



MAPEO DE LOS BENEFICIOS MÚLTIPLES DE REDD+ EN PARAGUAY: ANÁLISIS ADICIONALES PARA ORIENTAR LA TOMA DE DECISIONES SOBRE POLÍTICAS Y MEDIDAS REDD+ INFORME TÉCNICO

PROGRAMA
ONU-REDD+
PARAGUAY

PROGRAMA
ONU-REDD



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura



Al servicio de las personas y las naciones



INSTITUTO FORESTAL NACIONAL



TEKOH RESAJI
SANTOYITIA
SECRETARÍA DEL AMBIENTE



Iniciativa por la Autodeterminación de los Pueblos Indígenas



UNEP WCMC

UNEP World Conservation Monitoring Centre

219 Huntingdon Road
Cambridge CB3 0DL United Kingdom
Tel: +44 (0) 1223 277314 Fax: +44 (0) 1223 277136
Correo electrónico: ccb@unep-wcmc.org

El Programa ONU-REDD es “el programa de colaboración para reducir las emisiones de la deforestación y la degradación de bosques (REDD+) en países en desarrollo”. El Programa se lanzó en 2008 y cuenta con la experiencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El Programa ONU-REDD apoya los procesos de REDD+ de cada país y promueve la participación activa e informada de todos los interesados, incluyendo los pueblos indígenas y otras comunidades que dependen de los bosques, en la implementación de REDD+ a nivel nacional e internacional.

El Centro de Monitoreo de la Conservación Mundial del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP-WCMC, por sus siglas en inglés) es el centro especialista en la evaluación de la biodiversidad del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la organización ambiental intergubernamental más importante del mundo. El Centro lleva trabajando más de 30 años, combinando la investigación científica con el asesoramiento práctico sobre política pública.

La reproducción de esta publicación está autorizada para fines educativos o sin ánimo de lucro, sin ningún otro permiso especial, a condición de que se indique la fuente de la que proviene. La reutilización de cualquiera de las ilustraciones está sujeta a su autorización por parte de los titulares de los derechos originales. La publicación no podrá utilizarse para la venta ni para ningún otro propósito comercial sin previa autorización por escrito del PNUMA. Las solicitudes para tal autorización, con una descripción del propósito y el alcance de la reproducción; deben enviarse al Director, UNEP-WCMC, 219 Huntingdon Road, Cambridge, CB3 0DL, Reino Unido.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

Los contenidos de este informe no reflejan necesariamente las opiniones o políticas del PNUMA, las organizaciones contribuyentes o los redactores. Las denominaciones empleadas y la presentación de materiales en este informe no implican la expresión de ninguna opinión por parte del PNUMA u organizaciones contribuyentes, redactores o editores relativas a la condición jurídica de cualquier país, territorio, ciudad, zona o de sus autoridades, ni respecto a la delimitación de sus fronteras o límites, o la designación de su nombre, fronteras o límites. La mención de una entidad comercial o un producto en esta publicación no implica promoción alguna por parte del PNUMA.

AUTORES:

Xavier de Lamo, Shaenandhoa García-Rangel, Arnout van Soesbergen, Andy Arnell, Steven King, Yara Shennan-Farpón, Judith Walcott, Lera Miles y Valerie Kapos.

UNEP World Conservation Monitoring Centre
219 Huntingdon Road
Cambridge CB3 0DL
Correo electrónico: ccb@unep-wcmc.org

Juan Ferrando
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Oficina Regional para América Latina y el Caribe
Clayton, Ciudad del Saber, Avenida Morse, Edificio 103
Corregimiento de Ancón, Ciudad de Panamá, Panamá
Correo electrónico: juan.ferrando@unep.org

COLABORADORES:

César Balbuena (FAO ONU-REDD)
Lilian Benítez (INFONA)
Néstor Cabral (Consultor, PNUMA ONU-REDD)
Gustavo Casco (SEAM)
Luz Marina Coronel (SEAM)
Roberto López (PNUD ONU-REDD)
Mirta Pereira (FAPÍ)
Jorge Ramírez (INFONA)
Nérida Rivarola (SEAM)
Héctor Vera (SEAM)
Gabriela Vinales (PNUMA ONU-REDD)

CITA: De Lamo, X., S. García-Rangel, A. van Soesbergen, A. Arnell, S. King, Y. Shennan-Farpón, J. Walcott, J. Ferrando, L. Miles y V. Kapos. *Mapeo de los beneficios múltiples de REDD+ en Paraguay: análisis adicionales para orientar la toma de decisiones sobre políticas y medidas REDD+.* Informe técnico. Cambridge. UNEP-WCMC para el Programa Nacional Conjunto ONU-REDD+ Paraguay. 2016.

Disponible en línea en: http://bit.ly/paraguaybeneficiosmultiples2_informetecnico

@2016 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

ÍNDICE

1	Introducción y contexto.....	5
2	Análisis adicionales sobre los beneficios múltiples de REDD+ en el Paraguay.....	6
2.1	Corredores biológicos potenciales entre áreas silvestres protegidas del Paraguay	6
2.2	Importancia relativa de los bosques del Paraguay para el control de la erosión hídrica del suelo.....	13
2.2.1	Contribución de los bosques en el control de la erosión hídrica del suelo	13
2.2.2	Prevención de la erosión hídrica por parte de los bosques y la capacidad del suelo para el desarrollo de actividades agropecuarias	13
2.2.3	Valoración del servicio de retención de sedimentos aportado por los bosques en función de los ríos navegables	16
2.3	Importancia relativa de los bosques del Paraguay en el control de la erosión eólica	16
3	Planificación espacial como herramienta para orientar el diseño y la implementación de políticas y medidas REDD+ en el Paraguay	17
3.1	Implementación de un Régimen de Servicios Ambientales en el Paraguay de acuerdo con lo establecido por la Ley N° 3001/2006 de Valoración y Retribución de los Servicios Ambientales.....	17
3.2	Implementación de prácticas agroforestales que contribuyan con los esfuerzos de mitigación del cambio climático y desarrollo sostenible del Paraguay.....	19
4	Conclusión	21
5	Referencias	22

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Tabla 1.	Lista de especies consideradas en el análisis de corredores biológicos. De acuerdo a las categorías establecidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) las siglas se refieren a: (CR) En Peligro Crítico, (EN) En Peligro, (VU) Vulnerable y (NT) Casi Amenazado..	7
Tabla 2.	Equivalencias entre las clasificaciones de aptitud y capacidad de uso de la tierra de Barboza Martínez (2008) y López Gorostiaga (1995) y el sistema generalizado utilizado para este análisis.....	15
Tabla 3.	Umbral seleccionados para evaluar la provisión de servicios ambientales priorizados en la Ley N° 3001/2006 de Valoración y Retribución de los Servicios Ambientales	18
Figura 1.-	Diagrama de flujo describiendo el análisis de superposición llevado a cabo para evaluar la conjugación de servicios ecosistémicos priorizados por la Ley N° 3001/2006 de Valoración y Retribución de los Servicios Ambientales.....	19
Tabla 4.	Umbral seleccionados para evaluar la provisión de beneficios múltiples a partir de la implementación de prácticas agroforestales.....	20
Figura 2.-	Diagrama de flujo describiendo el análisis de superposición llevado a cabo para evaluar el potencial de la implementación de prácticas agroforestales para promover la provisión de beneficios múltiples priorizados	21

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1a. Corredores biológicos potenciales entre áreas silvestres protegidas del Chaco.....	10
Mapa 1b. Corredores biológicos potenciales entre áreas silvestres protegidas de la región oriental.	10
Mapa 2. Corredores biológicos potenciales entre áreas silvestres protegidas y áreas consideradas como de alta prioridad para la conservación de especies seleccionadas en el Chaco.....	11
Mapa 3a. Resultado del análisis de corredores biológicos para Guyra campana (<i>Procnias nudicollis</i>)	12
Mapa 3b. Resultado del análisis de corredores biológicos para Tortolita alipúrpura (<i>Claravis geoffroyi</i>)	12

SIGLAS

ETN	Equipo Técnico Nacional
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAPI	Federación por la Autodeterminación de Pueblos Indígenas
INFONA	Instituto Forestal Nacional
MODIS	Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer
LCC	Corredores de Menor Costo (Least Cost Corridors)
LCP	Rutas de Menor Costo (Least Cost Path)
PNC ONU-REDD+	Programa Nacional Conjunto ONU-REDD+
PNUD	Programa las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PyMs	Políticas y medidas
REDD	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques
SEAM	Secretaría del Ambiente
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNEP-WCMC	Centro de Monitoreo de la Conservación Mundial del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

1 Introducción y contexto

La República del Paraguay, con el apoyo del Programa ONU-REDD, lleva a cabo actividades de preparación para la implementación de REDD+. REDD+ es una iniciativa que busca reducir las emisiones derivadas de la deforestación y degradación forestal en países en desarrollo, así como fomentar la conservación y el manejo sostenible de sus bosques y la mejora/aumento de las reservas de carbono forestal.

Los análisis espaciales del territorio pueden apoyar el desarrollo e implementación de estrategias nacionales REDD+, identificando áreas dónde las acciones REDD+ pudieran proporcionar beneficios más allá de la mitigación del cambio climático. A fin de profundizar la integración de los beneficios múltiples en la planificación REDD+ del Paraguay iniciada por el Programa Nacional Conjunto ONU-REDD+ (PNC ONU-REDD+) Paraguay con la publicación de Walcott et al. (2015); se desarrolló una nueva publicación PNC ONU-REDD+/SEAM/INFONA/FAPI (2016) con una nueva serie de análisis espaciales y un ejercicio de valoración monetaria, basados en un conjunto de beneficios no considerados anteriormente.

El presente informe técnico acompaña a PNC ONU-REDD+/SEAM/INFONA/FAPI (2016), presentando los métodos utilizados para generar y analizar la información que se presenta en dicha publicación. Este informe además pretende contribuir a una utilización más generalizada de los análisis espaciales en la planificación e implementación de REDD+. Los métodos presentados aquí corresponden a los siguientes análisis:

- Identificación de corredores biológicos potenciales para el mantenimiento de la conectividad entre áreas silvestres protegidas en base a las zonas boscosas del Paraguay.
- Evaluación del rol de los bosques en el control de la pérdida de suelo por erosión hídrica, incluyendo un análisis económico y otro relacionado a la capacidad del suelo para el desarrollo de actividades agropecuarias.
- Evaluación de la importancia relativa de los bosques del Paraguay en el control de la erosión eólica.

