

Valoración económica, composición, estructura y diversidad florística del bosque mesoxerofítico semicaducifolio de *Schinopsis balansae* Engl., Ecorregión Chaco Húmedo, Paraguay

Economic valuations composition, structure and floristic diversity in a semi-deciduous mesoxerophytic forest of *Schinopsis balansae* Engl., Ecoregion Humid Chaco, Paraguay

María Laura Quevedo Fernández^{1*}, Lidia Pérez de Molas¹, William Tomaz Folmann², Stella Amarilla Rodríguez¹, Lila Gamarra Ruiz Díaz¹, Natalia Peralta-Kulik¹, Ximena Maria Silva Palacios³, Andrea Nogueira Dias⁴ y Gabriel de Magalhaes Miranda⁴

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Investigador independiente. Asunción, Paraguay.

³ University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry. Latokartanonkaari, Finlandia.

⁴ Universidade Estadual do Centro Oeste. Guarapuava, PR, Brasil.

*Autor para correspondencia:

laura.quevedo@agr.una.py

Conflicto de interés:

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Licencia:

Artículo publicado en acceso abierto con una licencia Creative Commons CC-BY

Contribución de autoría:

Todos los autores realizaron contribuciones sustanciales en la concepción y diseño de este estudio, al análisis e interpretación de datos, a la revisión del manuscrito y la aprobación de la versión final. Todos los autores asumen la responsabilidad por el contenido del manuscrito.

Historial:

Recibido: 27/12/2020;
Aceptado: 28/06/2021

Periodo de Publicación:
Julio-Diciembre de 2021

Editor invitado:

Héctor David Nakayama

RESUMEN

En el año 2006 iniciaron esfuerzos de valoración económica de los servicios ecosistémicos que brindan los bosques en Paraguay, esta información es de mucha utilidad para la implementación de políticas públicas. Esta investigación buscó estimar valores económicos de bienes de uso directo e indirecto de un bosque mesoxerofítico semicaducifolio de *Schinopsis balansae* Engl., Ecorregión Chaco Húmedo, Paraguay, detallando su composición, estructura y diversidad florística, analizando dos Parcelas Permanentes de Monitoreo de la Biodiversidad de 1 ha cada una. En ambas se registraron 1.388 individuos con DAP ≥ 10 cm, pertenecientes a 54 especies, 1 morfoespecie, 48 géneros y 25 familias botánicas. *Phyllostylon rhamnoides* (J. Poiss.) Taub. fue la especie con mayor Índice de Valor de Importancia (39,20 %). El sitio 02 es el de mayor diversidad. Para valorar su uso directo, luego de un censo a 303 industrias forestales, fueron clasificadas 13 especies con valor de mercado para el uso industrial. El valor económico de bienes de uso directo, con un plan de uso de la tierra, para el sitio 01 fue 256,81 US\$ ha⁻¹ y para el sitio 02, 1.562 US\$ ha⁻¹. Considerando la opción de manejo forestal el valor para sitio 02 fue 124,52 US\$ ha⁻¹, mientras que en sitio 01 ninguna especie comercializable alcanzó los diámetros mínimos establecidos. El valor económico del servicio ecosistémico por reserva de carbono para el sitio 01 ascendió a 129,47 US\$ ha⁻¹ y para el sitio 02, 150,81 US\$ ha⁻¹. Estos valores ayudarían a mejorar las estrategias de valoración de bosques en la región.

Palabras clave: análisis estructural, índices de diversidad, parcela permanente de monitoreo de la biodiversidad, valoración económica.

ABSTRACT

In 2006, efforts were launched towards the economic valuation of ecosystemic services provided by forests in Paraguay, this information is very useful for the implementation of public policies. This research sought to estimate the economic value of direct and indirect use of a semi-deciduous mesoxerophytic *Schinopsis balansae* Engl. Forest, Ecoregion Humid Chaco, Paraguay; detailing its composition, structure and floristic diversity by analyzing two Permanent Biodiversity Monitoring Plots of 1 ha each. In both, 1388 individuals were recorded with BHD ≥ 10 cm, belonging to 54 species, 1 morphospecies, 48 genera and 25 botanic families. *Phyllostylon rhamnoides* (J. Poiss.) Taub. was the species with higher Importance Value Index (39,20%). According to the Diversity Indexes, site 02 was the most diverse. To valuate the direct use of these sites, according to a census to 303 forestry industries, 13 species were selected as species with a market value for industrial use. The economic value of direct use goods for site 01 was 256,81 US\$ ha⁻¹ and for site 02 it was 1.562 US\$ ha⁻¹. Considering the forest management option, the value for site 02 was 124,52 US\$/ha, while no commercial species in site 01 reached the established minimum felling diameter. The economic value of ecosystemic services of carbon reservoir for site 01 amounted to 129,47 US\$ and for site 02 150,81 US\$. These tangible values could help improve the regional forest valuation strategies.

Keyword: structural analysis, diversity indexes, permanent biodiversity monitoring plot, economic valuation.

INTRODUCCIÓN

Los servicios ecosistémicos ayudan a asegurar la calidad de vida y el bienestar humano. La valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas, y principalmente el bosque, es una herramienta efectiva para valorar las diferentes funciones que proveen. El concepto del Valor Económico Total (VET) permite diseñar metodologías de valoración que afinen las estimaciones y otorguen valores económicos, incluyendo los beneficios tangibles en términos de precios de mercado (valores de uso directo) y algunos beneficios intangibles (valores de uso indirecto) que señalan los servicios ecosistémicos en general (Cortés, Urciaga y Ponce, 2015).

Las discusiones y contribuciones académicas en esta línea llevan avances relevantes, pero diferentes y dispersos a nivel regional (Balvanera et al., 2012), logrando establecer esquemas financieros que valoran y potencian el valor económico del bosque, más allá del valor económico a nivel de madera, leña o algunos productos forestales no maderables, ya que cuentan con precios de mercado. A pesar de sus complejidades y limitaciones (Aguiar, Camba Sana y Paruelo, 2017), la valoración ecosistémica de los bosques es una herramienta útil para el uso sostenible de los recursos forestales siempre y cuando se consideren a los actores involucrados, las políticas públicas locales y el contexto local (Howe, Suich, Vira y Mace, 2014).

En Paraguay, con la Ley N° 3001/2006 "De valoración y retribución de los servicios de ambientales" iniciaron los esfuerzos de valoración económica del bosque, aún en pleno desarrollo por las limitaciones de disponibilidad y accesibilidad a los datos a nivel de campo y los mismos precios de mercado. Lograr una integración objetiva de los datos referidos para la valoración requiere una colecta sistemática para estimar los valores con reducida subjetividad, afinando los métodos y fortaleciendo los grupos de investigación interdisciplinar.

