

## Evaluación del potencial de reducción de los gases de efecto invernadero de los certificados de servicios ambientales otorgados en el Paraguay bajo el marco de la Ley 3001

Evaluation over potential reduction of greenhouse gases regarding certificates of environmental services granted in Paraguay according to the framework of Law 3001

Montero, M<sup>1</sup> ; Muñoz-del-Campo, L<sup>2</sup> 

### RESUMEN

Como medidas para combatir el cambio climático surgen las soluciones basadas en la naturaleza, las cuales consisten en la protección y restauración de bosques debido a su particular característica de actuar como sumideros de carbono. Con el fin de proteger estos ecosistemas forestales del Paraguay, se promulga la ley 3001 que establece la valoración y retribución de los servicios ambientales. Esta Ley como objetivo la conservación, protección, recuperación y desarrollo sustentable de la diversidad biológica y recursos naturales del país a través de la valoración y retribución justa, oportuna y adecuada de los servicios ambientales. En el presente estudio se evalúan las potenciales reducciones de gases de efecto invernadero de los de los tenedores certificados por servicios ambientales en Paraguay bajo el marco de la ley 3001. Los resultados demuestran que las capturas de CO<sub>2</sub>eq por áreas certificadas representa un 10% de las emisiones de GEI del año 2017, por lo tanto, se necesitan un total aproximado de 2.578.042 - 3.338.438 hectáreas de áreas certificadas para compensar el 50% de las emisiones GEI de Paraguay. Se concluye lo importante que resulta enfocar esfuerzos en reducir las emisiones del país de una forma directa considerando sus diferentes sectores, además de implementar medidas de restauración de bosques el cual puede ser un nuevo enfoque de la ley 3001, considerando medidas sostenibles para las actividades de agricultura como la implementación de modelos: agroforestales, silvopastoriles de producción y manejo de bosques sistemas silvopastoriles para cumplir con los ODS como política establecida en Plan Nacional de Desarrollo Paraguay 2030 (PND).

**Palabras claves:** Deforestación, Gases de efecto invernadero, Ley 3001.

---

Fecha de recepción: agosto 2024. Aceptado: noviembre 2024

<sup>1</sup>Ingeniería en Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad de Viña del Mar., Agua Santa 7055, Viña del Mar, Chile.

<sup>2</sup>Universidad de Viña del Mar., Agua Santa 7055, Viña del Mar, Chile - Universitat de Lleida, Escola de Doctorat, Pl. Victor Siurana, 1 – 25003 Lleida, Spain. munoz.lorena@icloud.com

Autor de Correspondencia: Montero, M. Email: menni.n.m@hotmail.com



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons.

## ABSTRACT

Nature-based solutions, which consist of the protection and restoration of forests due to their special characteristic of acting as carbon sinks, have emerged as measures to combat climate change. In Paraguay, deforestation activities are taking place. Law 3001, which establishes the valuation and compensation of environmental services, was created to protect these ecosystems. Its objective is the conservation, protection, restoration and sustainable development of the country's biological diversity and natural resources through the valuation and fair, timely and adequate compensation of environmental services. The present study evaluates the greenhouse gas (GHG) reduction potential of the holders of certificates for environmental services in Paraguay within the framework of Law 3001. The results show that the CO<sub>2</sub>eq sequestered by certified areas represent 10% of the GHG emissions in 2017, therefore a total of approximately 2,578,042 - 3,338,438 hectares of certified areas are needed to offset 50% of Paraguay's GHG emissions. It is concluded how important it is to focus efforts on reducing the country's emissions in a direct way considering its different sectors, in addition to implementing forest restoration measures, which can be a new approach to the Law 3001, considering sustainable measures for agricultural activities such as the implementation of models: agroforestry, silvo pastoril production and forest management silvo pastoril systems to meet the SDGs as a policy established in the National Development Plan Paraguay 2030 (PND).

**Keywords:** Deforestation, Greenhouse gases, Law 3001, Paraguay, Nature based solutions.

## INTRODUCCIÓN

Si bien la Revolución Industrial se caracterizó por tener impactos positivos en el desarrollo económico, en el largo plazo, dio pie a externalidades dentro de las que se observan los desajustes climáticos de origen antrópico que padece nuestro planeta en la actualidad (Arevalo, 2018). El cambio climático corresponde a los cambios del sistema climático causados por el incremento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Garreaud, 2011). Esto altera el balance de energía y provoca que la temperatura de la superficie aumente (Cifuentes & Meza, 2008).

Los gases de efecto invernadero (GEI) son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>). Además del CO<sub>2</sub>, el N<sub>2</sub>O y el CH<sub>4</sub>, el Protocolo de Kyoto estableció objetivos de emisión respecto de otros GEI, a saber, hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC) (Benavides & Aristizabal, 2007). El Protocolo de Kyoto (PK) fue firmado en 1997 y entra en vigor en 2005. Esto da pie al surgimiento del(los) mercado(s) del carbono.

Para enfrentar el cambio climático se cuenta con opciones técnicas, científicas, políticas y económicas que permiten abordar el problema. En la región Latino Americana contamos en la actualidad con un marco jurídico específico relativo a la reducción y control de emisiones de GEI. Por otro lado, contamos con incentivos económicos como la aplicación de impuestos ambientales e instrumentos financieros como el apalancamiento que ofrece el mercado del carbono y el financiamiento vía bonos verdes. (Arevalo, 2018).

Pese al advenimiento de diversas tecnologías bajas en carbono, los bosques continúan representando una opción efectiva

para lograr el control y disminución del CO<sub>2</sub>. Éstos almacenan CO<sub>2</sub> en el follaje y el suelo (Barrionuevo, 2007). Además, proveen de distintos servicios ambientales como la regulación del ciclo hidrológico del agua; la conservación de la calidad de ésta; el control de la erosión del suelo y la sedimentación; el mantenimiento de los hábitats acuáticos; la provisión de madera y de productos forestales no maderables; la conservación de la biodiversidad; y la mitigación de impactos de eventos extremos (Zanetti et al., 2017)

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) apoyan la conservación, restauración y mejora del manejo de la tierra y los procesos naturales, para generar beneficios ambientales, económicos y sociales, a partir de la emulación de principios, procesos, y sistemas biológicos. Las SbN agrupan y se valen de una serie de conceptos previamente existentes aplicados en entornos específicos y a distintas escalas para lograr los mayores beneficios sociales y ecosistémicos (Nesshöver et al. 2017; Randrup et al, 2020; Hanson et al 2020; Davies et al, 2021). Estos enfoques incluyen entre otros, la ingeniería ecológica, la infraestructura verde, la infraestructura azul, el enfoque ecosistémico, la mitigación y la adaptación basada en ecosistemas, el enfoque de paisaje, los servicios ecosistémicos, y el capital natural, entre otros (CEPAL, 2022). Las SbN gestionan los bosques de tal manera que se eviten las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) (UICN, 2016). De entre estas iniciativas, han surgido diversas acciones que ayudan a evitar la destrucción de los bosques y apoyan al cambio climático. REDD+ (Reducing emissions from deforestation and forest degradation) es una de ellas (MINAMBIENTE, 2022). Ésta iniciativa, es un marco respaldado por las Naciones Unidas (Conservación Internacional Perú, 2019) y se orienta a diferentes tipos de acciones relacionadas con el

