



**SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA
PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA
BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL)
ENTRE 2001 Y 2011**

**ECOSYSTEM SERVICES AND DEFORESTATION IN THE
PARANAENSE FOREST: COMPARATIVE ANALYSIS IN THE
BINATIONAL BASIN OF THE SAN ANTONIO RIVER (ARGENTINA-
BRAZIL) BETWEEN 2001 AND 2011**

**SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E DESMATAMENTO NA SELVA
PARANAENSE: ANÁLISE COMPARATIVA NA BACIA BINACIONAL
DO RIO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 E 2011**

Laura Zulaica

*CONICET - Instituto del Hábitat y del Ambiente
Universidad Nacional de Mar del Plata
Mar del Plata, Argentina
e-mail: laurazulaica@conicet.gov.ar*

Patricia Vazquez

*CONICET - Centro de Estudios Sociales de América Latina
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Buenos Aires, Argentina
e-mail: patriciavazquez@conicet.gov.ar*

Juan Pablo Celemín

*CONICET - Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Buenos Aires, Argentina
e-mail: jpcelemín@conicet.gov.ar*

Recibido em: 11/06/2014

Aceito em: 31/08/2015

Resumen

Por sus condiciones biofísicas, los bosques tropicales poseen gran capacidad para ofrecer servicios ecosistémicos. La Selva Paranaense, uno de los bosques tropicales lluviosos más amenazados de Sudamérica, alcanza actualmente 1.200.000 ha, conservadas fundamentalmente en Argentina y en menor medida en Brasil y Paraguay. Este trabajo propone analizar la pérdida de servicios de regulación a partir de la evaluación del proceso de deforestación y cambio de uso del suelo entre 2001 y 2011 en una cuenca binacional argentino-brasileña, la Cuenca del río San

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

Antonio (CrSA). La superficie de dicha cuenca (117.348 ha), que forma parte del río Iguazú, se distribuye de manera semejante en ambos países. Sin embargo, la clasificación de las imágenes satelitales (Landsat 5, sensor TM) revela que Argentina conserva en 2011 el 61,7% de áreas boscosas en las que predominan servicios de regulación, mientras que Brasil el 25%. No obstante, la tasa de deforestación total anual promedio (R) y la tasa de cambio anual (q) en el período, fueron significativamente más altas en el sector argentino (R : 8,143; q : 0,02) que en el brasileño (R : 1,493; q : 0,01). Los datos de temperatura proporcionados por el satélite (banda 6), indican una relación directa entre las temperaturas más bajas y la superficie boscosa, que coincide con la clasificación realizada. Se considera fundamental profundizar en el análisis de los vínculos existentes entre la capacidad de provisión de servicios ecosistémicos y las demandas sociales, así como en el desarrollo de metodologías para la valoración de servicios en áreas de frontera.

Palabras-clave: servicios de regulación y suministro, tasas de deforestación y cambio anual, áreas de frontera, gestión integrada de cuencas.

Abstract

By their biophysical conditions, tropical forests have a large ability to provide ecosystem services. The Paranaense Forest, one of the most threatened tropical rainforests of South America, has now reached 1,200,000 has., mainly preserved in Argentina and to a lesser extent in Brazil and Paraguay. This work aims to analyze the loss of regulation services from the assessment of the deforestation process and land use change between 2001 and 2011 in an Argentinean-Brazilian Binational Basin, the San Antonio River Basin (SArB). The surface of the basin (117,348 has.), which is part of the Iguazú River, is distributed similarly in both countries. However, the classification of satellite images (Landsat 5 TM sensor) reveals that, in 2011, Argentina retains 61.7% of forested areas prevailing regulatory services, while Brazil 25%. Nevertheless, the average annual total deforestation (R) and the annual change rate (q) in the period were significantly higher in the Argentinean sector (R : 8.143, q : 0.02) than in Brazil (R : 1.493, q : 0.01). The temperature data provided by the satellite (band 6) indicate a direct relationship between lower temperatures and the forest area, which coincides with the classification made. It is considered essential to deepen the analysis of the links between the ability to provision ecosystem services and social demands, as well as of the development of methodologies for valuation services in border areas.

Keywords: regulation and supply services, deforestation and annual change rates, border areas, integrated watershed management.

Resumo

Por suas condições biofísicas, as florestas tropicais possuem grande capacidade para oferecer serviços ecossistêmicos. A Selva Paranaense, uma das florestas tropicais chuvosas mais ameaçadas da América do Sul, alcança atualmente 1.200.000 ha, conservadas fundamentalmente na Argentina e em menor medida no Brasil e Paraguai. Este trabalho propõe analisar a perda de serviços de regulação a

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

partir da avaliação do processo de desmatamento e mudança do uso do solo entre 2001 e 2011 em uma bacia binacional argentina-brasileira, a Bacia do rio San Antonio. A superfície da referida bacia (117.348 ha), que forma parte do rio Iguazú, se distribui de maneira semelhante em ambos os países. Entretanto, a classificação das imagens de satélite (Landsat 5, sensor TM) revela que Argentina conserva, em 2011, 61,7% de áreas florestadas nas que predominam serviços de regulação, enquanto que no Brasil, 25%. Não obstante, a taxa de desmatamento total anual média (R) e a taxa de mudança anual (q) no período foram significativamente mais altas no setor argentino (R : 8,143; q : 0,02) que no brasileiro (R : 1,493; q : 0,01). Os dados de temperatura proporcionados pelo satélite (banda 6), indicam uma relação direta entre as temperaturas mais baixas e a superfície florestada, que coincide com a classificação realizada. Considera-se fundamental aprofundar a análise dos vínculos existentes entre a capacidade de provisão de serviços ecossistêmicos e as demandas sociais, assim como o desenvolvimento de metodologias para a valorização de serviços em áreas de fronteira.

Palavras-chave: serviços de regulação e provisão, taxas de desmatamento e mudança anual, áreas de fronteira, gestão integrada de bacias.

1. INTRODUÇÃO

Los distintos ecosistemas del planeta brindan beneficios a las sociedades que derivan de los componentes bióticos, abióticos y de sus interacciones. El concepto de servicios ecosistémicos, establece el vínculo entre los ecosistemas, sus componentes, procesos y los beneficios que las sociedades obtienen de los mismos (BOYD y BANZHAF, 2007). En esa línea de pensamiento, Quijas *et al.* (2010), sostienen que estos servicios son los componentes de los ecosistemas que se consumen directamente, que se disfrutan, o que contribuyen, a través de interacciones entre ellos, a generar condiciones adecuadas para el bienestar humano.

En términos semejantes, Daly (1997) define a los servicios ecosistémicos como las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los conforman sostienen y nutren a la vida humana, poniendo el énfasis en las condiciones biofísicas cambiantes dentro del ecosistema así como en los procesos, en tanto interacciones entre éstas y los componentes bióticos.