Los antecedentes de las estimaciones del valor económico del bosque y otros ecosistemas asociados (Quevedo, Amarilla y González, 2009; Amarilla, 2009; Merenciano et al., 2018, Peralta, Pérez Molas y Amarilla, 2018) muestran su situación incipiente, mientras que su relevancia radica en su efecto en las decisiones de políticas públicas estratégicas que favorezcan el uso racional de los mismos o la conservación atractiva, basada en incentivos económicos que garanticen los costos de la conservación.

En el bosque, en la región Occidental del Paraguay, en particular en el Chaco Húmedo, hay ecosistemas y especies de alto valor para la conservación y también con precios de mercado atractivos, lo que supone una oportunidad para su uso sostenible y su conservación a largo plazo.

Esta investigación tuvo como objetivo la valoración económica de bienes de uso directo e indirecto, el análisis de la composición y diversidad florística, así como de la estructura del bosque mesoxerofítico semicaducifolio de *Schinopsis balansae*, para reflejar una aproximación más completa al valor económico de los mismos, se realizó el cálculo afinado del valor

de uso directo a través del volumen de la madera en pie y precios de mercado, sumando el componente del servicio de captura de carbono como uso indirecto relevante y poco documentado o casi ausente para la región (Merenciano et al., 2018; Rivarola y Amarilla, 2015; Insfrán, Aparicio, Romero y Campos, 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se desarrolló con datos de dos parcelas pertenecientes a la Red de Parcelas Permanentes de Monitoreo de la Biodiversidad de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, correspondientes a la formación Bosque mesoxerofítico semicaducifolio de *Schinopsis balansae* (Mereles, 2005), localizadas en los departamentos de Alto Paraguay (sitio 01) y Presidente Hayes (sitio 02), ambas ubicadas en Ecorregión Chaco Húmedo del Paraguay, considerando la clasificación de Dinerstein et al. (1995). De acuerdo a la clasificación de ecorregiones de la resolución SEAM 614/2013 el sitio 01 se encuentra localizado en la Ecorregión Pantanal y el sitio 02 en la Ecorregión Chaco Húmedo, como se observa en la Figura 1.

El sitio 01 se encuentra en propiedad de la empresa Victoria S.A. con coordenadas de referencia de 21° 57' 25,4" S - 58° 35' 49,1" W, una precipitación media anual de 1.000 a 1.200 mm, temperatura media anual de 25°C y altitud de 98 msnm. El sitio 02 se encuentra en la Estancia Santa María del Doce de la localidad Puerto Barbero, propiedad de la Fundación La Piedad, con coordenadas de referencia 24° 55' 17,8" S - 57° 19' 43,2" W, una precipitación media anual de 1.300 a 1400 mm, temperatura media anual entre 22 a 23°C y altitud de 74 msnm.

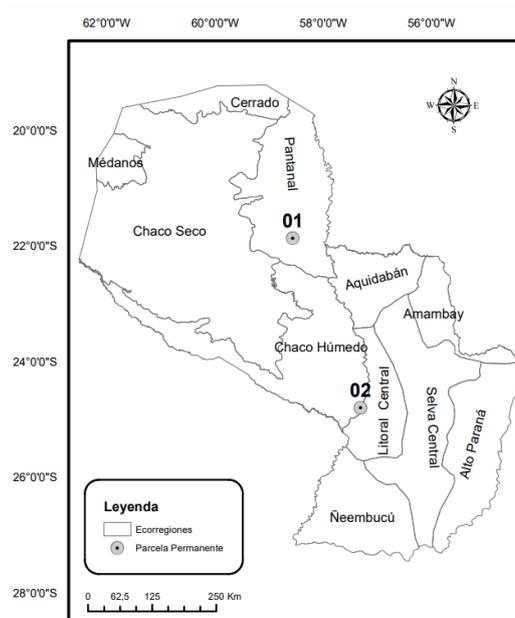


Figura 1. Localización considerando clasificación de ecorregiones SEAM (2013).

Las parcelas de estudios utilizan el diseño propuesto por Contreras et al. (1999) con una superficie de 10.000 m², de forma cuadrada (100 m x 100 m), dividida en 25 subparcelas de 20 m x 20 m totalizando 400 m² cada subparcela. En ellas fueron registrados datos referentes a: a) Número de árbol b) distancia X e Y c) familia, d) especie, e) nombre vulgar, f) diámetro a la altura del pecho de todos los individuos con $d_{1,30} \geq 10$ cm, g) altura total, h) altura comercial i) estado fitosanitario, j) fenología y k) observaciones varias.

Composición florística, estructural y de diversidad

Se identificó a las especies de acuerdo a sus caracteres macromorfológicos y usando el Catálogo del Conosur del Instituto Botánica Darwinion. El análisis estructural del bosque fue realizado para determinar los parámetros de su estructura horizontal como verticales de acuerdo a abundancia relativa, dominancia relativa, frecuencia relativa, índice de valor de cobertura, índice de valor de importancia y estructura vertical (Sanquetta, Corte, Rodrigues y Watzlawick, 2014).

Para evaluar la diversidad se utilizaron los índices de diversidad Shannon, índice de diversidad máxima, índice de dominancia de Simpson e índice de Pielou (Sanquetta et al., 2014; Uramoto, Walder y Zucchi, 2005).

Valor Económico Total

El VET del Bosque fue estimado por la sumatoria de los valores de uso (VU) y de no uso (VNU) (VET=VU + VNU). Se utilizó el VU y entre ellos tanto los de uso directo (VUD) como indirecto (VUI) en ambas parcelas. Para la estimación de VET se plantearon como escenarios 1) al VUD considerando la implementación de planes de uso de la tierra (PUT), 2) al VUD considerando la implementación de planes de manejo forestal (PMF), 3) al VUI mediante el valor del carbono (C) aéreo almacenado, 4) al VUI mediante valor del carbono total almacenado, 5) combinación de los escenarios 1 y 4 y, 6) combinación de escenarios 2 y 4.