Un aporte adicional de PNC ONU-REDD+/SEAM/INFONA/FAPI (2016) fue la utilización de los resultados generados en estos análisis como insumo para evaluaciones piloto de políticas y medidas (PyMs) relevantes para la aplicación de REDD+ en el Paraguay, las cuales fueron priorizadas por partes interesadas nacionales y el Equipo Técnico Nacional (ETN) del PNC ONU-REDD+ Paraguay. Las evaluaciones piloto incluidas en este informe son:

- Implementación de un Régimen de Servicios Ambientales en el Paraguay de acuerdo con lo establecido por la Ley N° 3001/2006 de Valoración y Retribución de los Servicios Ambientales.
- Implementación de prácticas agroforestales que contribuyan con los esfuerzos de mitigación del cambio climático y desarrollo sostenible del Paraguay.

2 Análisis adicionales sobre los beneficios múltiples de REDD+ en el Paraguay

En el año 2015, el PNC ONU-REDD+ Paraguay publicó el primer análisis sobre los beneficios múltiples que pueden ser obtenidos a través de la implementación de REDD+ en el país (Walcott et al. 2015). Este informe proporcionó información clave para ayudar a la toma de decisiones REDD+, y para informar el desarrollo de la Estrategia Nacional REDD+ del Paraguay. El presente informe técnico¹ acompaña un segundo informe (PNC ONU-REDD+/SEAM/INFONA/FAPI 2016) que profundiza en el potencial de las PyMs REDD+ para la provisión de beneficios múltiples en el Paraguay.

En esta sección se describen los métodos utilizados para llevar a cabo un nuevo conjunto de análisis asociados al potencial de los bosques para proveer una serie de beneficios múltiples no contemplados anteriormente, a saber: (1) conectividad entre áreas silvestres protegidas; (2) control de la pérdida de suelo por erosión hídrica y (3) erosión eólica.

2.1 Corredores biológicos potenciales entre áreas silvestres protegidas del Paraguay

La conversión de áreas boscosas a zonas de uso agropecuario en el Paraguay, ha ocasionado una importante fragmentación de estos ecosistemas (Aide et al. 2013), creando un paisaje compuesto de parches de bosque cada vez más pequeños y aislados (Gorresen y Willig 2004). Es por este motivo que el mantenimiento de corredores biológicos ha sido reconocido como un importante beneficio potencial de REDD+ para el país.

Para identificar corredores biológicos potenciales en el Paraguay, se utilizó como áreas de estudio la superficie total del país más una zona búfer de 60 km a lo largo de la frontera del país. Esta zona fue incluida para evaluar la conectividad potencial más allá de los límites administrativos de Paraguay y explorar las posibilidades de conservación a nivel transfronterizo. La confección de la capa de áreas protegidas se realizó combinando la capa sobre la red de áreas silvestres protegidas de Paraguay (Secretaría del Ambiente 2011) con las áreas protegidas situadas en la zona búfer de Argentina, Bolivia y Brasil según los datos disponibles en la Base de Datos Mundial de Áreas Protegidas (UICN y UNEP-WCMC 2015). La cobertura boscosa fue determinada en base a los Campos Continuos de Vegetación de las imágenes satelitales MODIS (DiMiceli et al. 2011), ya que su extensión permitía abarcar toda el área de estudio y además era consistente con la información disponible a nivel nacional.

La identificación de corredores biológicos potenciales se llevó a cabo en base a la distribución de 53 especies de vertebrados terrestres asociados a hábitats boscosos. Las especies incluidas fueron previamente acordadas con contrapartes nacionales (Tabla I). El mapa de distribución para cada especie, así como información sobre su preferencia de hábitat, se obtuvo de la base de datos global de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (UICN 2015). Posteriormente, se ajustó cada una de las distribuciones a la cobertura boscosa ($\geq 10\%$ de cobertura leñosa) según DiMiceli et al. (2011).

Una vez obtenidas las áreas de distribución asociadas a bosque para cada una de las especies consideradas, se calculó el valor de conservación a nivel del pixel, en base a la convergencia de los rangos de distribución de las especies priorizadas y su representatividad en el territorio paraguayo. Para ello, se utilizó el programa informático Zonation que es una herramienta de planificación espacial que permite orientar decisiones relacionadas a la conservación de la biodiversidad (Moilanen et al. 2014). El valor de conservación se obtuvo a través de un proceso de extracción iterativa, basado en el

¹ Todos los análisis espaciales presenten en este informe se hicieron utilizando World Geodetic System (WGS) 84 como sistema de coordenadas.

número total de especies que se estimaron presentes en cada uno de acuerdo a los mapas de distribución y la rareza de cada una de ellas. El resultado de este proceso es una capa de información donde se clasificó el territorio paraguayo en función de su prioridad para la conservación del conjunto de especies escogidas, otorgando un valor entre 0 (prioridad nula) y 1 (máxima prioridad). El mapa de áreas silvestres protegidas del Paraguay (Secretaría del Ambiente 2011) fue utilizado como máscara jerárquica para asegurar que estas áreas fuesen priorizadas.

Tabla 1. Lista de especies consideradas en el análisis de corredores biológicos. De acuerdo a las categorías establecidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) las siglas se refieren a: (CR) En Peligro Crítico, (EN) En Peligro, (VU) Vulnerable y (NT) Casi Amenazado

NOMBRE CIENTÍFICO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CATEGORÍA UICN
<i>Acanthochelys pallidipectoris</i>	Reptiles	Testudines	<i>Chelidae</i>	VU
<i>Accipiter poliogaster</i>	Aves	Accipitriformes	<i>Accipitridae</i>	NT
<i>Amaurospiza moesta</i>	Aves	Passeriformes	<i>Cardinalidae</i>	NT
<i>Amazona pretrei</i>	Aves	Psittaciformes	<i>Psittacidae</i>	VU
<i>Amazona vinacea</i>	Aves	Psittaciformes	<i>Psittacidae</i>	EN
<i>Anabacerthia amaurotis</i>	Aves	Passeriformes	<i>Furnariidae</i>	NT
<i>Anodorhynchus hyacinthinus</i>	Aves	Psittaciformes	<i>Psittacidae</i>	VU
<i>Buteogallus coronatus</i>	Aves	Accipitriformes	<i>Accipitridae</i>	EN
<i>Cabassous chacoensis</i>	Mamíferos	Cingulata	<i>Dasypodidae</i>	NT
<i>Chrysocyon brachyurus</i>	Mamíferos	Carnivora	<i>Canidae</i>	NT
<i>Claravis geoffroyi</i>	Aves	Columbiformes	<i>Columbidae</i>	CR
<i>Clibanornis dendrocolaptoides</i>	Aves	Passeriformes	<i>Furnariidae</i>	NT
<i>Crax fasciolata</i>	Aves	Galliformes	<i>Cracidae</i>	VU
<i>Crossodactylus schmidtii</i>	Anfibios	Anura	<i>Hylodidae</i>	NT
<i>Dasypus hybridus</i>	Mamíferos	Cingulata	<i>Dasypodidae</i>	NT
<i>Eleothreptus anomalus</i>	Aves	Caprimulgiformes	<i>Caprimulgidae</i>	NT
<i>Euphonia chalybea</i>	Aves	Passeriformes	<i>Fringillidae</i>	NT
<i>Falco deiroleucus</i>	Aves	Falconiformes	<i>Falconidae</i>	NT
<i>Harpia harpyja</i>	Aves	Accipitriformes	<i>Accipitridae</i>	NT
<i>Leopardus colocolo</i>	Mamíferos	Carnivora	<i>Felidae</i>	NT
<i>Leopardus geoffroyi</i>	Mamíferos	Carnivora	<i>Felidae</i>	NT
<i>Leopardus tigrinus</i>	Mamíferos	Carnivora	<i>Felidae</i>	VU
<i>Leopardus wiedii</i>	Mamíferos	Carnivora	<i>Felidae</i>	NT
<i>Leptodactylus laticeps</i>	Anfibios	Anura	<i>Leptodactylidae</i>	NT
<i>Morphnus guianensis</i>	Aves	Accipitriformes	<i>Accipitridae</i>	NT
<i>Myotis ruber</i>	Mamíferos	Chiroptera	<i>Vespertilionidae</i>	NT
<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	Mamíferos	Pilosa	<i>Myrmecophagidae</i>	VU
<i>Neochen jubata</i>	Aves	Anseriformes	<i>Anatidae</i>	NT
<i>Panthera onca</i>	Mamíferos	Carnivora	<i>Felidae</i>	NT
<i>Phibalura flavirostris</i>	Aves	Passeriformes	<i>Cotingidae</i>	NT
<i>Phylloscartes eximius</i>	Aves	Passeriformes	<i>Tyrannidae</i>	NT
<i>Phylloscartes paulista</i>	Aves	Passeriformes	<i>Tyrannidae</i>	NT

NOMBRE CIENTÍFICO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CATEGORÍA UICN
<i>Phylloscartes sylviolus</i>	Aves	Passeriformes	<i>Tyrannidae</i>	NT
<i>Picus aurulentus</i>	Aves	Piciformes	<i>Picidae</i>	NT
<i>Pipile jacutinga</i>	Aves	Galliformes	<i>Cracidae</i>	EN
<i>Platyrinchus leucoryphus</i>	Aves	Passeriformes	<i>Tyrannidae</i>	VU
<i>Polioptila lactea</i>	Aves	Passeriformes	<i>Poliptilidae</i>	NT
<i>Primolius maracana</i>	Aves	Psittaciformes	<i>Psittacidae</i>	NT
<i>Priodontes maximus</i>	Mamíferos	Cingulata	<i>Dasypodidae</i>	VU
<i>Procnias nudicollis</i>	Aves	Passeriformes	<i>Cotingidae</i>	VU
<i>Pseudastur polionotus</i>	Aves	Accipitriformes	<i>Accipitridae</i>	NT
<i>Pteroglossus bailloni</i>	Aves	Piciformes	<i>Ramphastidae</i>	NT
<i>Pteronura brasiliensis</i>	Mamíferos	Carnivora	<i>Mustelidae</i>	EN
<i>Pyrrhura devillei</i>	Aves	Psittaciformes	<i>Psittacidae</i>	NT
<i>Speothos venaticus</i>	Mamíferos	Carnivora	<i>Canidae</i>	NT
<i>Spizaetus ornatus</i>	Aves	Accipitriformes	<i>Accipitridae</i>	NT
<i>Sporophila falcirostris</i>	Aves	Passeriformes	<i>Thraupidae</i>	VU
<i>Sporophila frontalis</i>	Aves	Passeriformes	<i>Thraupidae</i>	VU
<i>Strix hylophila</i>	Aves	Strigiformes	<i>Strigidae</i>	NT
<i>Tapirus terrestris</i>	Mamíferos	Perissodactyla	<i>Tapiridae</i>	VU
<i>Tayassu pecari</i>	Mamíferos	Cetartiodactyla	<i>Tayassuidae</i>	VU
<i>Thylamys macrurus</i>	Mamíferos	Didelphimorphia	<i>Didelphidae</i>	NT
<i>Tinamus solitarius</i>	Aves	Tinamiformes	<i>Tinamidae</i>	NT