Entre los primeros intentos de clasificación de estos servicios se destaca el de Costanza *et al.* (1997), quien define 17 servicios asociados con funciones ecosistémicas. Posteriormente, De Groot *et al.* (2002) presentan una clasificación

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

enfocada en diseñar una tipología sistemática y un marco general para el análisis de funciones y servicios de los ecosistemas.

En ese trabajo se destacan las funciones del ecosistema que están estrechamente relacionadas con la capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas, directa o indirectamente y que involucran diferentes escalas (tanto física en las funciones como valorativas por parte de la sociedad); sobre estas bases, proponen 23 funciones básicas del ecosistema agrupadas en cuatro categorías principales: funciones de regulación; de hábitat, de producción y de información.

Siguiendo un procedimiento similar, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, clasifica a los servicios que brindan los ecosistemas en cuatro categorías: 1) servicios de aprovisionamiento, son aquellos bienes o recursos naturales como el agua o los alimentos; 2) servicios de regulación que corresponden a procesos ecosistémicos que regulan las condiciones en las que los humanos habitan, tales como la regulación del clima o de la erosión; 3) servicios culturales, son aquellos en que la contribución de los ecosistemas es sobre experiencias que benefician directa o indirectamente a las sociedades, como el sentido de pertenencia o la recreación; y 4) servicios de soporte que incluyen aquellos procesos ecológicos básicos que permiten que se provean los anteriores (MEA, 2003).

No obstante lo mencionado, entre las distintas clasificaciones propuestas, esta última es probablemente la más difundida y aceptada. Tal como señalan Camacho Valdez y Ruiz Luna (2012), este trabajo ofrece un sistema de clasificación con propósitos puramente operacionales basado en cuatro líneas funcionales que incluyen servicios de soporte, regulación, aprovisionamiento y culturales, con la intención de facilitar la toma de decisiones tendientes al bienestar humano.

Por sus condiciones biofísicas, los bosques tropicales poseen gran capacidad para ofrecer servicios. Balvanera (2012), señala que brindan servicios de suministro o abastecimiento fundamentales que benefician generalmente a los propietarios o las comunidades que los manejan y se relacionan con la biodiversidad, los alimentos, fuentes energéticas, materiales de construcción, medicinas, entre otros beneficios. Ofrecen numerosos servicios de regulación que favorecen a grandes regiones ya que juegan un papel fundamental en la regulación climática, la

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

regulación de la erosión e inundaciones y de la calidad del agua. Además, brindan innumerables beneficios no materiales a las poblaciones humanas que los habitan o visitan.

Finalmente, los servicios de soporte (ciclaje de nutrientes, mantenimiento del hábitat, conservación de la biodiversidad, formación de suelos) son intangibles pero necesarios para sostener a todos los demás. En la mayoría de los trabajos, estos servicios son obviados como consecuencia de los problemas de doble conteo asociados (FISHER y TURNER, 2008), existiendo una tendencia creciente a agruparlos con los servicios de regulación (BALVANERA y COTLER, 2009).

La Selva Paranaense o Bosque Atlántico, es uno de los bosques tropicales lluviosos más amenazados de Sudamérica, del cual subsiste solamente el 7% de su cobertura original (PLACCI y DI BITETTI, 2006). Citando a Cullen *et al.* (2001), los autores señalan que a pesar de su estado altamente fragmentado, la Selva Paranaense y la Mata Atlántica, como se la denomina en Brasil, conforman los ecosistemas más diversos de la tierra dado que contienen el 7% de las especies del mundo; además, se destaca por su nivel de especies endémicas (MYERS *et al.*, 2000). Luna (2013) señala que esta selva es el cuarto “punto caliente de biodiversidad” en cuanto a necesidades de conservación, por esta excepcional concentración de especies endémicas y la alta tasa de desaparición de sus ambientes naturales.

En sus orígenes, el ecosistema cubría buena parte del este de Paraguay y del sudeste de Brasil, además de la casi totalidad de la provincia de Misiones en Argentina, abarcando una superficie de 1.400.000 km². Tal como señala Laclau (1994), en la segunda mitad del siglo pasado, se produjo una muy severa y paulatina disminución de este ecosistema en Brasil y Paraguay, para su reemplazo por cultivos agrícolas, conduciendo en muchos casos a una fuerte degradación de los suelos, alteración del ciclo hidrológico y provocando fluctuaciones climáticas locales. En Argentina, la disminución de la cobertura forestal se produjo a un ritmo bastante inferior.

Esa diferencia en los ritmos de transformación de la selva en los tres países, llevó a la paradójica situación actual en la que Misiones, que originalmente representaba una porción mínima de la Selva Paranaense en la región, alberga hoy

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

el mayor bloque de selvas remanentes, que se extiende por 1.200.000 hectáreas (GARCÍA FERNÁNDEZ, 2002).

La Cuenca del río San Antonio (CrSA), ubicada en el noreste de la provincia de Misiones (Argentina) y en sudoeste del estado de Paraná (Brasil), forma parte de la Cuenca del río Iguazú y abarca 117.348 ha de Selva Paranaense, de las cuales 60.290 pertenecen a Argentina y 57.058 a Brasil. Su localización en el contexto regional junto con los fragmentos de selva remanente en el año 2000, se presentan en la Figura 1. Dicha cuenca, que de acuerdo con los censos nacionales de 2010 (IBGE, 2010; INDEC, 2010) agrupa unos 100.000 habitantes, ha experimentado fuertes transformaciones en su cobertura boscosa, especialmente en el sector brasileño, que apenas conserva algunos relictos de selva y numerosos servicios ecosistémicos están siendo intensamente afectados.



Figura 1: Localización de la Cuenca del río San Antonio en su contexto regional. Fuente: Elaboración propia sobre la base de IPEC (2012) y Zulaica (2004).

En el marco planteado y teniendo en cuenta que existe una relación directa entre la capacidad de brindar servicios ecosistémicos y la deforestación, a la que se encuentran expuestos gran parte de los bosques del planeta, el presente trabajo evalúa el proceso de deforestación y cambio de uso del suelo en la CrSA entre 2001 y 2011, que contribuyen con la pérdida de servicios de regulación. Todo ello, con la finalidad de definir estrategias conjuntas entre Argentina y Brasil tendientes a la gestión sostenida de sus recursos.

De acuerdo con estudios antecedentes (ZULAICA y SÁNCHEZ, 2001a; 2001b; ZULAICA, 2004), el clima del área es de tipo subtropical húmedo con precipitaciones medias anuales de 1700-1800 mm y temperaturas que promedian unos 20° C en el año; en el subsuelo predominan rocas básicas de naturaleza efusiva, vinculadas a litologías que datan del Cretácico Inferior y pertenecen a la Formación "Serra Geral". El relieve presenta variaciones rápidas, asociando geformas onduladas, fuertemente onduladas y montañosas.