VUD: fue expresado a través del valor de madera en pie para lo cual se utilizó la técnica indirecta de precio de mercado, específicamente el método de valor residual propuesto por Rideout y Hesseln (1997). Para la estimación del valor de madera en pie, se determinó las especies forestales con valor de mercado por medio de un censo a 303 industrias forestales del país. De este censo fueron seleccionadas las especies con valor de mercado. Para estimar el valor de dichas especies, las mismas fueron clasificadas según Resolución Servicio Forestal Nacional (SFN, 1992) 04/92 en especies en Calidad "A" y "B". Considerando estimaciones realizadas en base a Arano y De Egea (2014) para las especies de clase A se consideró un valor de mercado de 100 US\$ m⁻³ y para las especies de Clase B un valor de mercado de 60 US\$ m⁻³. Para las especies adquiridas por industrias forestales pero ausentes de la clasificación del SFN fue considerado 36 US\$ m⁻³. A cada m³ fue descontado un valor de 30 US\$.m⁻³, correspondientes a la cosecha y el transporte.

Para obtener el volumen comercializable por especie,

mediante el censo ya mencionado, se obtuvieron los valores de diámetro y largo mínimo adquirido, correspondiente a $d_{1,30} \geq 20$ cm y 1 m, respectivamente, estos valores serían comercializables en el caso que el aprovechamiento sea mediante un PUT, para aprovechamientos mediante PMF fueron considerados los diámetros mínimos de corta (DMC) establecidos en el país. Para obtener el valor de la madera en pie, fueron considerando los volúmenes comercializables obtenidos y los valores de mercado por clase.

VUI: siguiendo a Sato et al. (2015), los individuos de la familia *Areaceae* no fueron contemplados para los cálculos de Biomasa y las estimaciones de biomasa aérea y total fueron obtenidas a través de su ecuación alométrica propuesta para el Chaco Húmedo. Fue analizada la amplitud de los datos para la variable diámetro para la selección de este modelo.

$$Biomasa\ aerea = 0,0339 * (DAP^2 * Ht)^{1,0401}$$

$$Biomasa\ total = 0,0690 * (DAP^2 * Ht)^{0,9932}$$

Donde: DAP: Diámetro a 1,30 cm del suelo; Ht: Altura total

Para el cálculo de carbono fue utilizado el factor medio padrón del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) (2006) sugerido para bosques subtropicales que es de 0,47 y el dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) 44/12 (Sanquetta et al., 2018). Para el método de valoración fue utilizado el método basado en valores de mercado, tomando como referencia el precio promedio del primer semestre del año 2020, del valor de los Derechos de Emisión de la Unión Europea (EUA) reflejados en la Bolsa del Sistema Europeo de Negociación de CO₂ (SENDECO₂, 2021), el cual fue de 0,29 € por Mg ha⁻¹ de CO₂eq, y considerando que 1 euro es equivalente a 1,18 US\$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estructura y diversidad

En ambos sitios fueron identificados 1.388 individuos, pertenecientes a 54 especies, 1 morfoespecie, 48 géneros y 25 familias botánicas, como se observa en la Tabla 1.

El sitio 01 es un bosque continuo con 768 individuos y 26 especies. Presentó tres estratos, siendo el superior de hasta 27 m, con 421 individuos y 22 especies, entre las que se destacan *Cordia americana*, *Myracrodruon urundeuva*, *Phyllostylon rhamnoides* y *Calycophyllum multiflorum*. En el estrato medio, alcanzó entre 4,13 – 8,26 m con 334 individuos y 19 especies, las principales especies presentes fueron *Salta triflora* y *Phyllostylon rhamnoides*. El estrato inferior, con altura de hasta 4,13 m, con 13 individuos y 6 especies concentró la menor cantidad de especies, siendo las más abundantes *Calycophyllum multiflorum*, *Phyllostylon rhamnoides* y *Salta triflora*. El sotobosque fue muy biodiverso. Las epífitas presentes fueron *Pleopeltis minima*, *Microgramma* sp., *Thaumatococcus undulatum* y *Tillandsia meridionalis*. Entre las terrestres se citan a *Acanthosyris falcata*, *Achatocarpus praecox*, *Cynophalla retusa*, *Anisocapparis speciosa*,

Capparicordis tweediana, *Maytenus vitis-idaea*, *Erythroxylum cuneifolium*, *Jatropha weddeliana* y *Prockia crucis*. Se destacó la abundancia de *Zanthoxylum fagara* ssp. *fagara*, *Bromelia hieronymi* y *B. serra*.

El sitio 2 es una isleta de aproximadamente de 8,6 ha, ubicada en la parte más alta del terreno, dentro de la matriz de la sabana hidromórfica de *Copernicia alba*. El bosque donde fueron registrados 620 individuos correspondientes a 34 especies, presentó 3 estratos, siendo el superior de hasta 26 m de altura, con 318 individuos y 27 especies conformado principalmente por *Parapiptadenia rigida* y *Phyllostylon rhamnoides*.

En el estrato medio, con una altura de hasta 10,8 m, 292 individuos y 30 especies al igual que en el estrato superior se destacó principalmente *Phyllostylon rhamnoides*. En el estrato inferior ($\leq 5,4$ m), hubo 10 individuos correspondientes a 5 especies donde nuevamente se destacó *Phyllostylon rhamnoides*. El sotobosque era ralo, con poblaciones dispersas casi puras de *Bromelia balansae*, *Aechmea distichantha* y menos densas de *Anthurium paraguayense*. Entre las epifitas se registraron *Tillandsia usneoides*, *T. meridionalis*, *Epiphyllum phyllanthus*, *Rhipsalis* sp., *Microgramma* sp., *Selenicereus setaceus*, y en forma aislada *Brasiliopuntia* sp., y *Doryopteris nobilis*, entre otras.

Tabla 1. Composición florística de dos parcelas permanentes del bosque mesoxerófito semicaducifolio de *Schinopsis balansae*, Ecorregión Chaco Húmedo, Paraguay. (Continúa)