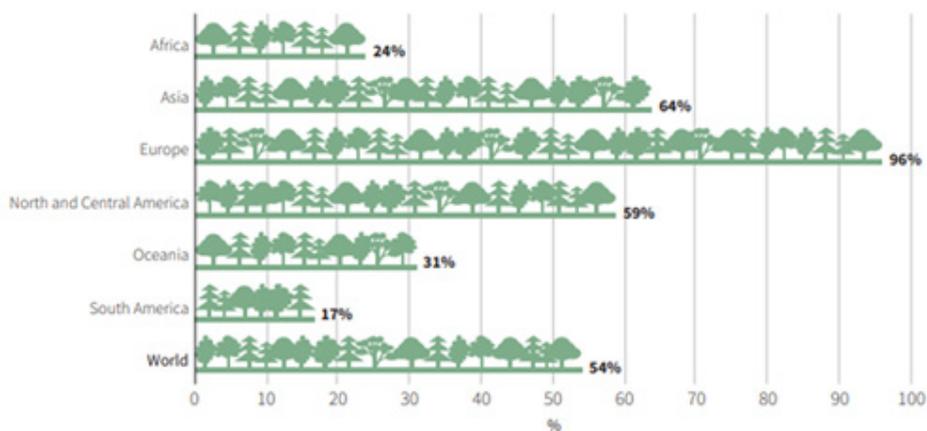
fortalecimiento de la gobernanza forestal, la implementación de procesos productivos sostenibles, el manejo forestal comunitario, el monitoreo forestal, la conservación de la biodiversidad y la recuperación de áreas sin cobertura boscosa (MINAMBIENTE, 2022).

Paraguay tiene un área de 406,752 km<sup>2</sup> y está dividido políticamente en 17 departamentos y 218 distritos. El territorio se compone de dos regiones, la Oriental y la Occidental. La Región Oriental abarca el 39% del territorio, alberga el 97% de la población y comprende la mayor parte de la actividad agrícola y económica del país. La Región Occidental (llamada El Chaco) contiene la reserva mayor de recursos ecológicos del Paraguay y la actividad dominante es la pecuaria. El Río Paraguay divide a ambas regiones naturales, en donde se observan dos tipos de climas diferentes: el tipo templado, en la parte este y sureste de la Región Oriental, y el tipo semi-árido a semi-húmedo en toda la Región Occidental y el resto de la Región Oriental (GBM, 2017). Estas regiones cuentan con dos de los ecosistemas forestales más importantes y también más amenazados a nivel mundial. El primero, es el Bosque Atlántico, un bosque subtropical húmedo, rico en flora y fauna. El segundo, es el Gran Chaco, la ecorregión boscosa más extensa del América del Sur después del Amazonas y la mayor extensión de bosques secos del continente (MADES, 2018). A partir de 1960, la expansión de la frontera agrícola en Paraguay ha dado lugar a cambios importantes en el uso de la tierra y ha resultado en una reducción significativa de la cobertura forestal y pérdida de la biodiversidad, en particular en el Bosque Atlántico (MADES, 2018). Por tanto, la deforestación progresiva que sufren los bosques en Paraguay desde hace unos 30 años desencadenó un deterioro ambiental significativo. Esto llevó al país a promulgar en 2004

la Ley 2524/04 (ahora Ley N° 6676/2020) que prohíbe la deforestación en la Región Oriental (Rodríguez, 2021) y en 2006 la Ley 3001 de “Valoración y retribución de los servicios ambientales”. El objetivo de dicho marco institucional fue el proteger los bosques y rentabilizar la conservación de los mismos. La Ley 3001, propone un mecanismo híbrido entre el modelo voluntario y obligatorio (Soto, 2016). De acuerdo con la Ley 3001, se emitirá un Certificado de Servicios Ambientales que, muy dentro del principio del “contaminador - pagador” (Coase, 2013) debe ser adquirido a modo de compensación ambiental por personas físicas o jurídicas “obligadas”. Esto último muy dentro del contexto de un modelo de “cap and trade” establecido por los mercados de carbono. Estos certificados por servicios ambientales – en la teoría – podrían además ser adquiridos por cualquier otra persona física o jurídica, nacional o extranjera con interés en inventir en dichos servicios.

Cabe destacar que la mala gestión de los bosques no es un fenómeno local del Paraguay, si no que se presenta a nivel global y está devastando la biodiversidad, destruyendo ecosistemas vitales. La deforestación y la descomposición de la biomasa son responsables de alrededor del 17% de los GEI emitidos a nivel global (Assunção, Gandour y Rocha, 2012), el sector AFO-LU (Agricultura, Bosques y otro Uso de la Tierra) contabiliza el 24% de las emisiones y el 27% del secuestro de GEI en el planeta (Iversen, Lee y Rocha, 2014). La deforestación además, afecta los medios de vida y el bienestar de las comunidades (WWF, 2021; Barrionuevo, 2007). Este fenómeno se puede paliar a través de marco institucional y planes de gestión. En Europa, la mayoría de los bosques cuentan con planes de gestión; pero tal como muestra la figura 1, esto no es la tendencia en África y América del Sur (FAO, 2020).

**Figura 1.** Proporción de superficie forestal con planes de gestión a largo plazo, por región, 2020



Fuente: FAO, 2020

A pesar de las medidas que el Estado Paraguayo ha desarrollado para proteger los bosques naturales y evitar la deforestación, éstos se han reducido significativamente en las 5 últimas décadas.

Entre 2005 y 2010, la tasa media de deforestación fue de 179.000 ha/año. Desde el año 2010, el promedio de deforestación se encuentra entre los más altos de los países tropicales, con un promedio de 1000 hectáreas de desmonte por día. Sólo en la región del Chaco se perdieron más de 287.000 ha en el año 2014 (Imbach et al., 2016).

### **Estratos de bosques nativos del Paraguay**

Según el Instituto Nacional Forestal (2011) los estratos boscosos del Paraguay son los siguientes el bosque húmedo de la Región Oriental, bosque subhúmedo del Cerrado, bosque sub-húmedo inundable del río Paraguay, bosque seco chaqueño, y bosque palmar. El bosque húmedo de la Región Oriental comprende a los bosques altos de la Región Oriental del Paraguay clasificado como bosque higrofitico subtropical (Hueck, 1978), como bosque húmedo templado cálido por

Holdridge (1969) y Selva del Alto Paraná por Tortorelli (1966), con alturas que pueden llegar hasta 30 – 40 metros y cuya estructura tiene tres estratos verticales y un sotobosque, considerado como el de mayor biodiversidad del país. El bosque subhúmedo del Cerrado comprende a los bosques nativos del cerrado de Concepción. Poseen 2 estratos verticales y un sotobosque con predominancia de gramíneas. El bosque subhúmedo inundable del Río Paraguay comprende a los bosques en isletas, bosques asociados con palmares de toda la planicie del Río Paraguay. El bosque seco chaqueño comprende a los bosques abiertos del Chaco Central hasta la frontera de Bolivia. El bosque de palmar comprende a los bosques dominados por palmares distribuidos en toda la planicie inundable de la cuenca del Río Paraguay, con diferentes densidades y grado de perturbación.