Aunque la superficie ocupada por la CrSA es relativamente semejante en ambos países, en el sector argentino forma parte de dos municipios (San Antonio y Comandante Andresito), mientras que en el brasileño integra seis (Santo Antônio do Sudoeste, Pranchita, Bela Vista da Caroba, Pérola d'Oeste, Planalto y Capanema), concentrando este último sector, el 91% de la población.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis de servicios ecosistémicos actual y potencialmente afectados por el proceso de deforestación, se vale de antecedentes que abordan la temática (COSTANZA *et al.*, 1997; DE GROOT *et al.*, 2002; MEA, 2003; 2005; WALLACE, 2007; FISHER y TURNER, 2008; TURNER *et al.*, 2008; BALVANERA Y COTLER, 2009; CAMACHO VALDEZ y RUIZ LUNA, 2012). Posteriormente, y a fin de evaluar la deforestación en la CrSA, la misma fue delimitada en gvSIG (versión 1.11) a partir de los estudios precedentes existentes en el área (ZULAICA y SÁNCHEZ, 2001a; 2001b; ZULAICA, 2004) sobre cartas topográficas de escala 1:100.000, elaborándose luego el modelo de elevación digital mediante Surfer 7, a partir de una

ZULAICA, L.; VAZQUEZ, P.; CELEMÍN, J. P.
**SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS
COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL)
ENTRE 2001 Y 2011**

imagen SRTM obtenida de la página web oficial del U.S. Geological Survey (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), cuyo año de adquisición fue 2013.

El estudio comparativo de la pérdida de servicios ecosistémicos a partir del proceso de deforestación en la CrSA, demandó la búsqueda de imágenes satelitales del área de estudio correspondientes a 2001 y 2011. Las imágenes fueron obtenidas del sitio web <http://www.inpe.br/>, página correspondiente al Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, año de obtención de la imágenes: 2013) del *Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação* de Brasil. Se trabajó sobre 2 imágenes captadas por el sensor TM de la misión Landsat 5, con Path/Row 223/78, cuyas fechas de adquisición fueron las siguientes: 11/08/2001 y 07/08/2011.

En el procesado y georreferenciamiento de las imágenes se utilizó el Software ENVI 4.5 (Reserch System Inc., Boulder, CO, USA). Las imágenes se georreferenciaron empleando puntos de control de GPS (Global Positioning System) obtenidos a partir del trabajo de campo de estudios previos (ZULAICA, 2004). La técnica de georreferenciación se encuentra asentada en la obtención de puntos de control entre dos imágenes (Armand, 1995). En este caso, se realizó considerando 20 puntos que tomaban el mismo sector en cada imagen y, a través de una interpolación matricial realizada por el software, se corrigieron geoméricamente las imágenes. Luego, con la finalidad de corregir atmosféricamente las imágenes, se realizó una calibración para convertir los ND (Niveles Digitales) en niveles de satélite a reflectividad TOA -Tope de la Atmósfera- (SCHROEDER *et al.*, 2006). Posteriormente, fueron convertidas a valores de radiancia (CHANDER y MARKHAM, 2003; CHANDER *et al.*, 2007) y la reflectancia TOA a reflectancia en superficie, asumiendo una superficie uniforme Lambertiana y bajo condiciones libres de nubes (SOUDANI *et al.*, 2006).

Luego, para la realización de la clasificación supervisada fue necesario obtener conocimientos e información antecedente de la cuenca derivados de estudios previos (ZULAICA y SÁNCHEZ, 2001a; 2001b; ZULAICA, 2004) y trabajo de campo. Para unificar la base de datos, se digitalizaron los mapas obtenidos de esos trabajos antecedentes utilizando gvSIG (cursos de agua, asentamientos, rutas y caminos principales, áreas protegidas, paisajes), elaborándose distintas capas vectoriales en escala 1:100.000.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

Posteriormente, se definieron cuatro grandes clases: áreas boscosas, áreas agrícolas, áreas con agua y áreas urbanas. En la fase de asignación, se aplicó el Clasificador de Máxima Probabilidad, que es el más complejo y el que demanda mayor volumen de cálculo. Sin embargo, es el más empleado en la teledetección, por su robustez y por su ajustarse con mayor rigor a la disposición general de los datos (SOBRINO, 2000).

En la detección de *regiones de interés* (ROI's) se utilizaron técnicas de visualización de las imágenes en cada año seleccionado para representar con mayor precisión las clases asociadas con la cuenca. La composición utilizada fue la llamada falso color compuesto o infrarrojo color, sobre las bandas correspondientes al infrarrojo cercano, rojo y verde (bandas 4, 3, 2), respectivamente. Esta composición facilita la cartografía de masas vegetales, láminas de agua, ciudades (CHUVIECO, 2007).

Una vez obtenidas las imágenes clasificadas de ambos años, se aplicó un filtro Median (3*3), técnica que permite mejorar el contraste espacial de la imagen (CHUVIECO, 2007). Se obtuvieron los estadísticos de las imágenes clasificadas para cada sector de la cuenca (argentino y brasileño), los píxeles por cada clase y se calcularon las superficies de cada clase.

Posteriormente, se superpusieron los resultados obtenidos de la clasificación con los mapas de la base generada a partir de los estudios antecedentes e imágenes de Google Earth, ajustándose los resultados mediante el uso de gvSIG. Este ajuste se realizó fundamentalmente sobre las áreas urbanas, las cuales quedaban agrupadas junto con las áreas cultivables, es decir aquellas zonas que al momento de captura de la imagen estaban desprovistas de cultivos.

Una vez estimadas las superficies ocupadas por cada clase, se calcularon las tasas de deforestación total anual promedio entre 2001 y 2011 en cada sector de la cuenca (argentino y brasileño) y en la superficie total. Para ello se utilizó la siguiente fórmula (Eq. 1) de Puyravaud (2003):

$$R = \frac{A_1 - A_2}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

Donde: A_2 y A_1 son las áreas de bosque en la fecha final (t_2) e inicial (t_1), respectivamente.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

Adicionalmente, se realizó el cálculo de la tasa de cambio anual, que se obtiene por medio de la comparación del área cubierta por bosque en la misma región en los dos momentos analizados. La fórmula empleada (Eq. 2), también de Puyravaud (2003) resulta en una tasa porcentual anual, usada frecuentemente para cálculos de esta índole:

$$q = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{1/(t_2 - t_1)} - 1 \quad (2)$$

Es de esperar que el proceso de deforestación se manifieste a través de cambios en la temperatura de la superficie de la tierra. Partiendo de esta noción, y a fin de profundizar en los resultados de las clasificaciones, se estimó en primera aproximación y asumiendo un carácter exploratorio, la temperatura de la cuenca a partir de la banda 6 de las imágenes de satélite procesadas para cada año.

Sin pretender realizar un estudio exhaustivo de las temperaturas en el área, dicha aproximación, se presenta como un punto de partida interesante para analizar en futuras investigaciones las correspondencias existentes entre los resultados obtenidos en la clasificación y los datos de temperatura aportados por el satélite.