Familia	Especie	Nombre vulgar
1 Achatocarpaceae	<i>Achatocarpus</i> cfr. <i>praecox</i> Griseb.	Palo tinta **
3 Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Urunde'y mi *
2 Anacardiaceae	<i>Schinopsis lorentzii</i> (Griseb.) Engl.	Koronillo*
4 Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyriforme</i> C. Mart.	Palo rosa *
6 Apocynaceae	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i> Schltdl.	Quebracho blanco *
5 Apocynaceae	<i>Aspidosperma triternatum</i> Rojas Acosta	Quebrachillo *
7 Arecaceae	<i>Copernicia alba</i> Morong	Karanda'y **
8 Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Pindo **
10 Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Tajy hu ***
9 Bignoniaceae	<i>Tabebuia nodosa</i> (Griseb.) Griseb.	Labón *
11 Boraginaceae	<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S. Mill.	Guajayvi *
14 Capparaceae	<i>Anisocapparis speciosa</i> (Griseb.) Cornejo & H.H. Iltis	Pajagua naranja *
12 Capparaceae	<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J. Presl	Ababán mayor **
13 Capparaceae	<i>Cynophalla retusa</i> (Griseb.) X. Cornejo & H.H. Iltis	Indio kumanda *
15 Combretaceae	<i>Terminalia triflora</i> (Griseb.) Lillo	Guajayvi sayju **
16 Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum patentissimum</i> O.E. Schulz	Yvyra ajaka *
19 Fabaceae	<i>Cynometra bauhiniifolia</i> Benth. var. <i>bauhiniifolia</i>	Inga pyta **
17 Fabaceae	<i>Gleditsia amorphoides</i> (Griseb.) Taub. var. <i>amorphoides</i>	Espina de corona **
25 Fabaceae	<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	Yvyra pepe **
18 Fabaceae	<i>Libidibia paraguariensis</i> (D. Parodi) G.P. Lewis	Guajakan *
24 Fabaceae	<i>Microlobius foetidus</i> (Jacq.) M. Sousa & G. Andrade ssp. <i>paraguensis</i> (Benth.) M. Sousa & G. Andrade	Yvyra ne **
23 Fabaceae	<i>Muellera fluvialis</i> (Lindm.) Burkart	Yvyra ita **
21 Fabaceae	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Kurupa'y ra **
26 Fabaceae	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Yvyra pyta **
22 Fabaceae	<i>Prosopis ruscifolia</i> Griseb.	Viñal *
20 Fabaceae	<i>Senegalia praecox</i> (Griseb.) Seigler & Ebinger	Jukeri *
28 Malvaceae	<i>Ceiba chodatii</i> (Hassl.) Ravenna	Palo borracho *
27 Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. var. <i>ulmifolia</i>	Kamba aka **
29 Meliaceae	<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	Katigua pyta **
30 Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	Guapo'y **

*Especie identificada en el sitio 01, **Especie identificada en el sitio 02, ***Especie identificada en ambos sitios

Tabla 1. Composición florística de dos parcelas permanentes del bosque mesoxerófito semicaducifolio de *Schinopsis balansae*, Ecorregión Chaco Húmedo, Paraguay. (Continuación)

Familia	Especie	Nombre vulgar
31 Moraceae	<i>Sorocea sprucei</i> (Baill.) J.F. Macbr. ssp. <i>saxicola</i> (Hassl.) C.C. Berg	Maria molle **
34 Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Ñangapiry **
33 Myrtaceae	<i>Myrcianthes pungens</i> (O. Berg) D. Legrand	Guaviju **
32 Myrtaceae	Myrtaceae Indet. 1	Desconocido **
35 Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea praecox</i> Griseb.	Gallo espuela *
38 Nyctaginaceae	<i>Neea</i> cfr. <i>hermaphrodita</i> S. Moore	Palo de sal (Br.) *
36 Nyctaginaceae	<i>Pisonia aculeata</i> L.	Jagua pindá **
37 Nyctaginaceae	<i>Pisonia zapallo</i> Griseb. var. <i>guaranitica</i> Toursark.	Jukyry vusu ***
39 Olacaceae	<i>Ximenia americana</i> (L.) var. <i>argentinensis</i> De Filippis	Pata de monte *
40 Opiliaceae	<i>Agonandra excelsa</i> Griseb.	Sacha pera, meloncillo **
41 Phytolaccaceae	<i>Seguiera paraguayensis</i> Morong	Joavy guasu **
43 Polygonaceae	<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.	Yvyra piu guasu **
42 Polygonaceae	<i>Salta triflora</i> (Griseb.) Adr. Sanchez	Guaimi pire *
44 Rhamnaceae	<i>Sarcomphalus joazeiro</i> (Mart.) Hauenschild	Mistol **
45 Rhamnaceae	<i>Sarcomphalus mistol</i> (Griseb.) Hauenschild	Mistol *
47 Rubiaceae	<i>Calycophyllum multiflorum</i> Griseb.	Palo blanco *
46 Rubiaceae	<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	Ñuati kurusu **
48 Rutaceae	<i>Zanthoxylum petiolare</i> A. St.-Hil. & Tul.	Tembetary moroti ***
50 Sapindaceae	<i>Diplokeleba floribunda</i> N.E. Br.	Palo piedra ***
51 Sapindaceae	<i>Melicoccus lepidopetalus</i> Radlk.	Yvapovo **
49 Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.	Casita **
53 Sapotaceae	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	Pycasu rembiu **
52 Sapotaceae	<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D. Penn.	Guajayvi rai ***
54 Ulmaceae	<i>Phyllostylon rhamnoides</i> (J. Poiss.) Taub.	Palo lanza ***

*Especie identificada en el sitio 01, **Especie identificada en el sitio 02, ***Especie identificada en ambos sitios

En la sección izquierda de la Figura 2 se observa el Valor de Cobertura (VC) de cada especie, donde se destaca para ambos sitios con el Índice de Valor de Importancia (IVI) más elevado *Phyllostylon rhamnoides*. Las principales especies con mayor cobertura en el sitio 01 son *Salta triflora*, *Calycophyllum multiflorum*, *Myracrodruon urundeuva*, *Cordia americana* y *Ceiba chodatii*.

En el sitio 02 se destacó el VC de la *Parapiptadenia rigida*. Los valores más elevados del IVI se concentraron en 12 especies típicas del Chaco Húmedo, con predominancia de 9 más bien de la Región Oriental, y solo *Salta triflora*, *Ceiba chodatii* y *Diplokeleba floribunda*, más restringidas a la Región Occidental, aunque también presentes en el área de influencia del Río Paraguay en la Región Oriental. Los altos valores de dominancia de *Ceiba chodatii* se deben a la forma de su tronco. Se registró a una gran proporción de especies, pero con valores muy bajos del IVI.

Como se observa en la Tabla 2, los valores del índice de Shannon (H') y el índice de diversidad máxima (H' max) muestran que el sitio 02 presentó mayor diversidad (2,84 y 3,52) que el sitio 01 (2,41 y 3,25)

y esto parece estar apoyado por el valor de similitud, el índice de Simpson (D), que mostró que la población más similar fue la del sitio 01. La diversidad de ambos sitios en combinación fue elevada (3,11 y 3,98), indicando que estos son sitios con alta diversidad biológica. El valor de Pielou (J') para el sitio 02 (0,80) fue mayor que el valor del sitio 01 (0,73). El J' indica que las especies forestales analizadas no son igualmente abundantes en ambos sitios, en particular en el sitio 02. Futuras investigaciones en estos sitios deben realizar análisis midiendo una mayor cantidad de índices de similitud y diversidad para observar los cambios en la estructura florística de estos sitios.

