to Delimit the Amazonian Forests from the Tree Canopy Cover 2000 GFC Data', *Sensors*, 19, (22)
- Geist, H., & Lambin, E. (2001). What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on sub-national case study evidence. In (p. 116). Louvain-la-Neuve, Belgium: LUCC International Project Office.
- GFC—Global Forest Change. Available online: https://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest/download_v1.6.html (acceso el 3 abril 2021).

- Gorelick, N.; Hancher, M.; Dixon, M.; Ilyushchenko, S.; Thau, D.; Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sens. Environ.* 202, 18–27.
- Grecchi, R.C.; Beuchle, R.; Shimabukuro, Y.E.; Aragão, L.E.O.C.; Arai, E.; Simonetti, D.; Achard, F. (2017). An integrated remote sensing and GIS approach for monitoring areas affected by selective logging: A case study in northern Mato Grosso, Brazilian Amazon. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 61, 70–80.
- Guevara G., J. R., Costa M., Soriano, P. y O. Carrero. 2017. Propuesta de clasificación biogeográfica para los llanos de Venezuela. *BioLlania Edición Esp.* 15:583-615
- 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.; et al. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science.* 342, 850–853.
- Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R., Brockhaus, M., Verchot, L., Angelsen, A. y Romijn, E. (2012). An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters* 7
- Huber, O. y M. Oliveira. 2010. Mapa de representación de las Formaciones Vegetales en Venezuela. En: Libro Rojo de los Ecosistemas terrestres de Venezuela, J.P. Rodríguez, F. Rojas y D. Giraldo Edit. PROVITA- Compañía Shell de Venezuela-LENOVO, Empresas Polar, IUCN, Eco Health Alliance. Caracas, Venezuela.
- LSIB. (2023). Large Scale International Boundaries (LSISB). U.S. Department of State, Office of the Geographer. Available online: (<https://geonode.state.gov/layers/catalog:geonode:LSIB>). (acceso el 3 abril 2021).
- MARNOT, (2007). Manejo de Recursos Naturales y Ordenamiento de Tierras (MARNOT). Propuesta para la implantación del sistema de información geográfica proyecto manejo de recursos naturales y ordenamiento de tierras. Estándares para la presentación de la data digital de la base cartográfica. Versión 2.0, Caracas (Venezuela). Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.

- OIMT. 2005. Restaurando el paisaje forestal. Serie Técnica OIMT N° 23.
- Olofsson, P.; Foody, G.M.; Herold, M.; Stehman, S.V.; Woodcock, C.E.; Wulder, M.A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sens. Environ.*, 148, 42–57.
- Pacheco, C. Aguado, I. y Mollicone, D. (2011). Las causas de la deforestación en Venezuela: un estudio retrospectivo. *Biollania* 10: 281-292
- Pacheco, C., Aguado, I., & Lopez, J. 2013. Comparación de los métodos utilizados en el monitoreo de la deforestación tropical, para la implementación de estrategias REDD+, caso de estudio los Llanos Occidentales Venezolanos. In INPE (Ed.), *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR* (pp. 2817-2826). Foz do Iguaçu, PR, Brasil: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE.
- Pacheco, P., Mo, K., Dudley, N., Shapiro, A., Aguilar-Amuchastegui, N., Ling, P. Y., . . . Marx, A. (2021). Deforestation fronts: Drivers and responses in a changing world: WWF, Gland, Switzerland.
- Potapov, P., Li, X., Hernandez-Serna, A., Tyukavina, A., Hansen, M.C., Kommareddy, A., Pickens, A., Turubanova, S., Tang, H., Silva, C.E., Armston, J., Dubayah, R., Blair, J.B., & Hofton, M. 2021. Mapping global forest canopy height through integration of GEDI and Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 253, 112165.
- Rodriguez, E., C.S. Morris, J.E. Belz, E.C. Chapin, J.M. Martin, W. Daffer, S. Hensley. (2005.) An assessment of the SRTM topographic products. Technical Report JPL D-31639, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, 143 pp.
- SIGOT, (2021). Sistema de Información de Gestión para la Ordenación del Territorio. (SIGOT). Capas Vectoriales escala 1:100.000. Caracas (Venezuela). Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar.
- Shimabukuro, Y.E.; Miettinen, J.; Beuchle, R.; Grecchi, R.C.; Simonetti, D.; Achard, F. (2015). Estimating Burned Area in Mato Grosso, Brazil, Using an Object-Based Classification Method on a Systematic Sample of Medium Resolution Satellite Images. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 8, 4502–4508.
- Shimabukuro, Y.E.; Arai, E.; Anderson, L.O.; de Aragão, L.E.O.eC.; Duarte, V. (2017). Mapping Degraded Forest Areas Caused By Fires During the Year 2010 in Mato Grosso State, Brazilian Legal Amazon Using Landsat 5 Tm Fraction Images. *Rev. Bras. Cartogr.* 69, 23–32.