Para obtener la temperatura de superficie se recurrió a un SIG de estructura raster, Idrisi Taiga (Clark Labs, E.E.U.U.), en el cual la radiancia espectral a nivel de sensor, la banda térmica (6 del Landsat TM), fue transformada a temperatura de brillo del satélite, usando la ecuación 3 (Eq. 3) de acuerdo al Landsat Project Science Office (2008).

$$T_B = \frac{K_2}{\ln((K_1 / L_2) + 1)} \quad (3)$$

Donde: T_L : temperatura de brillo en grados Kelvin, para una radiancia L ; K_1 : constante de calibración 1 en $W/(m^2 * sr * um)$; K_2 : constante de calibración 2 en grados Kelvin (adimensional); radiancia espectral del sensor.

Esta temperatura de brillo está referida como la de un cuerpo negro; por tanto fue necesario introducir la emisividad de la superficie de la tierra. Aunque sus valores suelen ser bastante cercanos a la temperatura de superficie, suele corregirse tomando en cuenta la emisividad (ε) de la superficie de la tierra. Dicha conversión fue hecha mediante la ecuación 4 (Eq. 4).

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

$$S_i = \frac{T_B}{1 + (\lambda * T_B / \rho) \ln \varepsilon} \quad (4)$$

Donde: S_i : temperatura de superficie corregida con la emisividad; T_B : temperatura de brillo del satélite; λ : longitud de onda media de la banda termal considerada; $\rho = h^*(c/\sigma)$ (1.438×10^{-2} m K), donde: h: constante de Planck ($6,626 \times 10^{-34}$ Js); c: es la velocidad de la luz; σ : constante de Boltzman ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K); ε : emisividad de la superficie.

La imagen del NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), fue utilizada para obtener la emisividad de la superficie. Dicha imagen fue reclasificada de manera que se le asignó a las zonas sin vegetación el valor de 0,92 mientras que a la presencia de vegetación (entre 0,157 y 0,727) se le asignó el valor de 0,95 (YUE *et al.*, 2007, citando a NICHOL, 1994).

3. RESULTADOS

Las acciones humanas inciden sobre el funcionamiento de la Selva Paranaense y su capacidad de proveer servicios ecosistémicos. La magnitud de las consecuencias depende de la intensidad, frecuencia y permanencia de las distintas actividades. Tratándose de servicios transfronterizos, la gestión de los mismos alcanza altísimos niveles de complejidad.

Entre sus numerosas recomendaciones, la Agenda 21 de la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992 sugiere, sobre todo cuando existen recursos hídricos fronterizos, la necesidad de desarrollar e implementar modelos de planificación y ordenamiento territorial, adoptando enfoques y estudios integrados de los estados ribereños. En ese sentido, América Latina viene acumulando valiosas experiencias de planificación y gestión de cuencas transfronterizas, así como importantes procesos de cooperación basados en una perspectiva internacional de manejo de cuencas (FAO-FODEPAL-PUC, 2003).

Argentina y Brasil limitan fronterizamente a través de ríos pertenecientes a la Cuenca del Plata. Lamentablemente, la mayoría de las áreas de frontera entre ambos países carece de estudios integrados y suficientemente detallados sobre los recursos físicos, culturales y socioeconómicos, que dificulta la generación de

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

estrategias conjuntas (SÁNCHEZ, 2002). Dichas estrategias debieran contemplar la situación particular de los servicios ecosistémicos que se ven comprometidos en ambas márgenes del río.

El modelo de elevación digital del terreno de la cuenca (Figura 2), permite verificar la presencia de relieves ondulados, fuertemente ondulados y montañosos en ambos países cuyas alturas varían entre 215 m y 752 m, siendo que el ecosistema original es el mismo: la Selva Paranaense. Si bien en ambas márgenes del río San Antonio se evidencian transformaciones del ecosistema nativo para obtener fundamentalmente servicios de abastecimiento, los resultados de la clasificación de la cuenca junto con los ajustes realizados (Tabla 1, Figura 3) muestran la presencia significativamente mayor de áreas boscosas en el sector argentino respecto del brasileño.

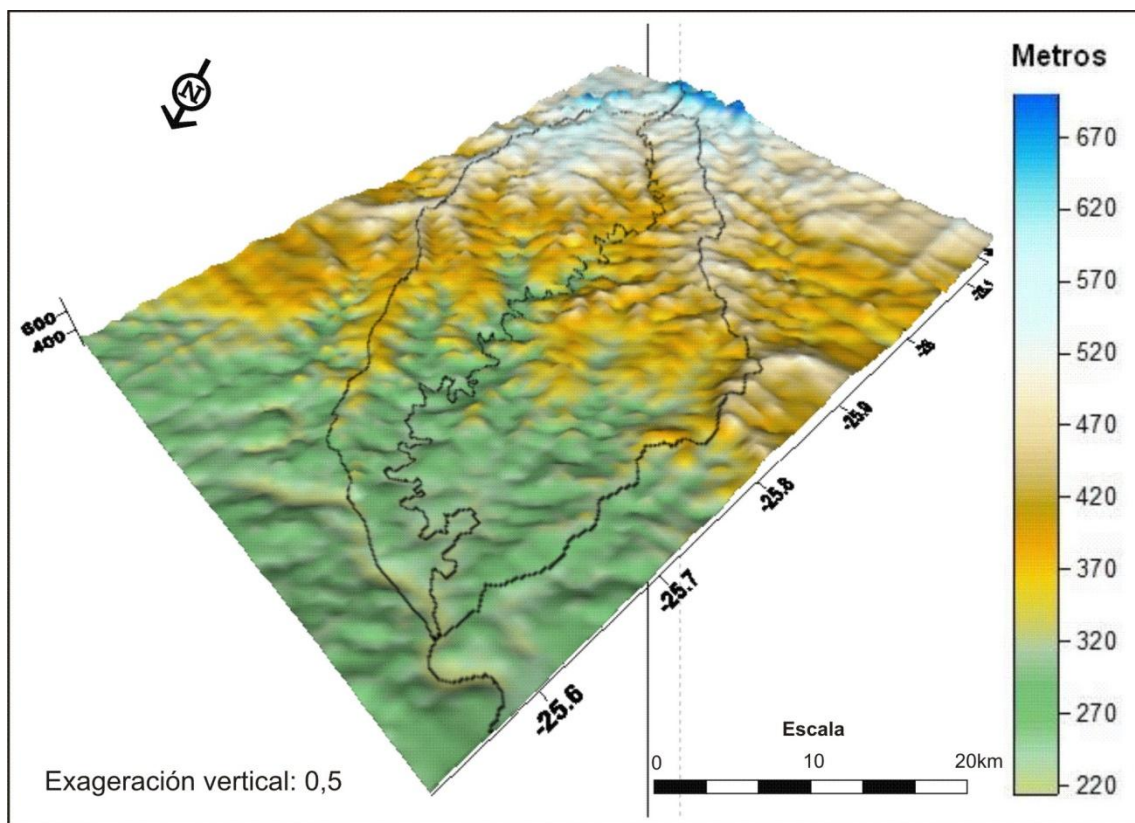


Figura 2: Cuenca del río San Antonio: modelo de elevación digital del terreno.
Fuente: Elaboración propia a partir de imagen SRTM.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

Tabla 1: Superficies ocupadas por las distintas clases identificadas en los sectores argentino y brasileño de la CrSA y en la cuenca en su conjunto (2001-2011)

Clases	Argentina		Brasil		CrSA	
	Sup. en ha 2001	Sup. en ha 2011	Sup. en ha 2001	Sup. en ha 2011	Sup. en ha 2001	Sup. en ha 2011
Áreas boscosas	45.368	37.225	15.731	14.238	61.099	51.463
Áreas agrícolas	14.578	22.611	39.809	40.899	54.386	63.510
Áreas con agua	224	314	309	422	533	735
Áreas urbanas	120	140	1.210	1.500	1.330	1.640
Superficie total	60290	60290	57059	57059	117348	117348

Fuente: Elaboración propia a partir de la clasificación de imágenes de satélite del área.