Valoración de uso directo

En la Tabla 3 se observan los parámetros de las especies posibles de aprovechamiento para industrias forestales para el caso de la opción de implementar un PUT.

En el sitio 01 hubo más individuos, pero menos de ellos aprovechables por sus diámetros menores. Ambos sitios presentaron 7 especies comercializables. El *Handroanthus heptaphyllum* fue una especie de Calidad A en ambos sitios, aunque en el sitio 01

Tabla 2. Índices de diversidad estimados.

Índices de diversidad	Sitio 01/02	Sitio 01	Sitio 02
Shannon (H')	3,1106	2,4103	2,8409
Diversidad máxima (H' max)	3,9890	3,2581	3,5264
Índice de Simpson (D)	0,0745	0,1189	0,0884
Índice de equidad de Pielou (J')	0,7798	0,7398	0,8056

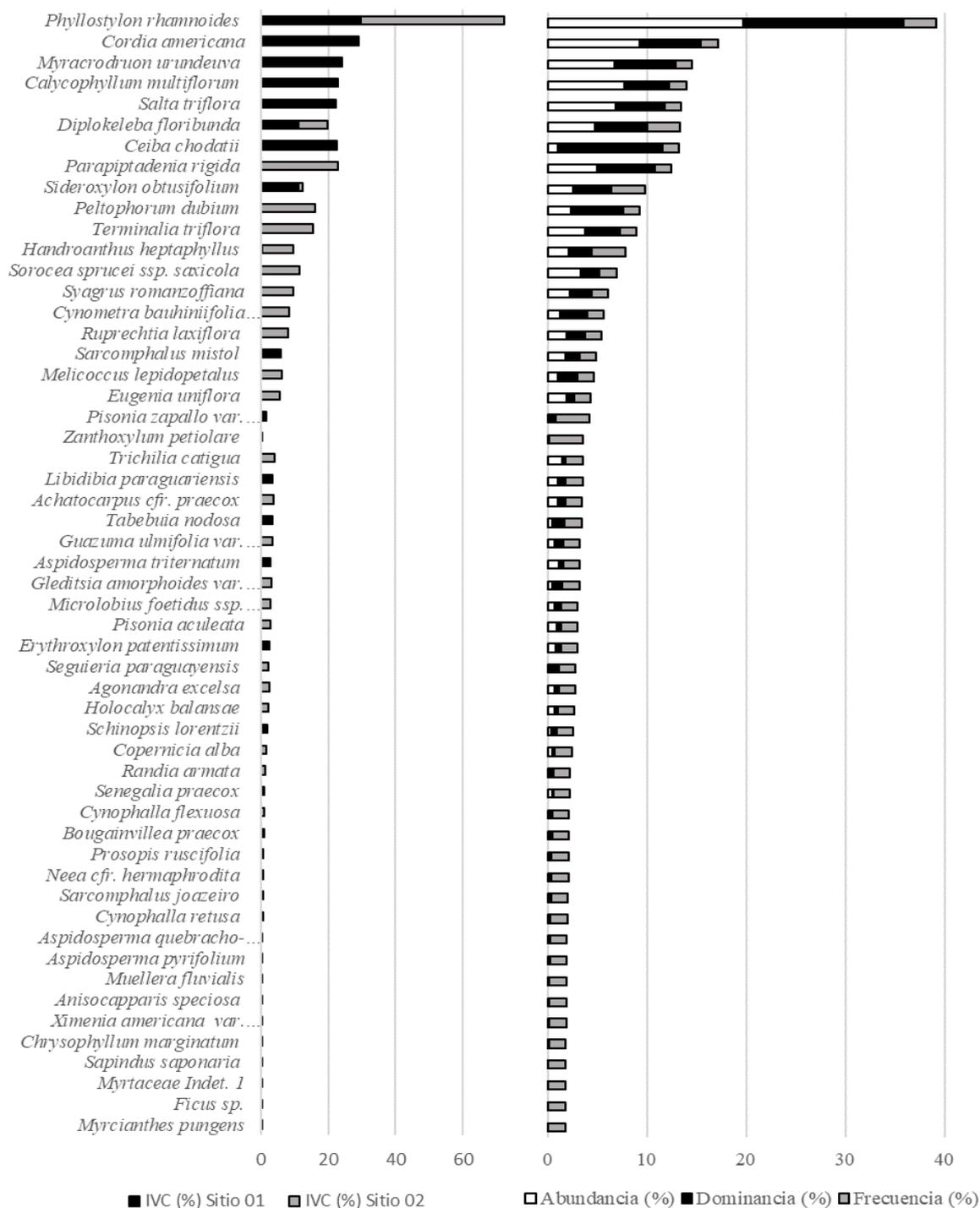


Figura 2. Valores del Índice de Valor de Cobertura y valores relativos de la abundancia, frecuencia y dominancia de las especies, ordenadas por mayor peso ecológico considerando el Índice de Valor de Importancia.

Tabla 3. Parámetros de especies con valor de mercado para industrias.

Sitio/Especie	Ab (Ind/ha)		DAP (cm)		HT (m)		HC (m)		VC (m ³)		VT (m ³)	
	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M
Sitio 01	263	54	16,1	23,4	9,7	12,4	5,1	6,0	24,4	11,0	48,0	23,1
<i>Aspidosperma pyriforme</i> ³	2	-	16,0	-	10,5	-	7,0	-	0,2	-	0,3	-
<i>Calycophyllum multiflorum</i> ²	107	14	15,5	22,4	9,7	11,9	5,1	5,9	8,8	2,6	16,7	5,1
<i>Cordia americana</i> ²	129	31	16,3	22,8	9,6	12,1	5,1	6,1	12,2	6,1	23,3	12,0
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> ¹	2	0	13,3	-	12,5	-	8,5	-	0,2	-	0,3	-
<i>Libidibia paraguariensis</i> ³	15	5	16,3	24,4	9,0	11,7	3,9	4,9	1,3	0,9	2,9	2,1
<i>Prosopis ruscifolia</i> ³	3	1	18,5	29,0	8,5	9,0	4,5	5,0	0,4	0,3	0,6	0,5
<i>Schinopsis lorentzii</i> ³	5	3	25,0	30,4	16,2	20,7	6,3	7,0	1,4	1,2	3,8	3,5
Sitio 02	148	91	23,3	28,5	14,1	15,5	8,2	8,9	52,2	45,8	63,3	52,8
<i>Ficus sp.</i> ³	1	-	12,0	-	7,0	-	3,0	-	0,0	-	0,1	-
<i>Gleditsia amorphoides</i> var. <i>amorphoides</i> ³	7	6	28,3	29,8	13,1	13,4	6,9	7,0	2,8	2,7	3,7	3,5
<i>Guazuma ulmifolia</i> var. <i>ulmifolia</i> ³	10	6	22,1	26,1	10,7	11,1	6,3	6,5	2,2	1,8	3,3	2,6
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> ¹	27	12	20,6	29,0	14,0	16,6	8,4	9,8	8,8	7,4	11,0	8,7
<i>Parapiptadenia rigida</i> ²	70	36	20,9	26,3	14,4	16,3	8,3	9,0	19,1	14,9	27,0	20,2
<i>Peltophorum dubium</i> ²	32	31	30,6	31,1	15,3	15,5	9,1	9,2	19,2	19,1	18,1	18,0
<i>Sapindus saponaria</i> ³	1	-	12,2	-	11,0	-	6,0	-	0,1	-	0,1	-