Posteriormente, la capa de valor para la conservación se utilizó como insumo para identificar corredores biológicos potenciales entre las áreas protegidas consideradas. Esto se hizo calculando de: 1) rutas de menor costo (LCPs, por sus siglas en inglés) y 2) corredores de menor costo (LCCs, por sus siglas en inglés). Las LCPs son comúnmente utilizadas en el modelaje de la conectividad ecológica permitiendo identificar la ruta de menor “costo” para el movimiento de individuos entre fragmentos de hábitat (Sawyer et al. 2011). El costo se determina en base a barreras físicas, riesgo de depredación o algún otro factor relevante. Por su parte, los LCCs, se obtienen del cálculo de rutas de bajo costo alternativas en función de las LCPs. Esto permite ampliar el área disponible para planificar efectivamente la conservación de la conectividad. En este caso, el costo fue determinado en base a la capa resultante del análisis en Zonation, siendo las áreas con mayor prioridad para la conservación del conjunto de especies seleccionadas aquellas con un menor “costo”. En consecuencia, los corredores identificados representan rutas entre áreas protegidas que captan los valores de mayor prioridad de conservación. Es importante destacar, sin embargo, que dada las particularidades del análisis y la distribución de las especies analizadas, no todas ellas se beneficiarían de los corredores identificados.

Dado que el análisis a nivel nacional categoriza el territorio en función de su prioridad en esta misma escala, es posible que éste subestimara la aptitud de los bosques del Chaco debido a que es en la región oriental donde se encuentra la mayor concentración de especies. En consecuencia, se llevó a cabo un análisis individualizado para cada una de las regiones, sin encontrar diferencias relevantes en la distribución de corredores en cada zona, con lo cual se concluyó que el análisis a escala nacional es lo suficientemente robusto para resistir el efecto que la marcada concentración espacial de especies en la región oriental podría tener sobre los resultados en todo su conjunto. Los Mapas 1a y 1b muestran los resultados del análisis realizados para el Chaco (1a) y la región oriental (1b) del Paraguay,

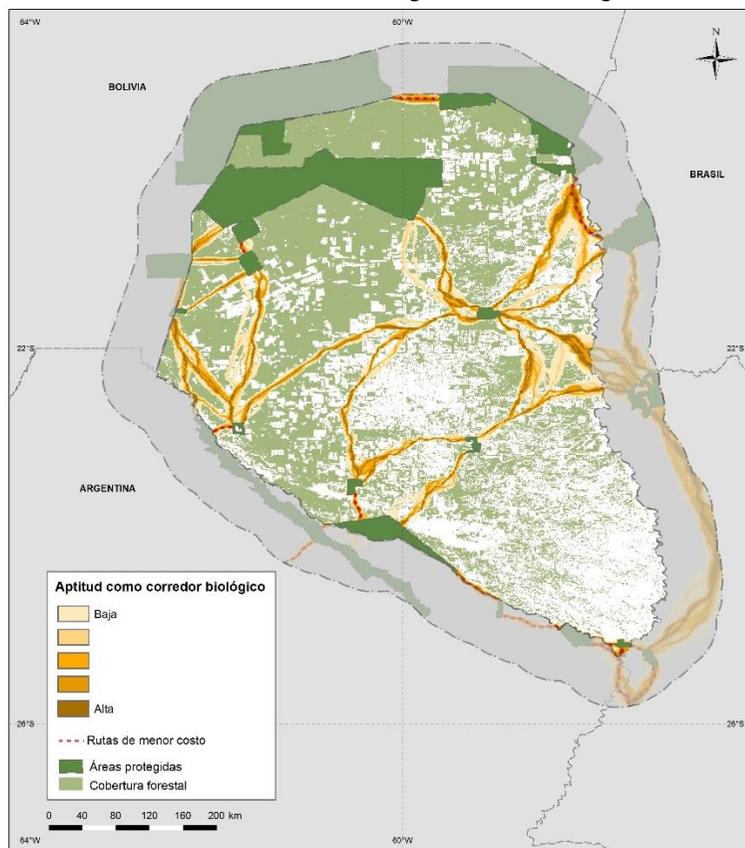
lo cuales fueron comparados con el Mapa 1 presentado en PNC ONU-REDD+/SEAM/INFONA/FAPI (2016) a escala nacional.

De forma alternativa, se repitió el análisis descrito arriba considerando 20% de las zonas con mayores valores de prioridad de conservación como máscara jerárquica. La prioridad de conservación se definió en base a la capa generada por Zonation, incluyendo todas las áreas protegidas, pero eliminando zonas con una superficie inferior a 5 km², para focalizar el análisis en la identificación de corredores entre áreas grandes y medianas. El Mapa 2 presenta el resultado de este análisis para el Chaco, como ejemplo.

Los mapas generados para este análisis pueden ser útiles para indicar áreas de potencial importancia como corredor para el conjunto de especies consideradas. Las rutas de menor costo, sin embargo, no debieran ser utilizadas como insumos para una planificación más detallada sino como indicadores de los corredores que más fácilmente podrían ser implantados en la práctica debido a su menor longitud y, en consecuencia, menores costos asociados. Cabe destacar también que la delimitación final de un eventual corredor dependerá en la práctica de otros factores, como por ejemplo el uso actual del suelo en la zona identificada como corredor potencial o la capacidad de dispersión de las especies para las cuales estará destinado el corredor. Es importante resaltar también que el hecho que un determinado corredor sea potencialmente el más apto para el conjunto de especies consideradas no tiene por qué significar que es el más apto para una especie en particular. Los Mapas 3a y 3b ilustran este hecho tomando los resultados de dos especies individuales como ejemplo: la Guyra campana (*Procnias nudicollis*), el ave nacional de Paraguay, y la Tortolita alipúrpura (*Claravis geoffroyi*), la única de las especies consideradas catalogadas como “En Peligro Crítico” de extinción a nivel mundial según la UICN (UICN 2015).

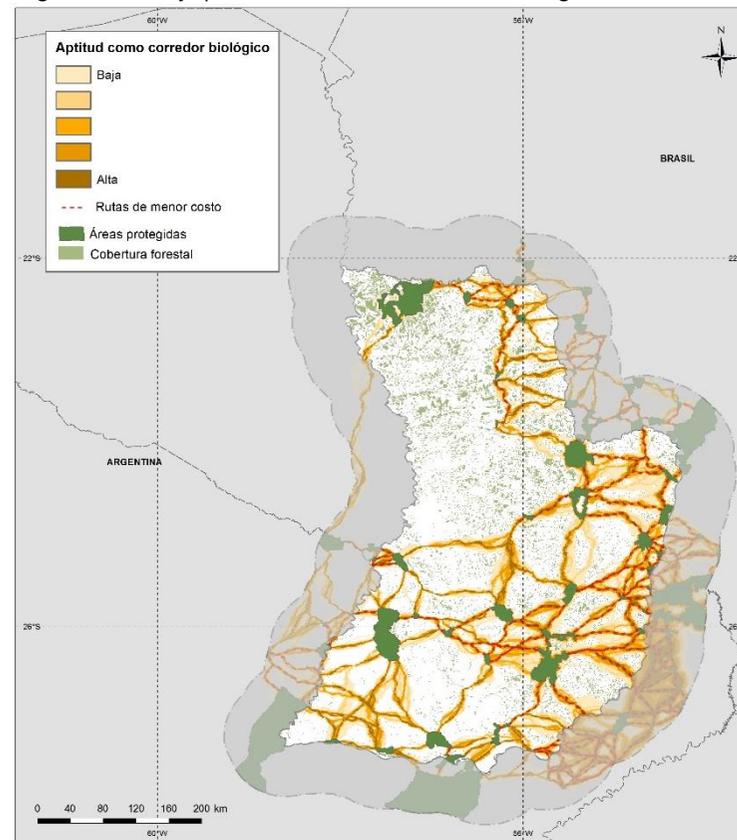
Mapa 1a. Corredores biológicos potenciales entre áreas silvestres protegidas del Chaco

Este mapa muestra áreas de potencial utilidad para asegurar la conectividad de áreas silvestres protegidas en el Chaco de acuerdo al conjunto de vertebrados amenazados utilizados para el análisis. Las rutas de menor costo (en color rojo y línea pespunteada) indican zonas que probablemente tengan mayor probabilidad de ser materializadas como figuras de manejo para conservar la conectividad ecológica debido a su longitud.



Mapa 1b. Corredores biológicos potenciales entre áreas silvestres protegidas de la región oriental

Este mapa muestra áreas de potencial utilidad para asegurar la conectividad de áreas silvestres protegidas de la región oriental del Paraguay en función del conjunto de vertebrados amenazados utilizados para el análisis. Las rutas de menor costo (en color rojo y línea pespunteada) indican zonas que probablemente tengan mayor probabilidad de ser materializadas como figuras de manejo para conservar la conectividad ecológica debido a su longitud.



Metodología y fuentes de datos:

Áreas silvestres protegidas: Secretaría del Ambiente (SEAM). *Áreas silvestres protegidas*. Dirección General de Protección y Conservación de la Biodiversidad de la Secretaría del Ambiente. Asunción, Paraguay: SEAM. 2011 y UICN y UNEP-WCMC (2015). *The World Database on Protected Areas (WDPA)*, Cambridge, UK: UNEP-WCMC 2015.