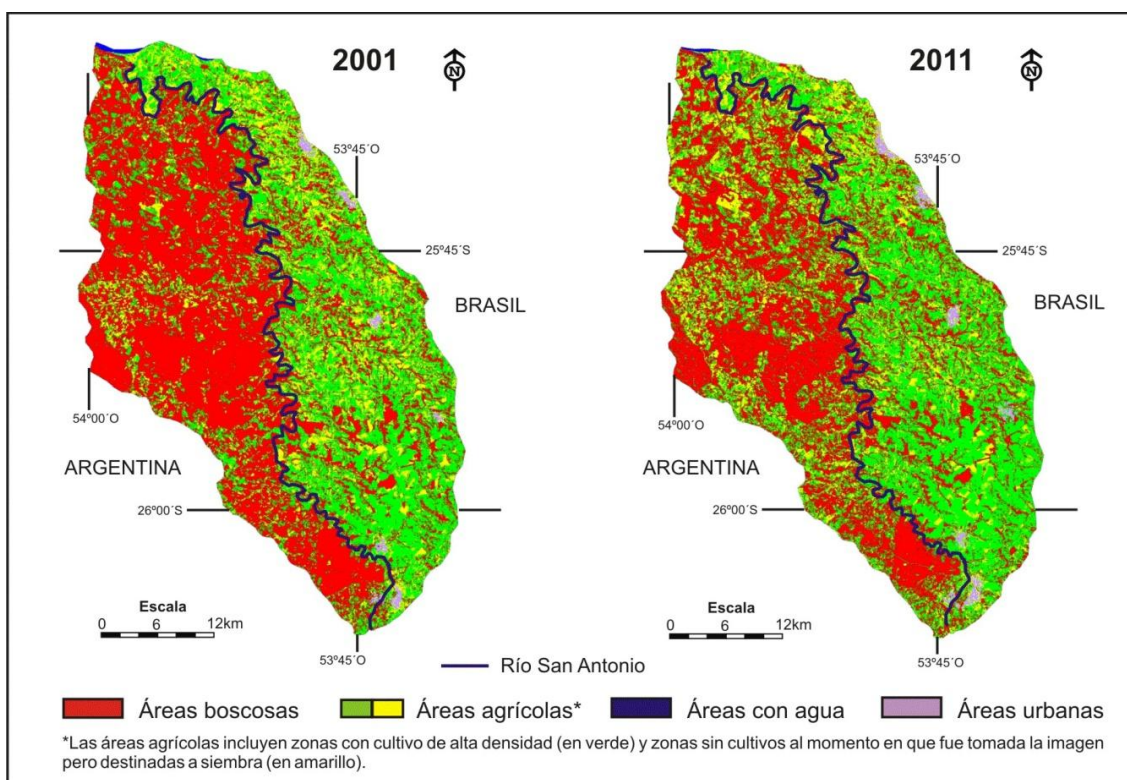


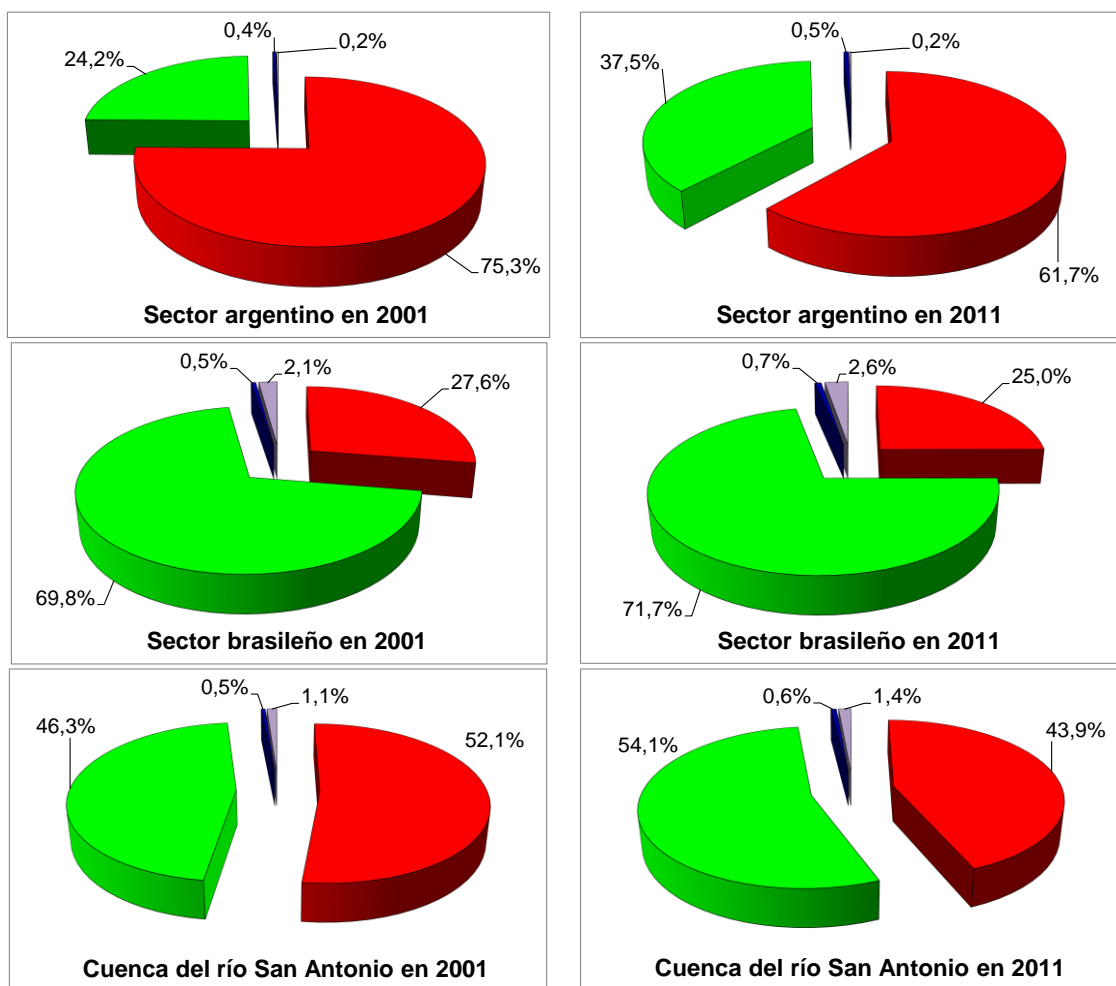
Figura 3: Cuenca del río San Antonio: clases identificadas en 2001 y 2011.