Ab= Abundancia, DAP = Diámetro a la altura del pecho promedio HT= Altura total, HC= Altura comercializable, VC= Volumen comercializable, VT= Volumen total, T= Valor total, M= Valor de especies con $d_{1,30} \geq 20$ cm y 1 m (comercializable para uso industrial), ¹Calidad A, ²Calidad B, ³Otras especies con valor de mercado.

ninguno de los individuos de esta especie alcanzó los diámetros mínimos para comercialización forestal, al igual que *Aspidosperma pyriforme* en el sitio 01 y *Ficus sp.* como *Sapindus saponaria* en el sitio 02.

De los 206,58 m³ estimados para el sitio 01 son comercializables para uso industrial 23,10 m³, en cuanto que para los 197,06 m³ estimados en el sitio 02, son comercializables para uso industrial 52,80 m³, lo que representa que aproximadamente entre 73,23 y 88,81% del volumen de árboles con $d_{1,30} \geq 10$ cm son desechados durante la implementación del PUT, caso ningún árbol quede en pie para sombra u otro uso. En el sitio 01 se registraron especies con alto volumen que no son industrializadas, pero que poseen valor de mercado, como el caso del *Myracrodruon urundeuva*. El valor de bienes de uso directo considerando la implementación de PUT y expresado a través de madera en pie para el sitio 01 fue 256,81 US\$ ha⁻¹ y para el 02 la estimación fue de 1.562,34 US\$ ha⁻¹.

En la Tabla 4 se presentan a los individuos que cumplen con los requisitos de DMC para el PMF. Estos individuos corresponden al sitio 02, en el sitio 01 ningún individuo con valor de mercado ha alcanzado los DMC establecidos en el país. El valor de uso directo considerando la implementación de PMF alcanza 124,52 US\$ ha⁻¹. Es necesario analizar la unidad de trabajo a manejar debido a que la implementación del plan de manejo exige considerar que el 20% de los árboles que cumplen con los requisitos se mantengan como árboles madres.

Los DMC inviabilizan el manejo forestal en los sitios estudiados, considerando que los mismos están establecidos a nivel nacional y no por ecorregión. Según el Ministerio de producción, recursos naturales, forestación y tierras (2007) para la provincia de Santiago del Estero, los DMC establecidos para algunas especies varían entre 25 y 35 cm, mientras que para la provincia del Chaco Húmedo en Argentina,

Tabla 4. Especies aprovechables para el PMF sin considerar el descuento del 20.

Especie	Ab (Ind/ha)	DAP (cm)	VT (m ³)
<i>Gleditsia amorphoides</i> var. <i>amorphoides</i>	1	41,5	0,89
<i>Parapiptadenia rigida</i>	1	47,5	1,46
<i>Peltophorum dubium</i>	2	45,7	2,52
Total general	4	44,9	4,86

Ab= Abundancia, DAP = Diámetro a la altura del pecho promedio, VT Volumen total



el Ministerio de la producción del Chaco (2007) establece DMC que varían de 25 a 40 cm.

Valoración de uso indirecto

Las especies que obtuvieron mayor valor de carbono aéreo para el sitio 01 fueron *Ceiba chodattii* (22,28 Mg ha⁻¹), *Myracrodruon urundeuva* (10,51 Mg ha⁻¹) y *Cordia americana* (8,45 Mg ha⁻¹); para el sitio 2 fueron *Phyllostylon rhamnoides* (20,64 Mg ha⁻¹), *Parapiptadenia rigida* (12,38 Mg ha⁻¹) y *Pelthoporum dubium* (12,07 Mg ha⁻¹).

Según el reporte del Inventario Forestal Nacional del Paraguay para el año 2015, la biomasa aérea estimada para el estrato Bosque Subhúmedo Inundable del Río Paraguay (Chaco Húmedo en este estudio) fue de 141,31 Mg ha⁻¹, lo que corresponde a 66,42 Mg ha⁻¹ de C. Gasparri, Grau y Manghi (2008), para el Chaco argentino, estimaron valores de carbono de 59,2 Mg ha⁻¹ sin diferenciar subregiones. Estas diferencias pueden responder a la estructura y composición florística, la topografía y fertilidad del suelo, actividades antrópicas (Brown, Gillespie y Lugo, 1989; Chave et al., 2005; Mandal y Joshi, 2014), diferentes metodologías para el cálculo de carbono y que se haya realizado en subregiones diferentes del Chaco, entre otras. En comparación, la biomasa aérea estimada en un bosque templado en México fue en promedio 129,84 Mg ha⁻¹ y el carbono acumulado fue de 63,80 Mg ha⁻¹ (Vargas-Larreta et al., 2017). En bosques de pino de diferentes edades en China, se observó que la biomasa alcanzaba 123,8 - 344,9 Mg ha⁻¹ y carbono 178,1 - 359,8 Mg C ha⁻¹ siendo aquellas parcelas de mayor edad la de mayor biomasa y carbono acumulado (Zhao et al., 2014). Resultados similares se observaron en plantaciones de teca (*Tectona grandis*) y pino (*Pinus patula*) en Colombia; en donde el valor de la biomasa fue de 121,5 - 122,9 y 85,7 Mg - 99,6 Mg ha⁻¹ de contenido de carbono promedio en teca y pino respectivamente. En un estudio realizado por Köhl et al. (2015) para

el periodo 1990-2015 observaron que en promedio la mayor biomasa fue reportada en Sudamérica 122,4 Mg C⁻¹ y África Central y Occidental 120,6 Mg C ha⁻¹. Esto indica que el valor del Chaco Húmedo, presentado en la tabla 5, con respecto a biomasa y carbono acumulado es considerable. El valor económico del servicio ecosistémico de la reserva de C considerando la biomasa aérea para el sitio 01 asciende a 100,49 US\$ ha⁻¹ y para el sitio 02 se estimó un valor de 121,78 US\$ ha⁻¹, considerando la biomasa aérea, Merenciano et al. (2018) en un estudio de valoración de un sistema silvopastoril en la misma ecorregión, estimaron un valor de 134 US\$ ha⁻¹ para el componente boscoso.