### **Actividades productivas**

De acuerdo con cifras del Banco Central del Paraguay, el sector agropecuario-forestal constituye hasta la actualidad la base de la economía nacional. Este sector provee alrededor del 40% de la generación de empleo para la población

económicamente activa y el 80% del ingreso por exportaciones de la economía real (CEPAL,2014). De acuerdo con la información proporcionada por la Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias (DCEA) del MAG, el grueso de la producción agrícola se concentra en tres cultivos, soja, maíz y trigo, los cuales representan respectivamente 56%, 18% y 12% del área sembrada con cultivos temporarios en promedio entre 2009/10-2011/12. (GBM, 2017). Por otro lado, la ganadería del Paraguay tiene una historia de 478 años, originada en 1533, y

actualmente cuenta con un total de 123.822 productores con un stock de bovinos de 12.305.442 cabezas. La actividad representa el 12.2% del producto interno bruto del país (PIB) y emplea al 17.6% de la población económicamente activa. La cantidad de productores ha tenido un aumento del 11% desde 2005, con un incremento del 43% de los productores de más de 1000 ha, mientras que los de 500 a 1000 has han aumentado un 25%, los de 100 a 500 ha un 23% y los de menos de 100 ha. solamente un 9% (Montes, 2011).

**Tabla 1.** Producción agrícola de Paraguay y su superficie (1996-2000)

Superficie agrícola y producción de los principales cultivos				
Cultivo	Superficie (ha)			Producción (toneladas) 1999-2000
	1996-1997	1998-1999	1999-2000	
Algodón	110.697	147.000	190.000	238.070
Soja	939.652	1.133.960	1.175.000	3.172.500
Poroto	73.930	85.000	70.000	56.700
Maní	24.083	35.000	35.000	31.500
Maíz	384.114	410.000	385.000	1.001.000
Arroz con riego	22.025	23.000	25.000	94.725
Caña de azúcar	57.815	64.000	64.000	3.136.000
Girasol	47.875	81.450	64.850	103.760
Tabaco	7.825	8.000	8.000	14.224
Mandioca	220.006	241.500	250.000	3.748.750
Trigo	224.046	132.550	130.500	229.120

Fuente: CIDEIBER, 2016

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Evaluar las potenciales reducciones de gases de efecto invernadero de los de los tenedores certificados por servicios ambientales en Paraguay bajo el marco de la ley 3001.

### Objetivos específicos

Diagnosticar las áreas certificadas bajo la ley 3001 por Servicios Ambientales.

Calcular las toneladas de CO<sub>2</sub>e capturadas por las hectáreas de bosques certificados.

Demostrar la reducción de GEI lograda por el sistema de Servicios Ambientales en el Paraguay bajo el marco establecido por la Ley 3001.

## MÉTODO

Para evaluar el potencial de reducción de GEI es necesario llevar a cabo diferentes cálculos, para los cuales se necesita establecer una base de datos previa relacionada con las áreas certificadas por la ley 3001, además de seleccionar los métodos y ecuaciones que permiten obtener un resultado de carbono almacenado en los bosques y así generar un diagnóstico adecuado.

Existen diferentes métodos para el cálculo de captación de CO<sub>2</sub> por áreas boscosas. Los métodos para evaluar los stocks de carbono en los bosques son de tres tipos. Los primeros apuntan a evaluaciones globales alejadas de la realidad del terreno. Los segundos se acercan más a las realidades forestales, pero se desarrollaron para eludir mediciones de terreno, pero se requiere el cálculo de la biomasa forestal. El tercer método consiste en las mediciones de terreno (Locatelli & Sylvain, 2001).

Para determinar la biomasa de una plantación forestal o un bosque natural existen métodos destructivos directos y no destructivos por medio de mediciones de volumen. El método destructivo más simple consiste en cortar los árboles en una parcela de área conocida y pesar la biomasa de los fustes, ramas y hojas directamente, determinando posteriormente su peso seco. En los métodos no destructivos se hace una estimación de la biomasa por medio de cálculos del volumen a partir de mediciones directas en el campo, donde se calcula la densidad de la plantación, se miden diámetros y altura de los árboles y se calcula el área basal. También se

puede calcular biomasa y posteriormente carbono por medio de modelos basados en análisis de regresión entre las variables colectadas en el terreno o en inventarios forestales (Fernández, 2017). Para efectos de esta publicación, se utilizará una base de datos presentada por REDD+ (2016) en su informe de “Niveles de Referencia de las Emisiones Forestales por Deforestación” y que incluye las informaciones colectadas en los distintos estratos de bosque identificados por el Inventario Forestal Nacional (IFN). Los datos del IFN utilizados para el cálculo del contenido de Carbono en bosques corresponden al levantamiento de información en 121 unidades de muestreo en total (para Biomasa arriba del suelo y Biomasa debajo del suelo); en tanto para el sotobosque la información corresponde al procesamiento de datos de 99 unidades de muestreo aproximadamente, establecidas entre los años 2014 – 2015 (Tabla 2). Por lo tanto, se asignan dichos valores a las ecorregiones presentes en las áreas certificadas (Tabla 3). Para continuar con el cálculo, para la captación de CO<sub>2</sub> se utilizarán los datos establecidos por el Programa Nacional Conjunto ONU REDD+ (2015b) en los cuales establecen los valores de CO<sub>2</sub>eq según el tipo de bosque (Tabla 4).

**Tabla 2.** *Biomasa de los bosques nativos de Paraguay (t/ha)*

Superficie agrícola y producción de los principales cultivos				
Estrato de bosque nativo	Biomasa sobre el suelo (t/ha)	Biomasa bajo el suelo (t/ha)	Biomasa sotobosque (t/ha)	Biomasa viva total (t/ha)
Bosque Húmedo de la Región Orienta	111,4	14,02	2,95	128,37
Bosque Seco Chaqueño	50,27	26,12	6,17	82,56
Bosque Sub Húmedo del Cerrado	109,21	29,21	0,26	138,68
B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay	141,31	48,57	9,24	199,12
B. Palmar	36,3	2,95	4,35	43,6
B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay y B. Palmar	102,77	31,83	7,45	142,05

**Tabla 3.** *Biomasa de ecorregiones de Paraguay*

Superficie agrícola y producción de los principales cultivos					
Ecorregión	Tipo de Bosque	Biomasa sobre el suelo (t/ha)	Biomasa bajo el suelo (t/ha)	Biomasa sotobosque	Biomasa sotobosque
Ecorregión del Chaco Húmedo	B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay (BSHIRP)	141,31	48,57	9,24	199,12
Ecorregión del Pantanal	B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay (BSHIRP)	141,31	48,57	9,24	199,12
Ecorregión Ñembucu	B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay (BSHIRP)	141,31	48,57	9,24	199,12
Ecorregión Alto Parana	Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	111,4	14,02	2,95	128,37
Ecorregión de los Médanos	Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	50,27	26,12	6,17	82,56
Ecorregión del Chaco Seco	Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	50,27	26,12	6,17	82,56
Ecorregión del Cerrado	Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	109,21	29,21	0,26	138,68
Ecorregión Aquidaban	Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	109,21	29,21	0,26	138,68

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.** *Toneladas de CO<sub>2</sub>eq/ha de los bosques nativos de Paraguay*

Estrato bosque nativo	t CO <sub>2</sub> eq/ha
Bosque Húmedo de la Región Oriental	221,28
Bosque Seco Chaqueño	142,3
Bosque Sub Húmedo del Cerrado	238,99
Bosque Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay	339,86
Bosque Palmar	72,78
Bosque Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay y Bosque Palmar	241,82

Fuente: (REDD+, 2016)

**Tabla 5.** Resultados de contenido de carbono en Suelo, para todos los estratos de bosque.

Carbono orgánico del suelo toneladas ha-1 (0 - 50 cm)	Bosque Húmedo de la Región Oriental	Bosque Seco Chaqueño	Bosque Sub Húmedo Inundable del río Paraguay	Bosque Sub Húmedo del Cerrado	Bosque Palmar
Promedio (t/ha)	58,70	64,07	47,39	32,35	53,69
Error estándar ±	3,95	3,69	6,69	5,85	3,52
Error %	6,72	5,76	14,13	18,08	6,56

Fuente: PNC ONU REDD+ (2015).