Fuente: Elaboración propia a partir de la clasificación de imágenes de satélite del área.

Esa dominancia de la superficie boscosa en el sector argentino, se asocia directamente con los servicios culturales que, tal como señalan Altesor *et al.* (2011), están presentes en beneficios no materiales tales como recreación, educación, estética del Parque Provincial Urugua-í (Ley provincial N° 1.040/90), Parque Provincial Guardaparque Horacio Foerster (Ley provincial N° 3.359/96) y la Reserva Natural Estricta San Antonio (Decreto nacional N° 2.149/90).

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

Los servicios de regulación comprenden aquellos con un valor funcional decisivo en las dinámicas ecológicas (PÉREZ y MARASAS, 2012). Cuando se comparan las clases consideradas en 2001 y 2011 (Figura 4), se observa que la cuenca en su conjunto presentaba en el primer año un 52,1% de áreas boscosas en las que predominaban servicios de regulación, siendo que el 75,3% se encontraba en Argentina y el 27,6% en Brasil. En 2011, la superficie de cobertura boscosa se redujo al 43,9%, correspondiendo a la Argentina un valor relativo de 61,7% y a Brasil de 25%.



- Áreas boscosas en las que predominan servicios de regulación
- Áreas agrícolas en las que predominan servicios de abastecimiento
- Áreas con agua en las que predominan servicios de regulación
- Áreas urbanas en las que predominan servicios culturales

Figura 4: Distribución de las áreas ocupadas por las diferentes clases en los sectores argentino y brasileño de la CrSA y en la cuenca en su conjunto (2001-2011)

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

Teniendo en cuenta que la matriz de vegetación original de la cuenca es selvática, es posible estimar las áreas deforestadas de la cuenca para la provisión de servicios de abastecimiento de cultivos agrícolas y culturales para usos urbanos. Estos últimos pueden definirse a partir de la combinación de múltiples factores que incluyen los mencionados por Boyd y Banzhaf (2007): capital natural, infraestructura, capital humano, capital social, etc. Según la sistematización publicada por la Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET, 2008), dichos servicios, de difícil clasificación en el marco propuesto, pueden vincularse con la provisión de un sustrato adecuado para el desarrollo de actividades e infraestructuras humanas.

Las áreas deforestadas en el sector argentino de la cuenca, alcanzaron 14.700 ha en 2001 y 22.750 ha en 2011. En general, los servicios de suministro corresponden a cultivos perennes (principalmente yerba mate), pasturas, forestación y algunos cultivos anuales como el maíz. Es importante destacar que estos valores de deforestación obtenidos a partir de la clasificación se estiman inferiores a la realidad dado que, al no tener datos representativos de los distintos tipos de cobertura vegetal, se integran importantes áreas forestadas (fundamentalmente con pinos) que brindan servicios de abastecimiento de materias primas, dentro de las áreas boscosas. Estas áreas, se discriminarán en futuras investigaciones, profundizando en los datos del terreno. Como señala Guerrero Borges (2012), la industria de la pulpa de madera y papel y la del aserrado, han impuesto en Misiones un paisaje rural dominado por extensos parches de plantaciones forestales de especies foráneas de crecimiento rápido (pinos y eucaliptos) y nativas (araucarias), intercaladas mayormente con plantaciones de yerba mate y té y remanentes de selva en distintos grados de conservación. En el sector brasileño, las 41.020 ha deforestadas en 2001 y las 42.400 ha en 2011, provienen de los servicios de abastecimiento en general de doble cultivo trigo-soja, y en menor medida pasturas y maíz.

De los datos anteriores se desprende que, en la superficie total de la CrSA, las áreas boscosas disminuyeron un 15,8% entre 2001 y 2011 en tanto que aumentaron en una proporción semejante (16,8%) las áreas agrícolas. Las zonas ocupadas por agua también se incrementaron un 37,9% y las ciudades en un 23,3%.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

Esto se traduce en un incremento de los servicios de abastecimiento (agrícolas y materias primas) y culturales (usos urbanos) por sobre los de regulación, con la consecuente disminución o pérdida de biodiversidad, capacidad de almacenamiento de carbono, control de plagas, regulación hídrica, capacidad productiva de los suelos, entre otros. Zurita *et al.* (2013) indican que la pérdida de numerosas funciones ecosistémicas conduce a una paulatina degradación, con la consecuente pérdida de productividad en el mediano y largo plazo y la pérdida de servicios de gran relevancia social y económica, así como del potencial de restauración futura del bosque nativo.

El aumento de la superficie ocupada por cuerpos de agua en el período analizado se atribuye fundamentalmente a las variaciones en las precipitaciones en los meses anteriores a la fecha de las imágenes, que inciden en el incremento de los caudales de los cursos superficiales. A su vez, el incremento de la superficie ocupada por agua en el período podría haberse acentuado entre 2001 y 2011 como consecuencia de la pérdida de cobertura vegetal. Como es sabido, la disminución de la cubierta forestal condiciona la infiltración del agua en el suelo y favorece el incremento de los flujos superficiales, afectando el potencial de regulación hídrica que brinda la matriz forestal. En este sentido, existen evidencias de que la pérdida de bosques impone una vulnerabilidad adicional de los paisajes frente a las inundaciones, verificándose en algunos casos un vínculo estrecho entre la deforestación y la frecuencia de inundaciones (BRADSHAW *et al.*, 2007).

Las transformaciones derivadas de la conversión de áreas boscosas en las que predominan servicios de regulación en áreas de abastecimiento agrícola, se manifestaron de manera diferente en Argentina y Brasil. Esto se verifica claramente en el cálculo de las tasas de deforestación total anual promedio (R) y de cambio anual (q), entre 2001 y 2011 (Tabla 2).

Si bien el sector argentino conserva la vegetación original mucho más que el brasileño, la tasa de deforestación total anual promedio presenta un valor 5,45 veces mayor en el primero respecto del segundo. Esto también se observa en la tasa de cambio anual relativa a áreas boscosas que implica una pérdida de cobertura forestal en el sector argentino de casi dos veces superior al brasileño entre 2001 y 2011. Lo mencionado se justifica con el hecho de que en Brasil, el proceso de

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

deforestación ya había alcanzado valores cercanos al 70% de la superficie de la cuenca en la década de 1990, con lo cual, las áreas posibles de deforestar en el período analizado se reducen significativamente.