La biomasa total estimada para el sitio 01 fue de 219,55 Mg ha⁻¹, equivalente a 103,19 Mg ha⁻¹ de C y 378,37 Mg ha⁻¹ de CO₂ eq. y para el sitio 02 fue de 255,74 Mg ha⁻¹, lo que equivale a 120,19 Mg ha⁻¹ de C y 440,73 Mg ha⁻¹ de CO₂ eq. Lo que corresponde a 129,47 US\$. ha⁻¹ para el sitio 01 y 150,81 US\$ ha⁻¹ para el sitio 02.

Valor Económico Total

El valor de uso directo, representa solo una parte del valor económico total que existe a nivel de la parcela y por ende del bosque en la ecorregión. El valor de uso indirecto complementa la valoración y ayuda a mejorar la estimación. Sin embargo, esta valoración observada en la tabla 6 representa una estimación parcial de ambos sitios, pues, otros componentes del sistema no fueron considerados, por lo tanto, el valor de este servicio ambiental podría ser mayor. La Convención sobre Biodiversidad Biológica (2007) menciona que es poco probable que cualquier método de valoración pueda cubrir todos los diferentes tipos de valores dados en el concepto de VET. Constanza et al. (1998) han estimado el valor económico de 17 servicios ecosistémicos en 16 biomas lo que para bosques resultó en valores entre 302 y 2007 US\$ ha⁻¹.

Tabla 5. Valores de uso indirecto estimados.

	Sitio	Biomasa (Mg ha ⁻¹)	Carbono (Mg ha ⁻¹)	CO ₂ equivalente (Mg ha ⁻¹)
Aérea	01	168,49	79,19	290,36
	02	204,18	95,97	351,88
Total	01	219,55	103,19	378,37
	02	255,74	120,19	440,73

Tabla 6. Escenarios de valor económico total.

	Escenarios	VET (US\$ ha ⁻¹)	
		Sitio 01	Sitio 02
Uso directo	Plan de Uso de la Tierra	256,81	1.562,34
	Plan de Manejo Forestal	-	124,52
Uso indirecto	Biomasa aérea	100,49	121,78
	Biomasa total	129,47	150,81
Uso directo + indirecto	Plan de Uso de la Tierra + Biomasa total	386,28	1.713,15
	Plan de Manejo Forestal + Biomasa total	129,47	275,33

En el trabajo de Loomis, Knaus y Dziedzic (2018), en donde usan el concepto total green value (TGV) como una herramienta para delimitar rápidamente el VET, observaron que para un bosque templado el valor anual fue de 2384,84 US\$/ha. Maund et al. (2020), en un estudio realizado para valorar los servicios ecosistémicos de los bosques de británicos mencionan que existen diferencia de valores explicados por las diferentes características sociales que deben ser considerados en los procesos de toma de decisión, así también identificaron disparidad con respecto a cómo expertos y el público conceptualizan los servicios ecosistémicos.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación constituyen un avance hacia el valor económico total del bosque perteneciente a la Ecorregión Chaco Húmedo, donde se obtuvieron importantes valores monetarios, variando entre 100,49 y 1.562,34 US\$ ha⁻¹ considerando los diferentes escenarios estudiados, lo cual representa su alto potencial productivo y la importancia del manejo sostenible de los ecosistemas forestales. Aunque las estimaciones presentadas son robustas, los valores en términos monetarios siguen siendo considerados como aproximaciones, por tanto, deben ser considerados como referenciales. Resulta urgente que nuevos estudios que atiendan otros servicios ecosistémicos que enriquecerían la valoración económica total y se centren en aproximar los valores que componen la ecuación del VET, teniendo en cuenta los bienes y servicios que frecuentemente no son considerados, como los productos forestales no maderables, los recursos genéticos, la polinización, los servicios culturales, entre otros. Sobre todo, que estos valores sean considerados en el diseño de políticas públicas con acciones concretas que influyan en la restauración y conservación del bosque; así como estudios para una definición más apropiada del DMC para cada ecorregión del país.

Para la conservación del bosque, dando una opción económica a los propietarios, sería más recomendable el manejo forestal, pero son necesarios estudios que establezcan diámetros mínimos de corta más realistas en cada ecorregión de país para que su implementación se vuelva viable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar, S., Camba Sans, G. & Paruelo, J. M. (2017). Instrumentos económicos basados en mercados para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en Latinoamérica: ¿panacea o rueda cuadrada? *Ecología Austral*, 27, 146-161.

Amarilla, S. (2009). *Guía para elaboración de proyectos MDL forestales: estudio de valoración económica de ecosistemas forestales de la Región Oriental del Paraguay*. FAO/SEAM/IDEA. Asunción, 27-44.

Arano, F. & De Egea, J. (editores). (2014). *Experiencias innovadoras de producción sostenible en Paraguay*. Asunción: WCS - USAID, 70 p.

Balvanera, P., Uriarte, M., Almeida-Leñero, L., Altesor, A., DeClerck, F., Gardner, T., ... , Matos, D. M. S. (2012). Ecosystem services research in Latin America: The state of the art. *Ecosystem Services*, 2, 56-70.

Brown, S., Gillespie, A. & Lugo, A. E. (1989). Biomass estimation methods for Tropical Forests with applications to Forest Inventory data. *Forest Science*, 35, 881-902.

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Fölster, H., ... , Yamakura, T. (2005) Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145, 87-99.

Contreras, F., Leaño, C., Licona, J., Dauber, E., Gunnar, L., Hager, N. & Caba, C. (1999). Guía para la instalación y evaluación de parcelas permanentes de muestreo. Santa Cruz, Bolivia: BOLFOR, PROMABOSQUE, 59 p.

Convention on Biological Diversity. (2007). An exploration of tools and An exploration of tools and methodologies for valuation of biodiversity and biodiversity resources and functions. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 71 p.

Cortés, M. G. O., Urciaga, J. I. & Ponce, G. (2015). Importancia económica y social de los servicios de los ecosistemas: una revisión de la agenda de investigación. *Revista Global de Negocios*, 3 (1), 103-113.