**Tabla 6.** Incertidumbre en porcentaje, por depósito de Biomasa viva y por estrato. Fuente: datos del Programa Nacional Conjunto ONU REDD+ (2015).

Estrato de bosque nativo	Incertidumbre % Carbono Biomasa árboles vivos	Incertidumbre % Carbono Biomasa sotobosque	Incertidumbre % Carbono Biomasa bajo el suelo
Bosque Húmedo de la Región Oriental	7,27	16,74	5,97
Bosque Seco Chaqueño	6,19	12,38	6,38
Bosque Sub Húmedo del Cerrado	7,31	12,45	7,31
Bosque Sub Húmedo Inundable del río Paraguay	15,89	28,39	14,31
B. Palmar	14,05	23,54	7,55
B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay y B. Palmar	13,95	13,82	23,39

Fuente: PNC ONU REDD+ (2015).

## RESULTADOS

### Cálculo de CO<sub>2</sub>eq por hectáreas certificadas

Base de datos:

Se consideran las ecorregiones con un tipo de bosque con la excepción del Chaco Húmedo. Los valores establecen que la mayor cantidad de hectáreas certificadas por la ley 3001 corresponde al Bosque Seco Chaqueño con un total de 715.779

ha, el cual también cubre la mayor superficie del país en comparación con otros bosques nativos. La menor cantidad de ha corresponde al bosque Húmedo de la Región Oriental con un total de 10.660 ha de superficie.

Los valores específicos se pueden observar en la siguiente tabla:

**Tabla 7.** Hectáreas de áreas certificadas por tipo de bosque en Paraguay

Estrato bosque nativo	ha
Bosque Húmedo de la Región Oriental	10.660
Bosque Sub Húmedo del Cerrado	40.780
B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay y bosque Palmar	45.834
B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay	134.792
Bosque Seco Chaqueño	715.779
Total	947.845

Fuente: Elaboración propia

En el estudio se consideran 2 escenarios posibles

### Escenario 1:

Por lo tanto, para obtener los resultados de CO<sub>2</sub>eq se utilizan los valores de la tabla 4. que correspondan por tipo de bosque, utilizados en la siguiente ecuación:

$$\text{CO}_2 \text{ eq} = \text{ha} \times \text{CO}_2 \text{ eq/ha}$$

**Tabla 8.** Toneladas de CO<sub>2</sub>eq de las áreas certificadas por la ley 3001

Estrato bosque nativo		ha		
Ecorregión Ñembucu	B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay (BSHIRP)	340	1.619	550.233
Ecorregión Alto Parana	Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	221	10.525	2.358.865
Ecorregión Aquidaban	Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	239	19.059	4.554.910
Ecorregión del Cerrado	Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	239	21.721	5.191.078
Ecorregión de los Médanos	Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	142	50.929	7.247.258
Ecorregión del Chaco Húmedo	B. Sub Húmedo Inundable de Río Paraguay y B. Palmar	242	45.838	11.083.678
Ecorregión del Pantanal	B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay (BSHIRP)	340	133.173	45.260.006
Ecorregión del Chaco Seco	Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	142	664.850	94.608.124
		Total	947.845	170.854.152

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se pueden observar los valores en megatoneladas de CO<sub>2</sub>eq por ecorregión de las áreas certificadas por la ley 3001

**Tabla 9.** Resultados y Mt y porcentajes correspondiente de CO2eq

Estrato bosque nativo	Mt de CO2eq	%
Ecorregión Ñeembucu	0,6	0,3
Ecorregión Alto Parana	2,4	1,4
Ecorregión Aquidaban	4,6	2,7
Ecorregión del Cerrado	5,2	3,0
Ecorregión de los Médanos	7,2	4,2
Ecorregión del Chaco Húmedo	11,1	6,5
Ecorregión del Pantanal	45,3	26,5
Ecorregión del Chaco Seco	94,6	55,4
<b>TOTAL</b>	<b>170,9</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia

Observación: La mayor cantidad de CO2eq fijada por los bosques corresponde a las áreas certificadas de la ecorregión del Chaco Seco con una cantidad de 94,6 Mt. La menor cantidad corresponde a la ecorregión de Ñeembucu con un total de 0.6 Mt de CO2eq.

Se observa una gran diferencia en cantidad de Mt de CO2eq entre las diversas ecorregiones certificadas, siendo la mayor cantidad de 94,6 Mt la ecorregión del Chaco Seco, mientras de las ecorregiones de Ñeembucu, Alto Paraná, Aquidabán, del Cerrado y los Médanos fijan una cantidad menor a 10 Mt debido que se observa poca cantidad pre-dios y por tanto hectáreas cer-

tificadas en la zona. La cantidad de CO2eq fijado por los bosques también depende del tipo de bosque presente en la ecorregión. Seis de las ocho ecorregiones almacenan una cantidad menor al 10% del total de las 171 Mt de CO2eq. Por otro lado, la región del Pantanal y del Chaco Seco consideran un mayor potencial de captación de CO2eq debido a la mayor cantidad de superficie certificada

#### Base de datos emisiones del Paraguay

Los datos sobre la cantidad de emisiones de CO2 en el Paraguay utilizados como referencia, corresponden a un estudio realizado por MADES el año 2022.

*Cálculo de porcentaje que representa las Mt de CO2 capturadas por las áreas certificadas por la ley 3001:*

Mt de CO2	
Áreas certificadas	171
Media de emisiones en Paraguay 2017	55

$$\text{Ecuación: } X = 171/55 * 100 \quad ; \quad X = 311\%$$

Por lo tanto, el potencial de captura de CO2eq por áreas certificadas representa un 311% de la media aritmética de las emisiones del Paraguay que representaría perder la superficie boscosa protegida por la ley 3001

Se utiliza la ecuación establecida por el Grupo Consultivo de Expertos (GCE) en su “MANUAL PARA EL SECTOR DEL USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (UTCUTS)”, para el cálculo de C fijado por los bosques, la cual considera lo siguiente:

$$(ec.1) A = B * C * D$$

**A:** Captura total de carbono en biomasa viva en bosques que permanecen como bosque (en toneladas/año).

**B:** Superficie de bosques que permanecen como bosques por tipo de bosque, en ha.

**C:** Tasa de incremento anual de la biomasa total por tipo de bosque, en t/ha/año.

**D:** fracción de C en la materia seca

Para pasar de un valor en toneladas de carbono a un valor en toneladas de CO<sub>2</sub>, basta con multiplicar la masa de carbono por la masa molar de una molécula de CO<sub>2</sub> (E), por lo tanto:

$$(ec.2) A * E = F$$

$$E: \frac{44}{12} = 3.67$$

**F:** Captura CO<sub>2</sub>eq de los bosques certificados en el Paraguay por año

Al no disponer aún de datos de la fracción de carbono para la diversidad de especies arbóreas de los estratos boscosos del Paraguay, la conversión de la biomasa de los árboles se realizó aplicando el factor promedio por defecto del IPCC (2006), sugerido para bosques subtropicales 0.47. El dato de la tasa de crecimiento anual t/ha/año aproximado también es establecido en la guía de IPCC (tabla 4.12).