Tabla 2: CrSA: tasa de deforestación total anual promedio (R) y tasa de cambio anual (q)

Sectores de la Cuenca	R (2001-2011)	q (2001-2011)
Sector argentino	8,143	-0,020
Sector brasileño	1,493	-0,010
CrSA	9,636	-0,017

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la tasa de cambio anual de las áreas agrícolas se observa un valor positivo (ganancia de superficies de abastecimiento agrícola en el período) de 0,016. Este valor es superior en Argentina donde llega a 0,045, mientras que en Brasil es de 0,003. Como sostiene Cabido (2008), la agricultura es responsable de gran parte de los impactos sobre los ecosistemas no agrícolas y acuáticos del mundo; entre sus consecuencias se destacan la pérdida de hábitats, la alteración de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas y la disminución de su capacidad para continuar proveyendo servicios (regulación del clima, calidad del aire y del agua, fertilidad de los suelos, etc.) y recursos valiosos (alimento, fibras, agua dulce, productos forestales).

Los resultados obtenidos permiten afirmar que existe una clara correspondencia entre la disminución de servicios de regulación de la cobertura boscosa y el incremento de las áreas de suministro agrícola.

La temperatura de superficie juega un rol importante en los procesos físicos y biológicos cerca del suelo; temperatura y humedad del suelo son dos factores que influyen la distribución y las especies de las comunidades vegetales presentes en un área (COGLIATI, 2014).

Cuando se incorporan al análisis los datos generales de temperatura proporcionados por el satélite, es posible visualizar una relación directa entre las temperaturas más bajas (exceptuadas áreas con presencia de agua) y la superficie que provee servicios de regulación. En ambas imágenes (Figura 5) se observa que la presencia de temperaturas superiores se corresponde, en términos generales, con las áreas de abastecimiento agrícola definidas a partir de la clasificación.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

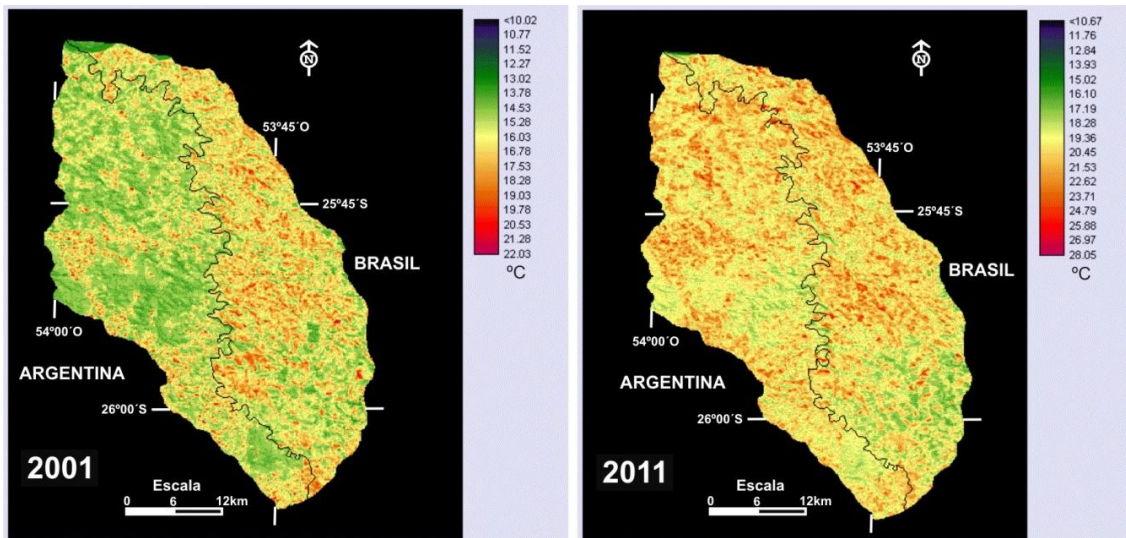


Figura 5: Cuenca del río San Antonio: temperatura de superficie.

Fuente: Elaboración propia a partir de la banda 6 de la imagen Landsat TM.

Respecto de la temperatura de superficie obtenida a partir de las imágenes satelitales, sería interesante contar con datos en campo de estaciones meteorológicas en el área que permitan corroborar si los valores proporcionados a partir de sensores remotos se corresponden con los obtenidos en el terreno, para finalmente verificar las tendencias validadas. Esto se prevé realizar en investigaciones posteriores.

No obstante, la metodología empleada con carácter exploratorio, busca detectar visualmente las diferencias de temperatura en ambos períodos para identificar claramente las áreas deforestadas de aquellas en las que predomina la matriz selvática.

Partiendo del marco conceptual propuesto por Balvarena *et al.* (2011), es posible afirmar que los servicios de aprovisionamiento presentes en los sectores con temperaturas más altas, se vinculan fundamentalmente con el subsistema económico-productivo, que incluye las actividades de transformación de los ecosistemas para el desarrollo de prácticas agropecuarias, así como actividades de extracción de recursos con el fin de satisfacer las necesidades de consumo locales y de mercados regionales e incluso nacionales. Por otro lado, los servicios de regulación presentes en la cuenca, tienen una relación más estrecha con el subsistema biofísico, destacándose las áreas con pendientes más pronunciadas en

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

las que se verifican las temperaturas más bajas. Finalmente, los servicios culturales difíciles de percibir a simple vista a partir del análisis de temperaturas, están ligados de manera más directa con el subsistema socio-político-cultural, el cual comprende los procesos sociales que definen y condicionan estos servicios.

Si bien es necesario profundizar en el análisis de las relaciones existentes entre pérdida de servicios de regulación de cobertura boscosa y su incidencia en el cambio de la temperatura de la superficie de la tierra, el uso de información de satélite brinda una primera aproximación al estudio de las mismas, requiriendo costos mínimos y siendo de gran utilidad para este tipo de estudios (VAZQUEZ y RIVAS, 2009).

4. CONSIDERACIONES FINALES

El interés creciente por los servicios ecosistémicos se ha convertido en el centro de una iniciativa mundial (MEA, 2003; 2005) cuyo objetivo es mostrar los vínculos existentes entre los cambios en los ecosistemas y el bienestar humano. En las últimas décadas, en los ámbitos académicos y científicos se ha generado un importante debate en torno a la génesis y reconocimiento de estas nociones, así como la búsqueda de políticas y mecanismos de mercado que permitan consolidarlos y darles utilidad efectiva en la protección del ambiente (MORA VEGA *et al.*, 2012).

En ese marco de interés creciente, se destacan los bosques tropicales dado que ofrecen servicios de abastecimiento, regulación y culturales fundamentales para el bienestar de las sociedades que los habitan, y también para el resto del mundo. La deforestación de la Selva Paranaense, pone en peligro la capacidad del ecosistema para brindar en el mediano y largo plazo los servicios mencionados.