Costanza, R., d' Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... van den Belt, M. (1998). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics*, 25 (1), 3-15. doi:10.1016/s0921-8009(98)00020-2

Dinerstein, E., Olson, D. M., Graham, D. J., Webster, A. L., Primm, S. A., Bookbinder, M. P. & Ledec, G. (1995). *Una evaluación del estado de conservación de las ecoregiones terrestres de América latina y el Caribe*. Washington D.C.: WWF - World Bank, p. 135

Gasparri, N. I., Grau, H. R. & Manghi, E. (2008) Carbon Pools and Emissions from Deforestation in Extra-Tropical Forests or Northern Argentina between 1900 and 2005. *Ecosystems*, 11, 1247-1261.

Howe, C., Suich, H., Vira, B. & Mace, G. M. (2014). Creating win-wins from trade-offs? Ecosystem services for human well-being: a meta-analysis of ecosystem service trade-offs and synergies in the real world. *Global Environmental Change*, 28, 263-275.

Insfrán, A., Aparicio, M. J., Romero, A. C. & Campos, S. (2017). *Ecología humana, humedales y servicios ecosistémicos: el caso de la comunidad Nueva Asunción*. En A. Insfrán, M. J. Aparicio & R. Gomes (organizadores), *Ecología Humana Contemporánea: apuntes y visiones en la complejidad del desarrollo*. San Lorenzo: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, 460 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Hayama, Kanagawa, Japan : Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (eds.), 20 p.

Köhl, M., Lasco, R., Cifuentes, M., Jonsson, Ö., Korhonen, K. T., Mundhenk, P., ... , Stinson, G. (2015). Changes in forest production, biomass

- and carbon: Results from the 2015 UN FAO. (2015). *Global Forest Resource Assessment. Forest Ecology and Management*, 354, 21-34.
- Ley 3001/2006. *Valoración y retribución de los servicios ambientales*. Asunción, Paraguay. 13 de septiembre de 2006.
- Loomis, J. J., Knaus, M. & Dziedzic, M. (2019). Integrated quantification of forest total economic value. *Land Use Policy*, 84, 335-346.
- Mandal, G. & Joshi, S. P. (2014) Analysis of vegetation dynamics and phytodiversity from three dry deciduous forests of Doon Valley, Western Himalaya, India. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 7 (3) 292-304.
- Maund, P., Irvine, K., Dallimer, M., Fish, R., Austen, G. & Davies, Z. G. (2020) Do ecosystem service frameworks represent people's values? *Ecosystem Services*, doi:10.1016/j.ecoser.2020.101221.
- Mereles, M. F. (2005). Una aproximación al conocimiento de las formaciones vegetales del Chaco Boreal. *Rojasiana*, 6 (2), 5-48.
- Merenciano, A. M., Musalém, K., Laíno, R., Rey Benayas, J. M., Cruz-Alonso, V., El Raiss Cordero, Z.,..., Enciso, C. (2018) Servicios ecosistémicos en el Chaco Húmedo: retos para el manejo basado en los ecosistemas. *Ecosistemas*, 27 (2), 115-125.
- Convention on Biological Diversity. (2007). *Methodologies for valuation of biodiversity and biodiversity resources and functions*. Montreal, Canada: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 71 p. (CBD Technical Series no. 28)
- Ministerio de la Producción de la Provincia del Chaco (2007). *Manual para el Manejo Forestal Sustentable de los bosques nativos*. Provincia de Chaco, 216 p.
- Ministerio de Producción, Recursos Naturales, Forestación y Tierras (2007). *Guía de prácticas sustentables para las áreas forestales de la provincia de Santiago del Estero*. Manejo Forestal : Asociación Forestal Argentina, 105 p.
- Peralta, N., Pérez de Molas, L. & Amarilla, S. (2018) Análisis estructural de un bosque de la Ecorregión Alto Paraná, Paraguay. *Investigación Agraria* 20 (2), 127-135.
- Quevedo, M. L., Amarilla, S. M. & González, J. D. (2009). Determinación del potencial económico del bosque en una finca tipo en el distrito de Horqueta, Región Oriental del Paraguay. *Investigación Agraria*, 11 (1), 60-65.
- Rideout, D. & Hessel, H. (1997). *Principle of forest and environmental economics*. London: Fort Collins, Colo. Resource & Environmental Management, 285 p.
- Rivarola J. A. & Amarilla, S. M. (2015). Servicios ecosistémicos y potencial económico de los humedales de la estación biológica Tres Gigantes. *Paraquaria Natural*, 3 (2), 12-18.
- Sanquetta C. R., Corte, A. P. D., Rodrigues, A. L. & Watzlawick, L. F. (2014). *Inventários Florestais: planejamento e execução*. 3 ed., 409 p.
- Sanquetta, C. R., Corte, A. P. D., Pelissari, A. L., Tomé, M., Maas, G. C. B. & Sanquetta, M.N.I. (2018). Dinâmica em superfície, volume, biomassa e carbono nas florestas nativas brasileiras: 1990 -2015. Universidade Federal do Paraná. *Biofix Scientific Journal* (3) 1, 193-198
- Sato, T., Saito, M., Ramirez, D., Perez de Molas, L. F., Toriyama, J., Herebia, E. & Vera de Ortiz, M. (2015) Development of Allometric Equations for Tree Biomass in Forest Ecosystems in Paraguay. *JARQ*, 49(3), 281-291.
- SEAM. (2013). *Resolución No 614/13 Por la cual se establecen las ecorregiones para la Regiones Oriental y Occidental del Paraguay*. Asunción : Secretaria del Ambiente.
- SENDECO. (2021). *Sistema electrónico de negociación de derechos de emisión de Dióxido de Carbono*. Disponible en: <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>
- SFN (1992). *Resolución No 4/1992. Por la cual se clasifican las especies maderables ede acuerdo a las categorías de calidad A y B*. 27 de enero de 1992.
- Uramoto, K., Walder, J. M. M. & Zucchi, R. A. (2005). Análise quantitativa e distribuição de populações de espécies de Anastrepha (Diptera: Tephritidae) no Campus Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. *Neotropical Entomology, Londrina-PR*, 34(1), 33-39.
- Vargas-Larreta, B., López-Sánchez, C. A., Corral-Rivas, J. J., López-Martínez, J. O., Aguirre-Calderón, C. G. & Álvarez-González, J. G. (2017). Allometric equations for estimating biomass and carbon stocks in the temperate forests of North-Western Mexico. *Forests*, 8 (8), 269.
- Zhao, J., Kang, F., Wang, L., Yu, X., Zhao, W., Song X., ..., Han, H. (2014) Patterns of Biomass and Carbon Distribution across a Chronosequence of Chinese Pine (*Pinus tabulaeformis*) Forests. *PLoS ONE* 9 (4), e94966. doi:10.1371/journal.pone.0094966