**Tabla 10.** Toneladas de CO<sub>2</sub>eq capturadas por año.

ECORREGIÓN	BOSQUE	ha	t de CO <sub>2</sub> capturadas por año
ÑEEMBUCU	B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay	1.619	13.963
ALTO PARANA	Bosque Húmedo de la Región Oriental	10.660	91.937
AQUIDABAN	Bosque Sub Húmedo del Cerrado	19.059	164.374
DEL CERRADO	Bosque Sub Húmedo del Cerrado	21.720	187.332
CHACO HÚMEDO	B. Sub Húmedo Inundable de Río Paraguay y B. Palmar	45.834	395.296
LOS MÉDANOS	Bosque Seco Chaqueño	50.929	210.836
PANTANAL	B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay	133.172	1.148.546
CHACO SECO	Bosque Seco Chaqueño	664.849	2.752.319
			<b>4.964.602</b>

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de porcentaje que representa las Mt de CO<sub>2</sub> capturadas por las áreas certificadas por la ley 3001:

Datos:

$$\text{Ecuación: } X = \frac{5}{50} * 100 \quad ; \quad X = 10\%$$

Para compensar el 50% de las emisiones Paraguay (al año 2017) se calcularán las hectáreas necesarias considerando las 8 ecorregiones de las 11 presentes en el país. Las emisiones del año 2017 fueron un total de 44.920.928 t de CO<sub>2</sub>eq. El 50% corresponde a 22.460.464 t de CO<sub>2</sub>eq.

$$(ec.1) A - B = C; \quad C = 17.495.862 \text{ t/año de CO}_2\text{eq}$$

Donde:

**A:** 50 % de las emisiones de Paraguay (2017) en t de CO<sub>2</sub>eq (22.460.464 t/año)

**B:** t de CO<sub>2</sub>eq de áreas certificadas (4.964.602 t/año)

**C:** t de CO<sub>2</sub>eq que faltan compensar

Por lo tanto:

$$(ec.2) C/D = E = 2.186.983 \text{ t de CO}_2\text{eq/año}$$

**D:** Corresponde a la cantidad de ecorregiones del país = 8

**E:** Constante (el valor considera que en las 8 ecorregiones deben captar la misma cantidad de CO<sub>2</sub>eq)

$$(ec.3) E + (X_n) = F_n$$

$$(ec.4) \frac{F_n/3.67}{G_n} = \text{Ha necesarias por ecorregión}$$

Donde:

**x<sub>n</sub>:** t CO<sub>2</sub> eq/año de la tabla 10.(por ecorregión correspondiente)

**F<sub>n</sub>:** CO<sub>2</sub>eq necesario para 50% de la captura/año

**G<sub>n</sub>:** tasa de crecimiento \* fracción de carbono

Para capturar el 50% de las emisiones en cantidades equivalentes por las 8 ecorregiones se necesitan las siguientes ha:

**Tabla 11. Hectáreas necesarias para compensar las emisiones de Paraguay 2017**

ECORREGIÓN	BOSQUE	Ha para compensar el 50% de las emisiones	Ha certificadas	Ha necesarias a certificar
ÑEEMBUCU	B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay (BSHIRP)	255.197	1.619	253.578
ALTO PARANA	Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	264.238	10.660	253.578
AQUIDABAN	Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	272.637	19.059	253.578
DEL CERRADO	Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	275.299	21.721	253.578
CHACO HÚMEDO	B. Sub Húmedo Inundable de Río Paraguay y B. Palmar	299.412	45.834	253.578
LOS MÉDANOS	B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay (BSHIRP)	386.750	133.173	253.578
PANTANAL	Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	579.217	50.929	528.287
CHACO SECO	Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	1.193.137	664.850	528.287
<b>Total</b>		<b>3.525.887</b>	<b>947.845</b>	<b>2.578.042</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12.** Hectáreas necesarias para compensar las emisiones de Paraguay 2017 considerando porcentajes de captura de la tabla 9

ECORREGIÓN y su porcentaje de captura	BOSQUE	Ha para compensar el 50% de las emisiones	Ha certificadas	Ha necesarias a certificar
ECORREGIÓN ÑEEMBUCU 0.3%	B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay (BHIRP)	7.705	1.619	6.086
ECORREGIÓN ALTO PARANA 1.4%	Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	39.061	10.660	28.401
ECORREGIÓN AQUIDABAN 2.7%	Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	73.832	19.059	54.773
ECORREGIÓN DEL CERRADO 3%	Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	82.580	21.721	60.859
ECORREGIÓN DEL CHACO HÚMEDO 6.5%	B. Sub Húmedo Inundable de Río Paraguay y B. Palmar	177.695	45.834	131.861
ECORREGIÓN DE LOS MÉDANOS 4.2%	Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	228.434	50.929	177.505
ECORREGIÓN DEL PANTANAL 26.5%	B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay (BHIRP)	670.758	133.173	537.585
ECORREGIÓN DEL CHACO SECO 55.4%	Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	3.006.219	664.850	2.341.369
<b>TOTAL</b>		<b>4.286.284</b>	<b>947.845</b>	<b>3.338.438</b>

Fuente: Elaboración propia

## DISCUSIÓN

Debido a los altos niveles de deforestación el Paraguay se presenta como un país clave para la implementación de políticas con el objetivo de reducir las emisiones por deforestación (Imbach et al., 2016). Las denuncias sobre tala ilegal, deforestación, invasión a propiedades privadas (y consecuentemente tala de árboles), y otros tipos de delitos ambientales se recogen en denuncias periodísticas y algunas estadísticas aisladas, por lo cual son de difícil seguimiento y castigo. Como men-

ciona el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo sostenible (MADES, 2019), la problemática de la deforestación ilegal de los bosques es compleja, encierra el tema de la pobreza, la tenencia de tierra, la degradación ambiental y las carencias o deficiencias institucionales en relación a la delimitación y demarcación de las áreas protegidas. En lo que respecta a las repercusiones sociales, la corrupción, la recolección y el comercio ilegal se asocian a menudo con la una falta de reconocimiento

de los derechos de propiedad y uso de la tierra de las comunidades forestales o los pueblos indígenas, lo que puede repercutir negativamente en los medios de vida locales y dar lugar a conflictos. Entre las causas directas de las actividades ilegales figuran una gobernanza forestal deficiente y una debilidad en aplicación de la ley.

No obstante lo anterior, los países consumidores contribuyen a estos problemas al importar productos forestales, como son por ejemplo madera, plantas y animales silvestres y productos derivados de estos, sin asegurarse de que su origen sea legal (FAO & PNUMA, 2020).

El Instituto Forestal Nacional informa disminuciones en las tasas de deforestación en el Paraguay. INFONA sitúa los valores para el 2017 en 660.626,4 ha deforestadas mientras que el 2020 varían entre 185.403,8 ha y 405.100,3 ha en cada ecoregión respectivamente.