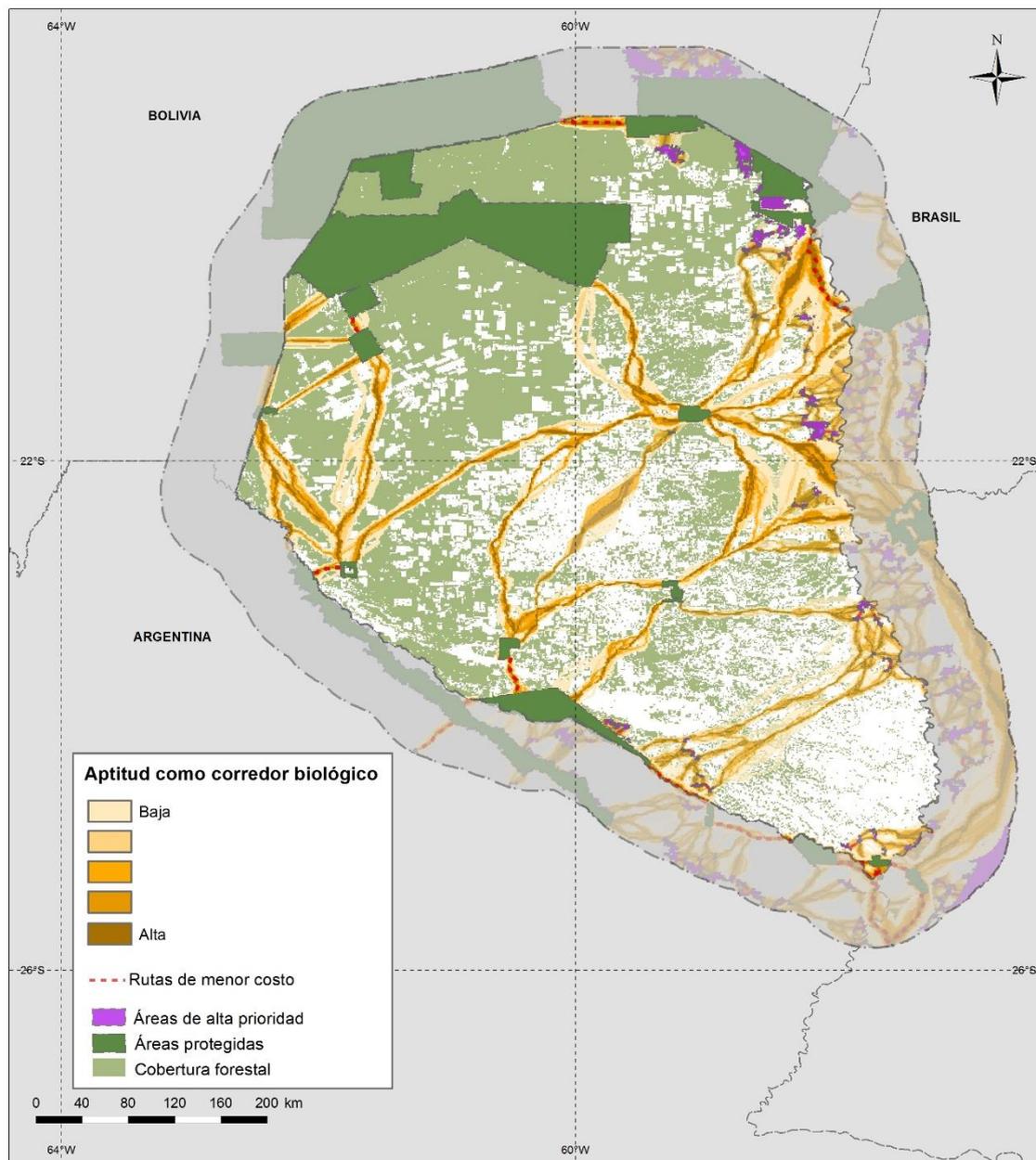
Cobertura forestal: DiMiceli et al. *Annual Global Automated MODIS Vegetation Continuous Fields (MOD44B) at 250m Spatial Resolution for Data Years Beginning Day 65, 2000-2010, Collection 5 Percent Tree Cover*. University of Maryland, USA. 2011.

Vertebrados terrestres amenazados: Basado en las especies amenazadas priorizadas por las contrapartes nacionales e información disponible en: UICN (2015). Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Versión 2015-3.

Un área de estudio que abarca la superficie de cada una de las regiones del Paraguay (i.e. Chaco y región oriental) y un búfer de 60 km a lo largo de los límites de cada, se utilizó para identificar corredores biológicos potenciales entre áreas silvestres protegidas. Esto se realizó generando una capa de valor de conservación basada en la distribución de 53 vertebrados terrestres de hábitos boscosos, que fueron priorizados por contrapartes nacionales. Dicha capa fue obtenida de la herramienta de planificación espacial Zonation, posterior a lo cual, se calcularon "rutas y corredores de menor costo" entre áreas silvestres protegidas utilizando el programa ArcGIS 10.2.2.

Mapa 2. Corredores biológicos potenciales entre áreas silvestres protegidas y áreas consideradas como de alta prioridad para la conservación de especies seleccionadas en el Chaco

Este mapa muestra áreas de potencial utilidad para asegurar la conectividad de áreas silvestres protegidas y áreas de alta importancia para la conservación del grupo de especies asociadas a ecosistemas boscosos que fueron priorizadas. Debido a su longitud, las rutas de menor costo (en color rojo y línea pespunteada) indican zonas que probablemente tengan mayor probabilidad de ser materializadas como figuras de manejo para conservar la conectividad ecológica.



Metodología y fuentes de datos:

Áreas silvestres protegidas: Secretaría del Ambiente (SEAM). *Áreas silvestres protegidas*. Dirección General de Protección y Conservación de la Biodiversidad de la Secretaría del Ambiente. Asunción, Paraguay: SEAM. 2011 y UICN y UNEP-WCMC (2015). *The World Database on Protected Areas (WDPA)*, Cambridge, UK: UNEP-WCMC 2015.

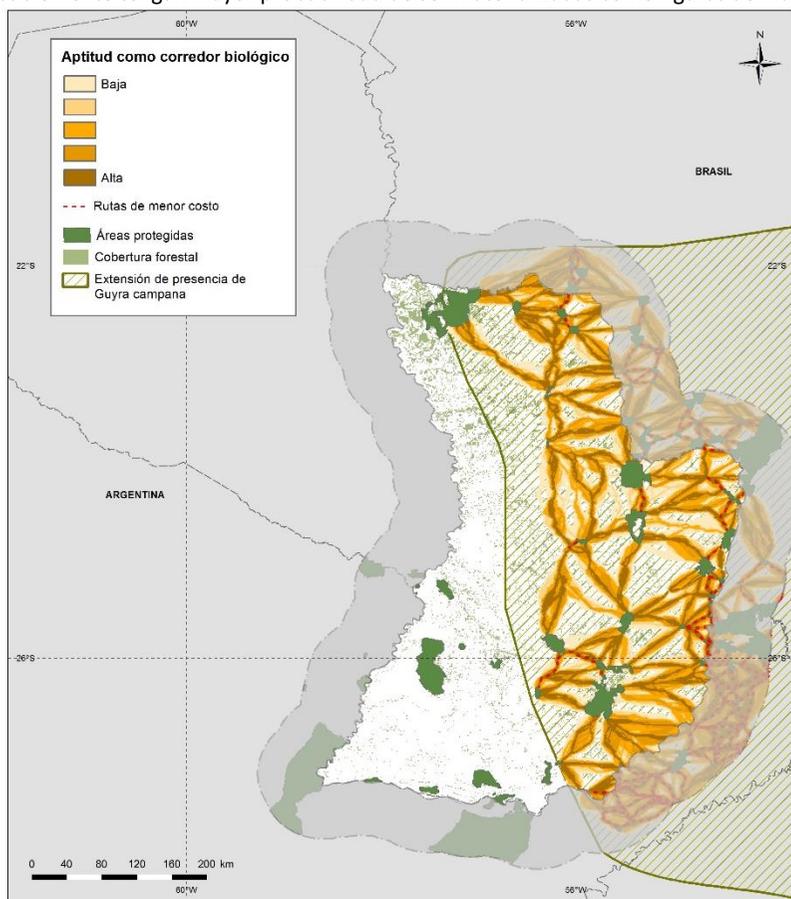
Cobertura forestal: DiMiceli et al. *Annual Global Automated MODIS Vegetation Continuous Fields (MOD44B) at 250m Spatial Resolution for Data Years Beginning Day 65, 2000-2010, Collection 5 Percent Tree Cover*. University of Maryland, USA. 2011.

Vertebrados terrestres amenazados: Basado en las especies amenazadas priorizadas por las contrapartes nacionales e información disponible en: UICN (2015). Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Versión 2015-3.

Un área de estudio que abarca la superficie del Chaco y un búfer de 60 km a lo largo de sus límites se utilizó para identificar corredores biológicos potenciales entre áreas silvestres protegidas y áreas de importancia para la conservación. Esto se realizó generando una capa de valor de conservación basada en la distribución de 53 vertebrados terrestres de hábitos boscosos, que fueron priorizados por contrapartes nacionales. Dicha capa fue obtenida de la herramienta de planificación espacial Zonation, posterior a lo cual, se calcularon "rutas y corredores de menor costo" entre áreas silvestres protegidas utilizando el programa ArcGIS 10.2.2.

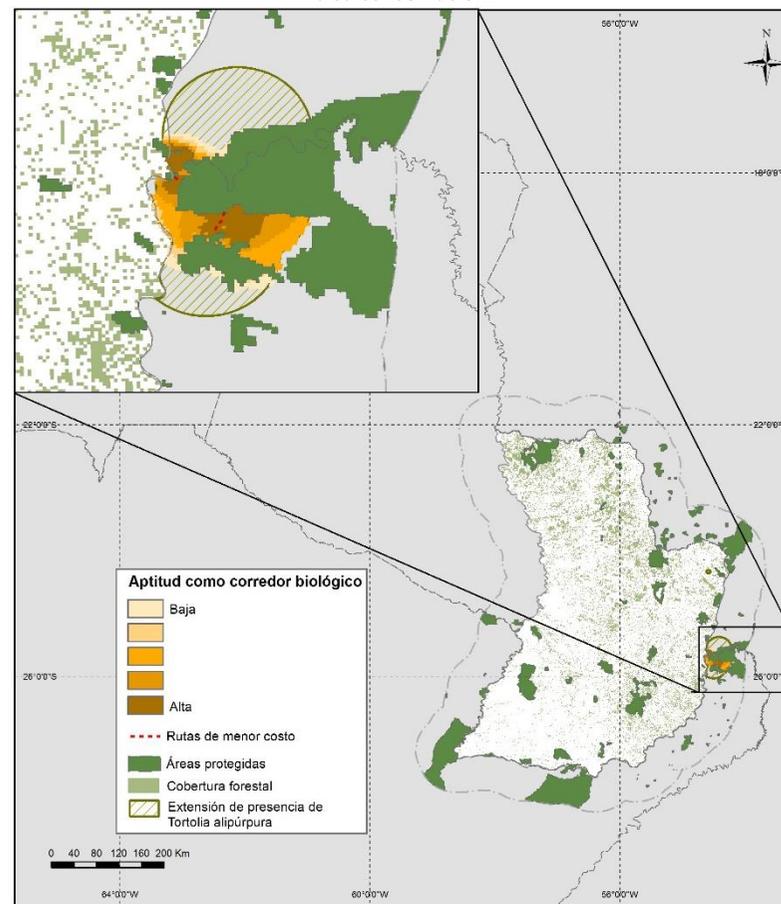
Mapa 3a. Resultado del análisis de corredores biológicos para *Guyra campana* (*Procnias nudicollis*)

Este mapa muestra áreas de potencial utilidad para asegurar la conectividad de áreas silvestres protegidas que se encuentran dentro del rango de distribución de *Guyra campana*. Al igual que para mapas anteriores, las rutas de menor costo (en color rojo y línea pespunteada) indican zonas que probablemente tengan mayor probabilidad de ser materializadas como figuras de manejo.