- Taubert, F.; Fischer, R.; Groeneveld, J.; Lehmann, S.; Müller, M.S.; Rödig, E.; Wiegand, T.; Huth, A. (2018). Global patterns of tropical forest fragmentation. *Nature*, 554, 519–522.
- TERRE COVER (2000): Profe esto es un producto que se llama (TreeCover 2000) del producto Global Forest Change (GFC), no es una referencia.
- Tyukavina, A.; Hansen, M.C.; Potapov, P.V.; Stehman, S.V.; Smith-Rodriguez, K.; Okpa, C.; Aguilar, R. (2017) Types and rates of forest disturbance in Brazilian Legal Amazon, 2000–2013. *Sci. Adv.*, 3, 1–16.
- UNFCCC 2011. Decisions adopted by COP16 (“The Cancun Agreements”) on Policy approaches and positive incentives on issues relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries; and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries, UNFCCC/CP/2010/7/Add.1 Decision 16/CMP.1., 231.
- Wagner, F.H.; Hérault, B.; Rossi, V.; Hilker, T.; Maeda, E.E.; Sanchez, A.; Lyapustin, A.I.; Galvão, L.S.; Wang, Y.; Aragão, L.E.O.C. (2017). Climate drivers of the Amazon forest greening. *PLoS ONE*, 12, e0180932.

Abreviaturas, acrónimos y siglas

AGB	biomasa aérea
BHT	bosque húmedo tropical
CIFOR	Centro Internacional de Investigación Forestal
CONARE	Compañía Nacional de Reforestación
EE	Estación Experimental
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FCFA	Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
FRA	Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales
FSC	Consejo Mundial de Bosques
GFC	Global Forest Change (Cambio Forestal Global)
GORBV	Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela
IGVSB	Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar
INDEFOR	Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal
IUFRO	International Union Forest Research Organization
LGSF	Laboratorio de Genética y Semillas Forestales
LBRBV	Ley de Bosques de la República Bolivariana de Venezuela
MARNOT	Sistema de Información para la Gestión y Ordenación del Territorio
MFS	manejo forestal sustentable
MINEC	Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo
MSF	manejo de semillas forestales
MST	manejo sustentable de tierras
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OIMT	Organización Internacional de las Maderas Tropicales
RF	reserva forestal
RFI	reserva forestal Imataca
RNPSF	red nacional de proveedores de semillas forestales
SER	Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica
SIG	sistemas de información geográfica

SNSF sistema nacional de semillas forestales
ULA Universidad de Los Andes
UNFCCC Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Símbolos y unidades

%	Porcentaje
≥	Mayor que
≤	Menor que
+	Más
-	Menos
=	Igual
dap	Diámetro a la altura de pecho
cg%	Capacidad germinativa
Cm	Centímetros
cm ²	Centímetros cuadrados
Cm ³ o cc	Centímetros cúbicos
cp%	Coefficiente de pureza
cv%	Coefficiente de variación
ha	Hectárea
m ² /ha/año	Metros cuadrados/hectárea/año
m ³ /ha/año	Metros cúbicos/hectárea/año
sem/kg	Semillas por kilogramos