Paraguay cuenta con un marco regulatorio que sanciona delitos contra el medio ambiente. Sin embargo, aunque esta normativa se encuentra vigente desde el año 1995, el combate y la detección de este tipo de actos no es una tarea sencilla debido a las características mismas de la acción y a la dificultad de un efectivo control y monitoreo por parte de las autoridades. Cabe mencionar que desde el 2017 hasta 2020 se registraron un total de 756.957,7 hectáreas deforestadas. Por otro lado Ley 2524/04 (ahora Ley N° 6676/2020), llamada “Ley de Deforestación Cero”, vigente hasta el año 2018, si bien prohíbe todo cambio de uso del suelo en la Región Oriental no ha podido cambiar la tendencia. La deforestación en el periodo 2005-2015 alcanzó 582.040 hectáreas en dicha región. Los análisis advierten una clara inaplicabilidad de la ley. Para enfrentar y disminuir actividades ilegales es necesario el acceso en equidad a educación ambiental especializada, incluyendo conocimiento de la legis-

lación, las buenas prácticas medioambientales y energéticas, entre otros. De igual manera se requiere asegurar el acceso a la tierra y al crédito financiero o de inversión, así como el desarrollo de las capacidades de regulación, control, monitoreo y penalización ambiental.

En 2014 el país aprobó el Plan Nacional de Desarrollo Paraguay 2030 (PND), un documento que define las prioridades nacionales de desarrollo y que está alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenibles. Para lograr el cumplimiento de PND se debe tener en cuenta que los bosques cumplen con objetivos ambientales, sociales y culturales específicos que contribuyen al cumplimiento de los ODS 13 y ODS 15 directamente, los ODS 7, 8 y 12 a través de las acciones planteadas (MADES, 2019). Se debe prevenir, detener e invertir en la pérdida de biodiversidad, ampliando el marco de soluciones. Una alternativa es desarrollar e incentivar procesos productivos a través de la implementación de modelos: agroforestales, silvopastoriles de producción y manejo de bosques de manera sostenible. Los árboles dan sombra al ganado, mejoran la fertilidad y las condiciones físicas de los suelos, y permiten ingresos económicos adicionales a mediano y largo plazo. Los pastos mejorados producen más forraje y de mejor calidad en comparación con el pasto nativo, además, bien manejados, mantienen o mejoran la fertilidad de los suelos. Los postes vivos son árboles leguminosos que sirven como postes permanentes en los alambrados, son fuente de alimento de importancia para el ganado, mejoran la fertilidad del suelo de la parcela y dan sombra al ganado (Lanza et al., 1999). Asimismo, se debe conservar y gestionar los bosques y árboles en un enfoque territorial integrado y revertir los daños causados por medio de iniciativas de restauración forestal (FAO & PNUMA, 2020) el cual podría ser añadido como en-

foque de la ley 3001.

Parte de las soluciones sostenibles con las que cuenta el país son el modelo de asociaciones público-privadas del Fondo de Neutralidad en la Degradación de la Tierra, elaborado por el Mecanismo Mundial de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CLD) (CLD, n.d.), la cual fomenta la transición hacia la neutralidad de la degradación de la tierra mediante la rehabilitación de la tierra y permitiendo al mismo tiempo que los inversores generen ingresos a partir de la producción sostenible en tierras rehabilitadas. Por otro lado, el Fondo para los Paisajes propuesto en los planes del CIFOR prevé emitir bonos de restauración siguiendo el modelo de bonos ecológicos (FAO y Mecanismo Mundial de la CLD, 2015) (FAO & PNUMA, 2020).

Se plantea la oportunidad de mejora asociada a poder contar con información de terreno confiable y más reciente. Los requerimientos de mejorar la obtención de información en el Paraguay no es nuevo. Las bases de datos internacionales clasifican la información proveniente del país como poco confiable. Esto ha sido considerado por el Instituto de Desarrollo del país (2010) estableció que en el marco del Proyecto de Modernización de la Administración Pública de Paraguay. A la fecha han sido identificados más de 500 procesos administrativos del gobierno central que pueden requerir alguna mejora, siendo el eje ambiental parte de ella. Esto último se vincula a la sostenibilidad de las estrategias de desarrollo, y se fundamenta en la necesidad de proteger los recursos naturales y recuperar aquellos que han sido degradados por la actividad antropica. En este plan de modernización se incluyen objetivos tales como mejoras en la capacidad de gestión pública de los recursos naturales y de los riesgos ambientales, así como en el uso racional de los recursos naturales.

Para facilitar la implantación de políticas efectivas, es clave entender los procesos de deforestación e identificar qué zonas boscosas del país son las que se encuentran en mayor riesgo. La identificación de estas zonas resulta compleja debido al número de factores que determinan la deforestación y los cambios en los efectos de estos determinantes a través de las diferentes escalas en el espacio y tiempo. Estos retos se pudieron identificar y resolver utilizando información histórica espacial (mapas) y temporal altamente desagregada tanto de la evolución de la cobertura de bosque como de los determinantes de deforestación (Imbach et al., 2016). Es importante mencionar que para el desarrollo rural son necesarios datos actualizados que ayuden a comprender la realidad que está ocurriendo en el país, identificando falencias y mejoras para incorporálas a decisiones futuras apuntando a la sostenibilidad y así favorecer la capacidad de gestión pública de los Recursos Naturales, fortalecer la capacidad de gestión pública de riesgos ambientales e Incentivar a agentes privados a la utilización racional de los recursos naturales (Instituto Desarrollo, 2010).

El cambio climático es una realidad que presenta numerosas consecuencias que afectan a la vida de las personas, ecosistemas y biodiversidad de forma negativa. Considerando que al origen de este problema se encuentra la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera causante del aumento de las temperaturas oceánicas, aumento de las precipitaciones, el deshielo de los glaciares, el incremento del nivel del mar (y su acidificación), pérdida de masa en las capas de hielo, la variación del ciclo del carbono, la sequía, etc. Una de las razones a la base, es la deforestación y sus malas prácticas. Estas últimas asociadas a la ausencia de planes de manejo ambientales, siendo América del Sur un caso que destaca negativamente

al respecto.

La protección de los bosques es una medida necesaria para combatir el cambio climático. Paraguay es uno de los países de la región con mayor actividad de reducción de áreas boscosas, para dar pie al incremento de suelo disponible para las actividades agropecuarias. Dentro de sus iniciativas para combatir el cambio climático se encuentra la Ley 3001/2006, la cual consiste en proteger los bosques por medio de áreas certificadas las cuales brindan servicios ambientales. Al certificar la superficie boscosa tenedor del certificado debe cumplir con compromisos como: cumplir con procedimientos de monitoreo y fiscalización, proteger los recursos naturales, no dejar entrar ganado, no talar árboles y finalmente no quemar. Actualmente se cuenta con un total de 1.052.321 ha certificadas distribuidas en las distintas ecorregiones del país las cuales actúan como sumideros de carbono.

Lamentablemente, la Ley 3001/2006 no ha resultado efectiva al momento de generar beneficios a los tenedores de certificados por servicios ambientales. Surgen al respecto vicios de la Ley y su aplicación. La Ley 3001 aunque en un espíritu que homologa a sus pares en países como Perú y Costa Rica, jamás fue reglamentada y su modificación se encuentra en permanente discusión. La idea de modificar la Ley 3001 es siempre hacerla más operativa. En la actualidad, la Ley 3001 del Paraguay establece que los sujetos obligados a adquirir certificados por servicios ambientales corresponden a los proyectos de alto impacto y debe ser al menos 1% del costo de la obra o del presupuesto anual operativo de la actividad; de igual manera se encuentran obligados los propietarios de fincas que no cumplan con la Ley Forestal 422/73 (que establece los objetivos y las medidas para manejo, protección y aprovechamientos de los bosques delo Paraguay); y quienes han

sido sancionados por sentencias judiciales o administrativas.