Mapa 3b. Resultado del análisis de corredores biológicos para *Tortolita alipúrpura* (*Claravis geoffroyi*)

Este mapa muestra áreas de potencial utilidad para asegurar la conectividad de áreas protegidas dentro del rango de distribución de la *Tortolita alipúrpura*. Dada la restringida distribución de esta especie, los corredores identificados dentro del Paraguay no parecieran contribuir substancialmente a su conservación.



Metodología y fuentes de datos:

Áreas silvestres protegidas: Secretaría del Ambiente (SEAM). *Áreas silvestres protegidas*. Dirección General de Protección y Conservación de la Biodiversidad de la Secretaría del Ambiente. Asunción, Paraguay: SEAM. 2011 y UICN y UNEP-WCMC (2015). *The World Database on Protected Areas (WDPA)*, Cambridge, UK: UNEP-WCMC 2015.

Cobertura forestal: DiMiceli et al. *Annual Global Automated MODIS Vegetation Continuous Fields (MOD44B) at 250m Spatial Resolution for Data Years Beginning Day 65, 2000-2010, Collection 5 Percent Tree Cover*. University of Maryland, USA. 2011.

Vertebrados terrestres amenazados (incluyendo *Guyra campana* y la *Tortolita alipúrpura*): UICN (2015). Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Versión 2015-3.

Un área de estudio que abarca la superficie de la región oriental del Paraguay y un búfer de 60 km a lo largo de sus límites se utilizó para identificar corredores biológicos potenciales entre áreas silvestres protegidas. Esto se realizó generando una capa de valor de conservación basada en la distribución de 53 vertebrados terrestres de hábitos boscosos, que fueron priorizados por contrapartes nacionales. Dicha capa fue obtenida de la herramienta de planificación espacial Zonation, posterior a lo cual, se calcularon "rutas y corredores de menor costo" entre áreas silvestres protegidas utilizando el programa ArcGIS 10.2.2.

2.2 Importancia relativa de los bosques del Paraguay para el control de la erosión hídrica del suelo

Esta evaluación estuvo compuesta de tres análisis asociados al rol de los bosques paraguayos en la mitigación de impactos asociados a la erosión hídrica del suelo. En este sentido, se presentan los métodos utilizados para estimar: (1) la contribución de estos ecosistemas en el control de la pérdida de suelo por erosión hídrica, (2) la relación entre este proceso y la protección de suelos con capacidad para el desarrollo de actividades agropecuarias y (3) una valoración económica del servicio de retención de sedimentos aportado por los bosques del Paraguay en función de los ríos navegables.

2.2.1 Contribución de los bosques en el control de la erosión hídrica del suelo

Para calcular la contribución de los bosques paraguayos en el control de la pérdida de suelo por erosión hídrica se utilizó el modelo WaterWorld. WaterWorld estima, de forma espacialmente explícita, el comportamiento de los recursos hídricos frente a diversos escenarios de uso del suelo utilizando modelos físicos (Mulligan 2013).

Como primer paso en este análisis, se ejecutó el modelo WaterWorld considerando el nivel de cobertura vegetal actual como escenario base, para lo que se utilizó la variable Campos Continuos de Vegetación de MODIS (DiMiceli et al. 2011) descritos en la Sección 2.1. Posteriormente, se ejecutó el modelo una segunda vez eliminado la cobertura de vegetación leñosa. En cada caso, la erosión hídrica fue estimada a nivel de píxel mediante la ecuación de Thornes (1990):

$$E = kQ^m S^n * e^{-0.07*Vc}$$

Dónde E representa la erosión en mm de suelo por metro cuadrado por mes, K representa la erodibilidad del suelo, Q la cantidad de escorrentía en mm por metro cuadrado por mes, M corresponde a la constante de Manning (valor igual a 1,66 m^{-1/3} s), S es la tangente de la pendiente, n es un valor constante (2,0), la variable Vc representa el porcentaje de cobertura vegetal existente (%).

La diferencia entre los valores de erosión del suelo (en mm) obtenidos para cada escenario se asumió como la erosión hídrica evitada por los bosques del Paraguay por píxel (unidad de análisis). Posteriormente, estos valores se utilizaron para calcular las toneladas de suelo promedio por hectárea de cuenca que son retenidas anualmente por dichos ecosistemas (diferencia de erosión hídrica del suelo para cada cuenca). Esto se hizo dividiendo los valores medios de pérdida de suelo en cada cuenca entre su área total. La cobertura de unidades hidrológicas fue obtenida de la base de datos *Hydrobasins* seleccionando el nivel 7 de un total de 12 niveles, que representan unidades de menor tamaño en cada nivel (Lehner y Grill 2013). El nivel escogido responde a que se consideró como el que representaba la unidad de trabajo más adecuada a la extensión del área de estudio (i.e. límite nacional del Paraguay) y la resolución espacial del análisis. El Mapa 2 de PNC ONU-REDD+/SEAM/INFONA/FAPI (2016) corresponde al mapa resultante de estos análisis.

2.2.2 Prevención de la erosión hídrica por parte de los bosques y la capacidad del suelo para el desarrollo de actividades agropecuarias

La erosión hídrica representa una amenaza grave para la sostenibilidad de sistemas agropecuarios, por lo que se generó un mapa que permite evaluar visualmente la contribución de los bosques del Paraguay al mantenimiento de suelos con capacidad para uso agropecuario.

El primer paso para la elaboración de este producto, fue la reinterpretación de las clasificaciones de aptitud y capacidad de uso de la tierra de Barboza Martínez (2008) (región del Chaco) y López Gorostiaga (1995) (región oriental) respectivamente, para generar una capa generalizada de

capacidad de uso de la tierra en el Paraguay. El sistema de clasificación permite homologar de forma las clasificaciones disponibles en base a cuatro categorías generales (Buena, Moderada, Limitada, No Adecuada), que buscan reflejar la capacidad de los suelos para ser utilizados únicamente en actividades agropecuarias (Tabla 2). En el mismo prioriza la capacidad de uso agrícola de los suelos por encima del uso pecuario, debido a los mayores requerimientos físico-químicos necesarios para que la agricultura sea una actividad productiva, así como los rendimientos económicos superiores registrados por cultivos como la soja sobre otros usos potenciales.

Una vez generada esta capa, la misma se intersectó con el Mapa 2 de PNC ONU-REDD+/SEAM/INFONA/FAPI (2016) produciendo el Mapa 3a de dicha publicación con leyenda en formato matriz que evidencia la importancia de la cobertura forestal del Paraguay para la protección de suelos aledaños con potencial para el desarrollo y mantenimiento de actividades agropecuarias.

2.2.3 Valoración del servicio de retención de sedimentos aportado por los bosques en función de los ríos navegables

Para estimar el valor monetario asociado al servicio de retención de sedimentos aportado por los bosques del Paraguay, se estimó el valor de deposición de sedimentos por pixel utilizando el modelo WaterWorld reseñado en la Sección 2.2.1. WaterWorld cuenta con un módulo destinado al cálculo de la capacidad de transporte de sedimentos. Ésta se calcula a partir de la potencia de la corriente que se obtiene de la cantidad de escorrentía y la pendiente (Kirkby, 1976):

$$T_c = Q^{1.7} \sin(S)^{0.001} (1 - V_c)$$

Según esta ecuación, el transporte de sedimentos (S) se produce cuando la suma de sedimentos provenientes de aguas arriba más los producidos por la erosión local es menor que la capacidad de transporte (Tc). Por su parte, la deposición de sedimentos se produce cuando S es mayor que Tc. El modelo calcula valores mensuales, no siendo capaz de captar los impactos de eventos extremos de lluvia y desprendimientos súbitos de tierra.

Para este análisis se utilizaron los mismos escenarios descritos en la Sección 2.2.1, obteniéndose diferencias en la deposición de sedimentos para los ríos Paraná y Paraguay. Dichos valores fueron luego acumulados a nivel de cuenca, para obtener conocer la magnitud del servicio de retención de sedimentos aportado por los bosques del país. Finalmente, se asignó un costo de 4,48 USD por tonelada de metro cúbico al dragado de sedimentos. Este monto corresponde al calculado por Guerrero et al. (2013) para el río Paraguay en Argentina y se asumió que los costos no variarían significativamente para el Paraguay. A cada cuenca se le atribuyó un costo total de dragado en base a su contribución relativa en la sedimentación de los dos principales ríos navegables. Estos valores fueron presentados como dólar estadounidense por hectárea de cuenca en el Mapa 4 de PNC ONU-REDD+/SEAM/INFONA/FAPI (2016), para evidenciar el gasto evitado al conservar las áreas boscosas del Paraguay.

Tabla 2. Equivalencias entre las clasificaciones de aptitud y capacidad de uso de la tierra de Barboza Martínez (2008) y López Gorostiaga (1995) y el sistema generalizado utilizado para este análisis.