De entre los vicios que se observan en el sistema de comercialización de certificados ambientales se encuentran: la falta de un mercado real y la practica-mente nula fiscalización de los “sujetos obligados”. La falta de aplicación de la Ley 2524/04 de “deforestación cero” (ahora Ley N° 6676/2020) y el permanente cambio en las actividades susceptibles de ser afectadas por la Ley 3001, generan una condición imposible para un mercado que nunca estabilizó ni la demanda ni los precios. En la teoría el mercado debería encontrarse más estabilizado y maduro, lamentablemente este no es el caso, en la actualidad el mercado se encuentra inundado de certificados por servicios ambientales. Las estadísticas actuales indican que la superficie deforestada ilegalmente supera a la superficie certificada. Por tanto, el mercado debería estar deficitario en certificados por servicios ambientales y las transacciones que deberían estar lideradas por la categoría de “deficit de bosque”. Sin embargo, las estadísticas asociadas a las transacciones actuales muestran que sólo el 1% de las transacciones corresponde a “deficit de bosque”, 4% se centran en “sentencias definitivas” y 95% se asocian a “obras de alto impacto”(MADES, 2022). Estas últimas son fundamentalmente realizadas a través del MOPC. Este hecho empuja naturalmente los valores a montos mínimos pues se produce una competencia por parte de los tenedores de certificados para lograr capturar esta esquivada demanda. Es así que, los valores anuales referenciales calculados por MADES para cada hectárea de servicios ambientales equivalentes a: 1.962.768 Gs (unos 245 US\$ por ha por año) para el Cerrado, 894.933 Gs (unos 110 US\$ por ha por año) en Médanos, 2.029.729 Gs (aprox 253 US\$ por ha por año) en el Chaco Seco, 2.517.045 Gs (aprox 314 US\$ por ha por

año) en el Chaco Húmedo, 5.152.526 Gs (aprox 642 US\$ por ha por año) en Litoral Central, Gs 3.554.037 (aprox 443 US\$ por ha por año) en Ñeembucu, 2.003.945 Gs (unos 250 US\$ por ha por año) en la región de Pantanal, 2.606.295 Gs (aprox 325 US\$ por ha por año) en Aquidabán, 2.188.719 Gs (aprox 273 US\$ por ha por año) en Amambay, 3.311.404 Gs en Alto Paraná (aprox 413 US\$ por ha por año) y 3.571.331 Gs (aprox 445 US\$ por ha por año) en Selva Central; resultan en la práctica casi utópicos.

En la actualidad la Ley 2524/04 (ahora Ley N° 6676/2020) es transgredida por grandes grupos ganaderos y agrícolas. Cabe recordar que el Paraguay se encuentra posicionado como uno de los principales exportadores de soja y carne detrás de los Estados Unidos, Brasil y la Argentina. El Estado Paraguayo por ahora no ha realizado ninguna detención por deforestación ilegal y no realiza un “Law enforcement” efectivo. Otra área que contribuye significativamente a la deforestación es el des-

monte y cambio de uso de suelo son los cultivos ilegales de marihuana, especialmente en la zona de Pedro Juan Caballero. El Paraguay se mantiene como uno de los principales productores de marihuana de Latinoamérica con plantaciones que se extienden por 8000 ha y sólo es superado por México con 12000 ha plantadas (United States. Department of State. BINM, 2021). La posición estratégica del país situado entre los productores de coca y los mercados emergentes de Argentina y Brasil, así como la triple frontera conformada por Ciudad del Este (Paraguay), Puerto Iguazú (Argentina), y Foz Iguazú (Brasil) provocan un escenario propicio para el establecimiento de redes criminales en el Paraguay (principalmente del Brasil) que fomentan el contrabando, la falsificación de productos y el lavado de dinero (UNODC 2020, Martens et al. 2022).

## CONCLUSIONES

De un total de 11 ecorregiones, 8 fueron utilizadas para el cálculo de potencial de almacenamiento de CO<sub>2</sub>eq, demostrando que los bosques certificados por la ley 3001 consideran una cantidad de 171Mt de CO<sub>2</sub>eq, lo cual destaca la importancia de su conservación ya que perder las áreas boscosas protegidas, aumentarían las emisiones del país en un 311%.

Tomando en cuenta el factor del tiempo, los bosques de áreas certificadas almacenan un total de 5 Mt de CO<sub>2</sub>eq por año, esto representa el 10% del total de las emisiones del año 2017 del Paraguay. Se proyecta que actualmente el sumidero de carbono contaría con 211 Mt de CO<sub>2</sub>eq aproximadamente. Considerando que no se evaluaron las ecorregiones de Litoral

Central, Amambay y Selva Central, la suma sería mayor.

La ecorregión con mayor cantidad de CO<sub>2</sub>eq capturado, corresponde al Chaco Seco con 2.8 Mt al año, la cual abarca la mayor superficie de Paraguay siendo la zona más afectada por las actividades agrícolas y ganaderas. Para compensar aproximadamente el 50% emisiones del país, se requeriría certificar aproximadamente entre 2.578.042 ha y 3.338.438 ha de bosques. La superficie disponibles para certificación bajo la ley 3001 corresponde a un total de 2.052.511 ha.

Paraguay cuenta con 15.951.543,7 ha de bosques de acuerdo con los datos preliminares del INFONA (2022), por lo tanto, el compensar el 50% de las emisiones lo hace

una meta posible que requerirá de esfuerzos que consideren aumentar las hectáreas de bosque conservadas por la ley. Es importante mencionar que, para desempeñar la meta establecida en el Acuerdo París, Neutralidad de Carbono (implementada como objetivo del país para el año 2050), es fundamental enfocar los esfuerzos en reducir las emisiones del Paraguay de una forma directa considerando sus diferentes sectores como el UTCUTS (Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura), agricultura y ganadería, procesos industriales y uso de productos, y el sector de residuos, y energía. Para lograr una disminución efectiva necesariamente se requiere trabajar en el sector energético del país. Además de desarrollar planes de reforestación y conservación, aplicando una gestión forestal adecuada lo cual permitirá aminorar la cantidad de GEI y crecer en materias de sustentabilidad. La recientemente promulgada Ley 7190/2023 llamada “de los Créditos de Carbono”, promete posibilitar la entrada en el mercado de car-

bono de los tenedores de servicios ambientales. Este nuevo mercado pudiera representar un incentivo para la preservación de los bosques del país y un real ingreso para los tenedores de certificados por servicios ambientales que en la actualidad no han percibido beneficios reales por el servicio que prestan sus bosques. En la actualidad los créditos de carbono forestal presenta un precio que oscila entre 15 US\$/tCO<sub>2</sub>e y 20 US\$/tCO<sub>2</sub>e. Esto dependerá evidentemente de aspectos como la credibilidad, el riesgo de despacho, y el impacto ambiental y social. La eventual entrada de los tenedores por servicios ambientales representaría un mercado de entre aproximadamente 200 millones US\$ a 400 Millones US\$ e implicaría un desafío país para el Paraguay en cuanto al cumplimiento de las normativas de ajustes de carbono en frontera de reciente entrada en vigencia en la Union Europea.