Región del Chaco		
Categoría según Barboza Martínez (2008)	Definición	Nueva categoría
2 P	Cultivos forrajeros con aptitud buena	Moderada
10 (p)	Cultivos forrajeros con aptitud restringida	Limitada
4 N	Forrajes naturales con buena aptitud	Moderada
4 N / 5 a1 a2	Forrajes naturales con aptitud buena / Agricultura de ciclo corto y/o de ciclo largo con aptitud moderada	Moderada
4 N / 9 (a1)	Forrajes naturales con aptitud buena / Agricultura de ciclo corto con aptitud restringida	Limitada
1 a1 a2	Agricultura de ciclo corto y/o de ciclo largo con aptitud buena	Buena
6 p	Cultivos forrajeros con aptitud moderada	Limitada
5 a2	Agricultura de ciclo largo con aptitud moderada	Moderada
5 a1 a2	Agricultura de ciclo corto y/o de ciclo largo con aptitud moderada	Moderada
12 (n)	Forrajes naturales con aptitud restringida	Limitada
12 (n s1)	Explotación forestal y/o forrajes naturales con aptitud restringida	Limitada
9 (a1)	Agricultura de ciclo corto con aptitud restringida	Limitada
13 Rp	Preservación no apto	No Apta

Región oriental		
Categoría según López Gorostiaga (1995)	Definición	Nueva categoría
1	Sin o con pocas limitaciones de uso	Buena
2	Limitaciones de uso moderadas	Moderada
3	Limitaciones de uso severas	Limitada
4	Limitaciones de uso muy severas	Limitada
5	Limitaciones de uso severas	Moderada
6	Generalmente inadecuado para uso agropecuario	Limitada
7	Inadecuado para uso agropecuario	Limitada
8	Inadecuado para uso agropecuario	No Apta

2.2.4 Valoración del servicio de retención de sedimentos aportado por los bosques en función de los ríos navegables

Para estimar el valor monetario asociado al servicio de retención de sedimentos aportado por los bosques del Paraguay, se estimó el valor de deposición de sedimentos por pixel utilizando el modelo WaterWorld reseñado en la Sección 2.2.1. WaterWorld cuenta con un módulo destinado al cálculo de la capacidad de transporte de sedimentos. Ésta se calcula a partir de la potencia de la corriente que se obtiene de la cantidad de escorrentía y la pendiente (Kirkby, 1976):

$$T_c = Q^{1.7} \sin(S)^{0.001} (1 - V_c)$$

Según esta ecuación, el transporte de sedimentos (S) se produce cuando la suma de sedimentos provenientes de aguas arriba más los producidos por la erosión local es menor que la capacidad de transporte (T_c). Por su parte, la deposición de sedimentos se produce cuando S es mayor que T_c . El modelo calcula valores mensuales, no siendo capaz de captar los impactos de eventos extremos de lluvia y desprendimientos súbitos de tierra.

Para este análisis se utilizaron los mismos escenarios descritos en la Sección 2.2.1, obteniéndose diferencias en la deposición de sedimentos para los ríos Paraná y Paraguay. Dichos valores fueron luego acumulados a nivel de cuenca, para obtener conocer la magnitud del servicio de retención de sedimentos aportado por los bosques del país. Finalmente, se asignó un costo de 4,48 USD por tonelada de metro cúbico al dragado de sedimentos. Este monto corresponde al calculado por Guerrero et al. (2013) para el río Paraguay en Argentina y se asumió que los costos no variarían significativamente para el Paraguay. A cada cuenca se le atribuyó un costo total de dragado en base a su contribución relativa en la sedimentación de los dos principales ríos navegables. Estos valores fueron presentados como dólar estadounidense por hectárea de cuenca en el Mapa 4 de PNC ONU-REDD+/SEAM/INFONA/FAPI (2016), para evidenciar el gasto evitado al conservar las áreas boscosas del Paraguay.

2.3 Importancia relativa de los bosques del Paraguay en el control de la erosión eólica

La erosión eólica constituye un factor clave en procesos de degradación del suelo en zonas áridas y semi-áridas (López Sánchez et al. 2007; Peterson et al. 2006). En consecuencia, el rol de los bosques en el control de este proceso, fue uno de los beneficios priorizados por partes interesadas nacionales y el ETN del PNC ONU-REDD+ Paraguay para ser analizado en este segundo informe.

La incidencia e impacto de la erosión eólica depende básicamente de 4 factores clave (Shao y Leslie, 1997): el clima (i.e. viento y humedad), las características del suelo, la topografía y la cobertura vegetal. Por tanto, se determinó la importancia relativa de los bosques del Paraguay en el control de este proceso mediante la estimación espacialmente explícita de estos factores. El método empleado se basó en un análisis de superposición, parcialmente orientado por los trabajos de Mezósi et al. (2015), Tsogtbaatar y Khudulmur (2014) y FAO (1979).

La capacidad erosiva del clima fue estimada a través del cálculo del Factor C de la Ecuación Universal de la Erosión Eólica (USDA 1961), a partir de la fórmula propuesta por FAO (1979):

$$C = \frac{1}{100} \times \sum_{i=1}^{12} u^3 \left(\frac{PET_i - P_i}{PET_i} \right) d$$

Dónde u es la velocidad media mensual del viento (en m/s); PET_i es la evapotranspiración potencial media mensual, P_i representa la precipitación media mensual y d es el número de días del mes. Posteriormente, los valores obtenidos de esta ecuación fueron clasificados en 8 clases diferentes.

Los datos de precipitación media mensual para el Paraguay fueron obtenidos de WorldClim (Hijmans et al. 2005) y la evapotranspiración potencial media mensual de Zomer et al. (2008). La velocidad media mensual de viento, se calculó creando una capa espacial a partir de la interpolación de mediciones diarias de la velocidad media obtenida de datos colectados en 61 estaciones meteorológicas del Paraguay y zonas limítrofes de Argentina, Bolivia y Brasil. Dichos datos fueron descargados de NOAA (2015) y trabajados en el programa estadístico R (R Development Core Team 2008) para generar la capa necesaria.

El nivel de erodibilidad del suelo fue estimado mediante la reclasificación de los datos de textura y contenido de carbonatos de la Base de Datos Armonizada de los Suelos del Mundo (FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC, 2009) en los 8 grupos de erodibilidad eólica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) (Fischer et al. 2008). La complejidad topográfica o rugosidad del mismo fue calculada con el Índice de Rugosidad del Terreno propuesto por Riley et al. (1999), el cual se computa a partir de la diferencia entre el valor de cada pixel y la media de los 8 pixeles circundantes utilizando un Modelo Digital del Terreno (resolución 90 m). Los valores obtenidos se clasificaron posteriormente en 8 clases propuestas por el propio Riley (de “Llano” a “Extremadamente Rugoso”). Finalmente, se llevó a cabo un análisis de superposición para combinar los 4 factores relacionados a la incidencia y el impacto de la erosión eólica en el Paraguay y la capa de cobertura forestal del Inventario Forestal Nacional (PNC ONU-REDD+ 2011). El resultado fue el Mapa 5 de PNC ONU-REDD+/SEAM/INFONA/FAPI (2016) sobre la importancia relativa de los bosques del Paraguay para el control de la erosión eólica.

3 Planificación espacial como herramienta para orientar el diseño y la implementación de políticas y medidas REDD+ en el Paraguay

La planificación espacial del territorio puede apoyar la toma de decisiones asociadas al desarrollo de una Estrategia Nacional REDD+, así como el diseño y la implementación de PyMs específicas asociadas a REDD+ en el Paraguay. Esto es posible dado a que permite la identificación de áreas prioritarias para la provisión de beneficios múltiples y/o donde la implementación de REDD+ podría conllevar ciertos riesgos o ser menos viable. En esta sección se presentan los métodos utilizados para desarrollar dos análisis pilotos sobre PyMs específicas de potencial interés para la implementación de REDD+ en el Paraguay. Los ejemplos utilizados fueron seleccionados por partes interesadas nacionales y el ETN del PNC ONU-REDD+ Paraguay, a saber:

- Implementación de un Régimen de Servicios Ambientales en el Paraguay de acuerdo con lo establecido por la Ley N° 3001/2006 de Valoración y Retribución de los Servicios Ambientales.
- Implementación de prácticas agroforestales que contribuyan con los esfuerzos de mitigación del cambio climático y desarrollo sostenible del Paraguay.

3.1 Implementación de un Régimen de Servicios Ambientales en el Paraguay de acuerdo con lo establecido por la Ley N° 3001/2006 de Valoración y Retribución de los Servicios Ambientales

Para ejemplificar el uso de herramientas de planificación espacial en el contexto de la implementación de la Ley N° 3001/2006 (Poder Legislativo 2006) se realizó una serie de análisis que permitieron identificar áreas donde se conjuga la provisión de servicios ambientales priorizados en la misma: (1) mitigación de las emisiones de gases con efecto invernadero, (2) conservación de la biodiversidad, (3)

protección de suelos y recursos hídricos. Para ello, se utilizaron las siguientes fuentes de información espacial:

- Carbono de la biomasa derivado de Saatchi et al. (2011) para el territorio paraguayo por Walcott et al. (2015).
- Riqueza de especies amenazadas asociadas a hábitats boscosos. Esta capa fue generada a partir de 53 especies priorizadas por partes interesadas nacionales y el ETN del PNC ONU-REDD+ Paraguay para el análisis de corredores potenciales descrito en la Sección 2.1. Las especies incluidas fueron aquellas asociadas a ecosistemas boscosos según información sobre preferencias de hábitat disponible en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (UICN 2015). Además, se utilizó la información sobre la distribución de cada especie existente en esta misma base de datos (Sección 2.1).
- Contribución de los bosques en el control de la erosión hídrica del suelo (Sección 2.2.1).
- Importancia relativa de los bosques del Paraguay en el control de la erosión eólica (Sección 2.3).
- Mapa bosque/nobosque (PNC ONU-REDD+ Paraguay 2011).
- Incidencia de pobreza por municipalidad en el territorio paraguayo (Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos 2012).

El primer paso hacia la identificación de áreas que conjugan la provisión de servicios ambientales priorizados, es el establecimiento de umbrales específicos en los que cada uno de los servicios seleccionados es relevante para el país en cuestión. Esta selección debe hacerse a través de un proceso de consulta con expertos y partes interesadas relevantes, para que los umbrales reflejen los requerimientos particulares de cada nación. Dada la naturaleza piloto de los análisis llevados a cabo en este informe, se utilizaron las dos clases con valores más altos de cada una de las variables en cuestión según clasificaciones generadas para cada una en secciones anteriores de este documento (Tabla 3).

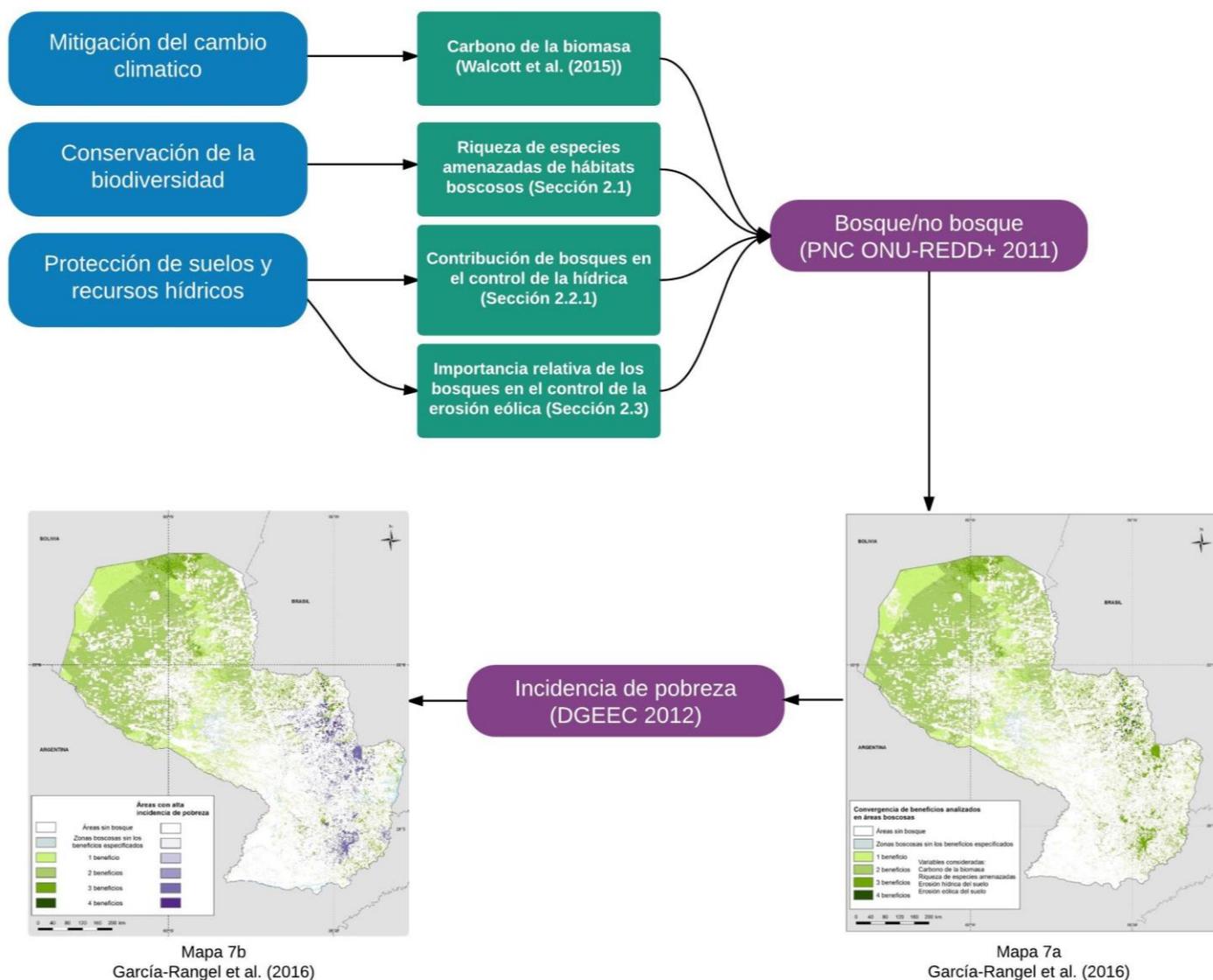
Tabla 3. Umbrales seleccionados para evaluar la provisión de servicios ambientales priorizados en la Ley N° 3001/2006 de Valoración y Retribución de los Servicios Ambientales

Servicio ambiental	Umbral*
Carbono de la biomasa	≥ 101 t/ha
Riqueza de especies	> 12 especies
Control de la pérdida de suelo por erosión hídrica	> 8.79 t/ha año
Control de la pérdida de suelo por erosión eólica	Niveles Muy Alto y Alto de sensibilidad del suelo a la erosión eólica

*En base a las dos clases de valores más altos registrados para cada variable, de acuerdo a las clasificaciones utilizadas en este informe.

Una vez identificados los umbrales, se produjo una capa compendio que evidencia la convergencia de beneficios múltiples en el territorio paraguayo (Figura 1). Esto se hizo combinando, con igual peso, cada variable en un análisis de superposición llevado a cabo en el programa ArcGIS 10.2.2. Una vez generado este producto, se extrajo la información correspondiente a las áreas boscosas del país utilizando el mapa de cobertura forestal antes mencionado (Figura 1). Finalmente, esta información se conjugó con un índice municipal de incidencia de pobreza (Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos 2012), asociando la convergencia de servicios ecosistémicos en zonas boscosas con las dos clases de valores más altos para esta variable (Niveles Muy Alto y Alto) (Figura 1). Los productos generados de estos análisis corresponden a los Mapas 7a y 7b en PNC ONU-REDD+/SEAM/INFONA/FAPI (2016).

Figura 1.- Diagrama de flujo describiendo el análisis de superposición llevado a cabo para evaluar la conjugación de servicios ecosistémicos priorizados por la Ley N° 3001/2006 de Valoración y Retribución de los Servicios Ambientales



3.2 Implementación de prácticas agroforestales que contribuyan con los esfuerzos de mitigación del cambio climático y desarrollo sostenible del Paraguay

La agroforestería tiene el potencial de fomentar la intensificación y diversificación agrícola sostenible, reduciendo las emisiones asociadas a la degradación de bosques (Minang et al. 2011; Minang et al. 2014). En consecuencia, partes interesadas nacionales y el ETN del PNC ONU-REDD+ Paraguay priorizaron la implementación de prácticas agroforestales en zonas agrícolas del país como segundo estudio piloto a ser incluido en PNC ONU-REDD+/SEAM/INFONA/FAPI (2016). Esto permitió además, generar otro ejemplo para evidenciar la utilidad de las herramientas de planificación espacial en la implementación de PyMs específicas asociadas a REDD+.

Para llevar a cabo esta evaluación piloto, se realizó un conjunto de análisis que permitieron identificar zonas agrícolas y pecuarias con potencial para que la introducción de prácticas agroforestales favoreciera la provisión de una serie de beneficios múltiples priorizados: (1) mitigación del cambio climático, (2) mantenimiento de la conectividad entre áreas silvestres protegidas, (3) prevención de la

erosión hídrica y (4) de la erosión eólica. En este caso, se utilizaron las siguientes fuentes de información espacial:

- Carbono de la biomasa derivado de Saatchi et al. (2011) para el territorio paraguayo por Walcott et al. (2015).
- Corredores biológicos potenciales entre áreas silvestres protegidas (Sección 2.1).
- Contribución de los bosques en el control de la erosión hídrica del suelo (Sección 2.2.1).
- Importancia relativa de los bosques del Paraguay en el control de la erosión eólica (Sección 2.3).
- Mapa bosque/nobosque (PNC ONU-REDD+ Paraguay 2011).
- Capa Preliminar de Tierras de Cultivo 2015 (PNC ONU- REDD+ Paraguay 2015)
- Áreas silvestres protegidas (Secretaría del Ambiente 2011).

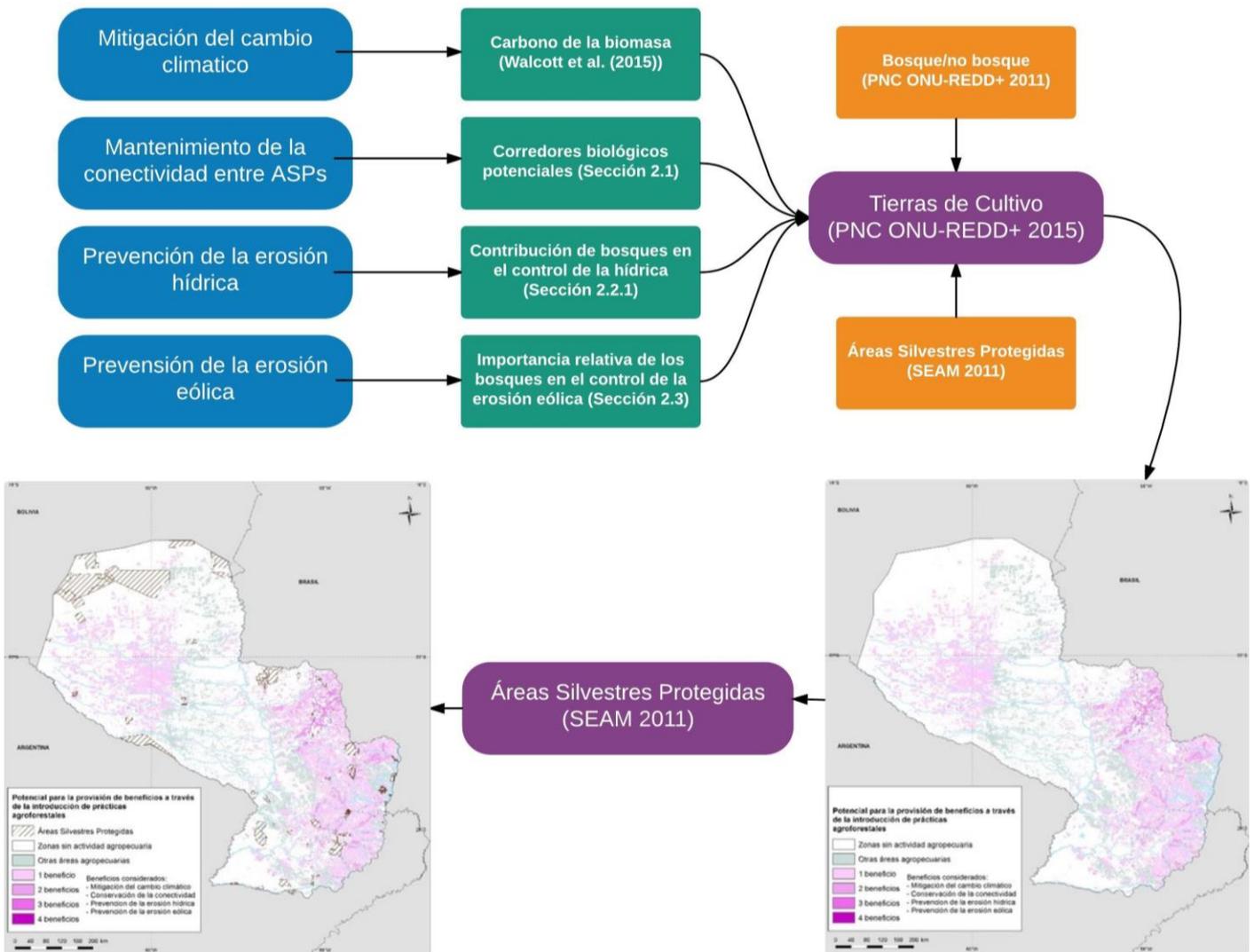
Tal y como se llevó a cabo para el análisis anterior, se establecieron umbrales específicos en los que cada uno de los beneficios evaluados pudiera ser relevante para el Paraguay. Esto se hizo en base a las clasificaciones previamente generadas para cada variable, reflejando las dos clases con valores más altos para cada una de ellas. Posteriormente, se generó una capa compendio a través de un análisis de superposición llevado a cabo en ArcGIS 10.2.2, combinando con igual peso cada uno de los beneficios de interés considerados. Finalmente, se extrajo dicha información para las tierras cultivadas del Paraguay, luego de que se eliminaran las áreas boscosas y las áreas silvestres protegidas de dicha capa mediante multiplicaciones matriciales. Estos pasos fueron necesarios dada la diferencia temporal existente entre la capa de cobertura forestal y la de cultivos, y la necesidad de concentrar la implementación de prácticas agroforestales fuera de los límites de las áreas silvestres protegidas. El mapa resultante corresponde al Mapa 8a de García Rangel et al. (2016) y permite la identificación visual de áreas donde la implementación de prácticas agroforestales, como complemento de la actividad agropecuaria; podría generar beneficios ambientales y sociales. Adicionalmente, este producto se solapó con la capa de áreas silvestres protegidas del Paraguay (Secretaría del Ambiente 2011) para generar el Mapa 8b.