## REFERENCIAS

1. Acuña, I. (2008). Huella ecológica y biocapacidad: indicadores biofísicos para la gestión ambiental. El caso de Manizales, Colombia. *Revista Luna Azul*. <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n26/n26a07.pdf>
2. Arevalo, R. (2018). La Industria y sus efectos en el cambio climático Global. <https://reciamuc.com/index.php/RECIA-MUC/article/view/156/157>
3. Barrionuevo, S. (2007). Los Bosques como sumideros de carbono Alternativas para mitigar el Efecto Invernadero. <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-16-Bosques-sumidero-carbono-BARRIONUEVO.pdf>
4. Benavides, H., & Aristizabal, G. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>
5. CEPAL. (2014). La economía del cambio climático en el Paraguay. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37101/1/S1420018\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37101/1/S1420018_es.pdf)
6. CEPAL (2014, Dic). Plan Nacional de Desarrollo Paraguay 2030. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-nacional-de-desarrollo-paraguay-2030>
7. Cifuentes, L., & Meza, F. (2008). Cambio climático: consecuencias y desafíos para Chile. <https://cambioglobal.uc.cl/>

imagenes/publicacionesextension/1\_2008\_Cambio\_Climatico\_Consecuencias\_Desafios.pdf

8. CMNUCC. (2016). Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales por Deforestación en la República del Paraguay para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC.
9. Coase, R. H. (2013). The problem of social cost. *The Journal of Law and Economics*, 56(4), 837-877.
10. Delgado, F., Mancera, M., García, J., & Rivera, D. (2021, enero). Análisis de la deforestación Departamento del Guaviare. [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00XG21.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00XG21.pdf)
11. Espíndola, C., & Valderrama, J. (2011). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v23n1/art17.pdf>
12. FAO y PNUMA (2020). El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
13. FAO. (2020). Global Forest Resources Assessment 2020 Key findings. <https://www.fao.org/3/CA8753EN/CA8753EN.pdf>
14. Fernández, M. (2017). Revisión de métodos para la estimación de captura de carbono almacenadas en bosques naturales. Universidad Militar Nueva Granada Facultad de Ingeniería. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/16394/Fen%C3%A1ndezLosadaMagdaYolima2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. Garín, A. (2017). Novedades del Sistema de Protección Internacional de Cambio Climático: el Acuerdo de París. <https://www.scielo.cl/pdf/rei/v49n186/0719-3769-rei-49-186-00137.pdf>
16. Garreaud, R. (2011). Cambio Climático: Bases Físicas e Impactos en Chile. [http://dgf.uchile.cl/rene/PUBS/inia\\_RGS\\_final.pdf](http://dgf.uchile.cl/rene/PUBS/inia_RGS_final.pdf)
17. GAYOSO A, JORGE, & GUEARRA C, JAVIER. (2005). Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 26(2), 33-38. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002005000200005>
18. GBM. (2017). Análisis de riesgo del sector agropecuario en Paraguay Identificación, priorización, estrategia y plan de acción. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/105821468332711721/pdf/928660WP0SPANI00Box385339B-00PUBLIC0.pdf>.
19. Imbach, P., Robalino, J., Zamora, J., Brenes, C., Sandoval, C., Pacay, E., Cifuentes-Jara, M., & Labbate, G. (2016). Escenarios de deforestación futura en Paraguay. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36653.64481>
20. Imbach, P., Robalino, J., Zamora, J., Brenes, C., Sandoval, C., Pacay, E., Cifuentes, M. & Labbate, G. (2016). Escenarios de deforestación futura en Paraguay. [https://www.researchgate.net/publication/334401453\\_Escenarios\\_de\\_deforestacion\\_futura\\_en\\_Paraguay](https://www.researchgate.net/publication/334401453_Escenarios_de_deforestacion_futura_en_Paraguay)
21. INFONA. (2022). NUESTROS BOSQUES Reporte Nacional de Cobertura Forestal y Cambios en el Uso de Tierra 2017 a 2020. <https://drive.google.com/drive/folders/1C-I5-1fBgQa55yFyR-aXacXIwPJl3kUC>
22. Instituto Desarrollo. (2010). Estudio sobre las Causas de los Problemas de Desarrollo del Paraguay. [https://www.economia.gov.py/application/files/9414/6490/4641/02\\_Anexo1\\_Estudio-deCausas.pdf](https://www.economia.gov.py/application/files/9414/6490/4641/02_Anexo1_Estudio-deCausas.pdf)
23. Jumbo, C., Arévalo, C. & Ramirez, I. (2019). Medición de carbono del estrato arbóreo del bosque natural Tinaji-

llas-Limón Indanza, ECUADOR. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.04>

24. Lanza, G., Minnick, G., Villegas, V., Irahola, J., Ramallo, J. & Calbimontes, G. (1999, noviembre). Educación ambiental para el trópico de Cochabamba. <https://www.fao.org/3/ah647s/AH647S00.htm>

25. Locatelli, B., & Sylvain, L. (2001). Un método para medir el carbono almacenado en los bosques de Malleco (Chile). [https://agritrop.cirad.fr/478866/1/document\\_478866.pdf](https://agritrop.cirad.fr/478866/1/document_478866.pdf)

26. MADES. (2019). Estrategia nacional de bosques para el crecimiento sostenible (ENBCS). <http://dncc.mades.gov.py/wp-content/uploads/2019/06/ENBCS-Final.pdf>

27. MADES. (2022). Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Paraguay Serie temporal 1990 – 2017. [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/2021\\_IIN\\_PY%20Versi%C3%B3n%20Final\\_compressed.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/2021_IIN_PY%20Versi%C3%B3n%20Final_compressed.pdf)

28. Martens, J., Orrego, R. A., Villalba, E., Veloso, R., González, L., & Delgado, F. (2022). Entre el terror y la acumulación social del miedo: Gobernanza criminal en tres ciudades fronterizas de Paraguay con Argentina y Brasil. *Dilemas: Revista de Estudios de Conflicto e Controle Social*, 15(spe4), 205-232.

29. Martínez, I. (2016). El acuerdo de París sobre el Cambio Climático. *Revista Marina*. <https://revistamarina.cl/revistas/2016/2/imartinezn.pdf>

30. Montes, E. (2011). Paraguay y su ganadería. [https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R139/R\\_139\\_30.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R139/R_139_30.pdf)

31. Moraga, P. (2015, julio). La Gobernanza del Cambio Climático. [https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2018/03/Gobernanza\\_CambioClimatico.pdf](https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2018/03/Gobernanza_CambioClimatico.pdf)

32. Pietro, S. (2019). Acuerdo de Pa-

rís: ¿Nuevos compromisos con el medio ambiente o nuevas oportunidades de negocio? Universidad de Chile. <https://www.scielo.cl/pdf/rei/v51n192/0719-3769-rei-51-192-00057.pdf>

33. Rodríguez, C. (2021). Incidencia de la deforestación en la captación de dióxido de carbono y provisión de oxígeno en Paraguay. Periodo 1990–2020.

34. United States. Department of State. Bureau of International Narcotics Matters, United States. Bureau for International Narcotics, & Law Enforcement Affairs. (2021). International Narcotics Control Strategy Report. The Bureau.

35. UNODC (2020). World Drug Report.

36. WWF. (2021). Causas y tipos de respuestas frente a la deforestación [Diagrama]. [https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/wwf\\_frentesdeforestacion\\_resumen\\_enero2021.pdf](https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/wwf_frentesdeforestacion_resumen_enero2021.pdf)

37. WWF. (2021). Frentes de deforestación causas y respuestas en un mundo cambiante. [https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/wwf\\_frentesdeforestacion\\_resumen\\_enero2021.pdf](https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/wwf_frentesdeforestacion_resumen_enero2021.pdf)

38. Zanetti, E., Gómez, J., Mostacedo, S., & Reyes, O. (2017). Cambio climático y políticas públicas forestales en América Latina Una visión preliminar. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40922/4/S1601346\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40922/4/S1601346_es.pdf)