Tabla 4. Umbrales seleccionados para evaluar la provisión de beneficios múltiples a partir de la implementación de prácticas agroforestales

Servicio ambiental	Umbral*
Carbono de la biomasa	≥ 101 t/ha
Corredores biológicos potenciales	Niveles 5 y 4 de aptitud como corredor biológico
Control de la pérdida de suelo por erosión hídrica	> 8.79 t/ha año
Control de la pérdida de suelo por erosión eólica	Niveles Muy Alto y Alto de sensibilidad del suelo a la erosión eólica

*En base a las dos clases de valores más altos registrados para cada variable, de acuerdo a las clasificaciones utilizadas en este informe.

Figura 2.- Diagrama de flujo describiendo el análisis de superposición llevado a cabo para evaluar el potencial de la implementación de prácticas agroforestales para promover la provisión de beneficios múltiples priorizados



4 Conclusión

Los métodos y análisis presentados en este informe evidencian cómo la planificación espacial del territorio puede apoyar la toma de decisiones, a través de la identificación de áreas donde las PyMs REDD+ pudieran generar beneficios más allá de la mitigación del cambio climático. Esta información es valiosa para el desarrollo e implementación de la Estrategia Nacional REDD+ del Paraguay, y puede representar un insumo importante para el desarrollo de enfoques para asegurar que los planes de REDD+ aborden las salvaguardas de Cancún.

5 Referencias

Barboza Martínez FR. "Aptitud de uso de la tierra. Componente Edafología". *Proyecto de ordenamiento ambiental del territorio del departamento de Presidente Hayes*. Asunción, Paraguay. Unión Europea, Secretaría del Ambiente, Gobernación Departamento Presidente Hayes, Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco. 2008.

Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos (DGEEC). Incidencia de pobreza por municipalidad. Asunción, Paraguay: Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos. 2012.

DiMiceli CM, ML Carroll, RA Sohlberg, C Huang, MC Hansen and JRG Townshend. *Annual Global Automated MODIS Vegetation Continuous Fields (MOD44B) at 250m Spatial Resolution for Data Years Beginning Day 65, 2000-2010, Collection 5 Percent Tree Cover*. University of Maryland, College Park, MD, USA. 2011.

Fischer, G., F. Nachtergaele, S. Prieler, H.T. van Velthuisen, L. Verelst y D. Wiberg. *Global Agro-ecological Zones Assessment for Agriculture (GAEZ 2008)*. Laxenburg, Austria: IIASA y Rome, Italy: FAO. 2008.

FAO. *A Provisional Methodology for Soil Degradation Assessment*. Rome, Italy: FAO. 1979.

FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC. Harmonized World Soil Database (version 1.1). Disponible en: <http://www.globalsoilmap.net/content/harmonized-world-soil-database-version-11> FAO, Roma, Italia e IIASA, Laxenburg, Austria. 2009.

Guerrero, M., M. Re, Kazimierski L.D., Menéndez A. N. y R. Ugarelli. "Effect of climate change on navigation channel dredging of the Parana River." *International Journal of River Basin Management* 14 (2013): 439-448.

Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones y A. Jarvis. "Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas". *International Journal of Climatology* 25 (2005).

Kirkby, M. J. "Hydrological slope models: the influence of climate." En: Derbyshire, E. (ed.) *Geomorphology and climate*. Chichester, UK: Wiley (1976).

Lehner, B. y G. Grill. "Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems". *Hydrological Processes* 27 15 (2013). Disponible en: www.hydrosheds.org (consultada por última vez en noviembre de 2015).

López Gorostiaga O, González Erico E, de Llamas PA, Molinas AS, Franco ES, García S and Ríos EO. "Proyecto de racionalización del uso de la tierra". *Estudio de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la región oriental del Paraguay*. Volumen I. Asunción, Paraguay. Gobierno del Paraguay, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales y Medio Ambiente. 1995.

López Sánchez, M. V., J. M. Herrero, G. G. Hevia, R. Gracia Ballarín y D. E. Buschiazzo. "Determination of the wind erodible fraction of soils using different methodologies." *Geoderma* 139 (2007): 407-411.

Mezősi, G., V. Blanka, T. Bata, F. Kovács, y B. Meyer. "Estimation of regional differences in wind erosion sensitivity in Hungary". *Natural Hazards Earth Systems Sciences* 15 (2015).

Minang, P.A, F. Bernard, M. van Noordwijk y E. Kahurani. "Agroforestry in REDD+: Opportunities and Challenges." ASB Policy Brief No. 26, (2011). ASB Partnership for the Tropical Forest Margins, Nairobi, Kenya.

Minang, P.A, L.A Daguma, F. Bernard, O. Mertz y M. van Noordwijk. "Prospects for agroforestry in REDD+ landscapes in Africa." *Current Opinion in Environmental Sustainability* 6 (2014): 78-82.

Moilanen, A., F. M. Pouzols, L. Meller, V. Veitch, A. Arponen, A. Leppänen y H. Kujala. "Spatial conservation planning methods and software." Zonation User Manual Version 4 (2014). Helsinki, Finland: Zonation.

Mulligan, M. "WaterWorld: a self-parameterising, physically based model for application in data-poor but problem-rich environments globally." *Hydrology Research* 44 5 (2013): 748.

NOAA. GIS-based Map Interface (Climate Data Online) National Centres for Environmental Information (NCEI), Asheville, North Carolina 2015. Disponible en: <http://gis.ncdc.noaa.gov/map/viewer/> (consultada por última vez en agosto de 2015).

Peterson, G.A, P. W. Unger y W. A. Payne. Dryland Agriculture, 2nd Ed (2006). Agronomy Monograph 23. Madison, USA: ASA/CSSA/SSSA.

PNC ONU-REDD+ Paraguay. Mapa de bosque/no bosque. Inventario Nacional Forestal. Asunción, Paraguay: PNC ONU-REDD+. 2011.

PNC ONU-REDD+/SEAM/INFONA/FAPI. 2016. *Mapeo de los beneficios múltiples de REDD+ en Paraguay: análisis adicionales para orientar la toma de decisiones sobre políticas y medidas REDD+*. Asunción, Paraguay: FAO/PNUD/PNUMA.

PNC ONU-REDD+ Paraguay. Capa Preliminar de Tierras de Cultivo 2015. Asunción, Paraguay: PNC ONU_REDD+. Sin publicar.

Poder Legislativo. Ley N° 3001/2006 de Valoración y Retribución de los Servicios Ambientales. Paraguay 2006. Disponible en: http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/ley_3001_de_servicios_ambientales_1_.pdf

R Development Core Team. "R: A language and environment for statistical computing." R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (2008). ISBN 3-900051-07-0.

Riley, S. J., S. D. DeGloria y R. Elliot. "A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity." *Intermountain Journal of Sciences* 5 1-4 (1999): 23-27.

Saatchi, S.S, N. Harris, S. Brown, M. Lefsky, E.T.A Mitchard, W. Salas, B.R Zutta, W. Buermann, S. L Lewis, S. Hagen, S. Petrova, L. White, M. Silman y A. Morei. "Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 24 (2011): 9899-9904.

Sawyer, S., C. Epps, y J. Brashares. "Placing linkages among fragmented habitats: do least-cost models reflect how animals use landscapes?" *Journal of Applied Ecology* 48 3 (2011): 668-678.

Secretaría del Ambiente (SEAM). *Áreas silvestres protegidas*. Dirección General de Protección y Conservación de la Biodiversidad de la Secretaría del Ambiente. Asunción, Paraguay: SEAM. 2011.

Shao, Y. y Leslie, L. M. "Wind erosion prediction over the Australian continent." *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 102 (1997): 30091–30105.

Thornes, J. B. "The interaction of erosional and vegetational dynamics in land degradation: spatial outcomes." In JB Thornes (ed) *Vegetation and erosion*. 41-53. John Wiley and Sons Chichester. 1990.

Tsogtbaatar, J. y S. Khudulmur. *Desertification Atlas of Mongolia*. Mongolia: Institute of Geoecology, Mongolian Academy of Sciences. 2014.

UICN (2015). Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Versión 2015-3. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org> (consultada por última vez en noviembre de 2015).

UICN y UNEP-WCMC (2015). *The World Database on Protected Areas (WDPA)*, Cambridge, UK: UNEP-WCMC 2015. Disponible en: www.protectedplanet.net (consultada por última vez en noviembre de 2015).

USDA. *A universal equation for measuring wind erosion*. USA-ARS: 22-69. Washington DC. 1961.

Walcott, J., Thorley, J., Casco, G., Coronel L.M., Kapos, V. Miles, L., Blaney, R., Woroniecki, S. *Mapeo de los beneficios múltiples de REDD+ en Paraguay: utilización de la información espacial para apoyar la planificación del uso de la tierra*. Cambridge, UK: UNEP-WCMC. 2015.

Zomer RJ, Trabucco A, Bossio DA, van Straaten O, y Verchot LV. "Climate Change Mitigation: A Spatial Analysis of Global Land Suitability for Clean Development Mechanism Afforestation and Reforestation". *Agriculture Ecosystems and Environment* 126 (2008): 67-80.