Los resultados obtenidos a partir de la clasificación de las imágenes satelitales y los ajustes realizados, permiten afirmar que el sector argentino de la cuenca, a diferencia del brasileño, conserva en 2011 el 61,7% de Selva Paranaense, en general, en áreas continuas. Lamentablemente, el proceso de deforestación en Brasil ha conducido a la fragmentación extrema del ecosistema, conservando apenas relictos de vegetación original (25% en 2011) en sectores no aptos para la

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

agricultura limitados por la escasa profundidad de los suelos y las fuertes pendientes.

Esta diferencia en el grado de conservación de ambos países, se condice con la situación ambiental del ecosistema y la realidad socioeconómica de la región. Basta con mencionar que las tres cuartas partes de la población de Brasil vive en áreas pertenecientes al ecosistema denominado Mata Atlántica, que se extiende total o parcialmente en 17 estados, abarcando unos 3400 municipios (LINO *et al.*, 2011). Asimismo, apenas los cinco estados que albergaban este ecosistema en más del 80% de su territorio, concentran casi el 60% del PBI de Brasil, según datos del IBGE calculados para el período 2002-2012 (IBGE, 2012). Misiones en cambio, alcanza menos del 3% de la población de Argentina y la selva fue explotada tardíamente en la historia del país, principalmente para la obtención de madera y yerba mate (PLACCI y DI BITETTI, 2006).

La extensión continua de las áreas boscosas conforma un requisito esencial para la conservación de la biodiversidad que sólo existe en el sector argentino. No obstante, la tasa de deforestación total anual promedio entre 2001 y 2011 en este sector, fue significativamente más alta a la alcanzada en el sector brasileño. En este último, prácticamente no quedan áreas para deforestar dado que los fragmentos que aún se conservan se encuentran en áreas donde la agricultura no puede extenderse. Esta correspondencia entre las áreas boscosas y los sectores de fuertes pendientes se verifica claramente al superponer los mapas temáticos de la base georreferenciada disponible.

Si las tendencias continúan, la alta tasa de deforestación registrada en Argentina llevará a que en unas pocas décadas, los relictos de bosques conservados en este sector sean inferiores a los de Brasil.

Más allá de lo expresado anteriormente, los resultados obtenidos para la cuenca, permiten destacar que la selva se encuentra amenazada en el área. En este contexto, es tan preocupante para la conservación del ecosistema el valor remanente de vegetación continua en el sector brasileño de la cuenca, como la alta velocidad de deforestación identificada en territorio argentino durante el período analizado. No obstante el sector argentino alienta actualmente mayores expectativas de conservación que el brasileño. A pesar de lo mencionado y aunque en 1999 se

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

sancionó la Ley Provincial Nº 3.631 que crea el Área Integral de Conservación y Desarrollo Sustentable denominada “Corredor Verde de la Provincia de Misiones”, las estimaciones realizadas para 2001 y 2011 demuestran que el proceso de deforestación no se detuvo. En función de lo expresado, si no se promueven estrategias de conservación, la finalidad del corredor que es garantizar a perpetuidad la conectividad de los tres principales bloques de áreas naturales protegidas de la Selva Paranaense en la Provincia de Misiones, se verá comprometida.

El estudio realizado permite sostener que la disminución o pérdida de servicios ecosistémicos como resultado de la deforestación (pérdidas de biodiversidad, disminución de la capacidad de regulación hídrica, cambios en la temperatura de la superficie de la tierra, erosión de suelos, entre otros) trascienden los límites internacionales. En consecuencia, las soluciones requerirán acciones conjuntas, consensuadas por ambos los países. Esto justifica la necesidad de profundizar en el conocimiento de los servicios e identificar las áreas más amenazadas con el fin de facilitar el desarrollo de estrategias tendientes a mantener sus funciones o bien potenciarlas. Por último, se considera fundamental identificar los vínculos existentes entre la capacidad de provisión de servicios ecosistémicos y las demandas por parte de la sociedad en ambos países, como así también profundizar en el desarrollo de metodologías para la valoración de estos servicios en áreas de frontera, especialmente cuando comparten un mismo ecosistema como es el caso abordado en este estudio.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEET (Asociación Española de Ecología Terrestre) Servicios de los ecosistemas. **Revista Mini Ecosistemas**, 2008, Disponible en: <http://webs.uvigo.es/revistaecosistemas/miniecosistemas/>

ALTESOR, A.; BARRAL M. P.; BOOMAN, G.; CARREÑO, L.; CRISTECHE, E.; ISACCH, J. P.; MACEIRA, N. y PÉREZ, N. Servicios ecosistémicos: un marco conceptual en construcción. Aspectos conceptuales y operativos. In: LATERRA, P.,

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

E. G. JOBBAGY y J. M. PARUELO (editores). **Valoración de servicios ecosistémicos**. Ediciones INTA, 2011, p. 645-657.

ARMAND, M. **Téledétection, urbanisme et aménagement**. Toulouse: Groupement pour le développement de la téledétection aérospatiale (GDTA), 1995.

BALVANERA, P. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. **Ecosistemas**, 21 (1-2):136-147, 2012.

BALVANERA, P. y COTLER, H (responsables). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. En: CONABIO (ed.). **Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio** México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2009, p. 185-245.

BALVANERA, P.; CASTILLO, A.; LAZOS CHAVERO, E.; CABALLERO, K.; QUIJAS, S.; FLORES, A.; GALICIA, C.; MARTÍNEZ, L.; SALDAÑA, A.; SÁNCHEZ, M.L.; MAASS, M.; ÁVILA, P.; MARTÍNEZ Y.; GALINDO, M. y SARUKHÁN, J. Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América Latina. In: LATERRA, P., E. G. JOBBAGY y J. M. PARUELO (editores). **Valoración de servicios ecosistémicos**. Ediciones INTA, 2011, p. 39-67.

BOYD, J. y BANZHAF, J. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. **Ecological Economics**, 63: 616–626, 2007.

BRADSHAW, C.; SODHI, N.; PEH, K. y BROOK, B. Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world. **Global Change Biology**, 13(11):2379–2395, 2007.

CABIDO, M. Impacto de la agricultura sobre la extensión, distribución y biodiversidad de ecosistemas naturales. In: SOLBRIG, O., J. ADAMOLI, V. BARROS, M. CABIDO y otros (editores). **Agro y Ambiente: una agenda compartida para el desarrollo sustentable**. Buenos Aires: Foro de la Cadena Agroindustrial Argentina, 2008, Capítulo 7, p. 1-38.

CAMACHO VALDEZ, V. y RUIZ LUNA, A. Marco Conceptual y Clasificación de los Servicios Ecosistémicos. **Revista Bio Ciencias**, 1 (4):3-5, 2012.

CHANDER, G. y MARKHAM, B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 41(11):2674-2677, 2003.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

CHANDER, G.; MARKHAM, B. y BARSÍ, J. Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, 4 (3):490-494, 2007.

CHUVIECO, E. **Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio**. Barcelona: Editorial Ariel Ciencia, 2007.

COGLIATI, M. G. Estudio de la variabilidad espacial de la temperatura de superficie en el norte de la provincia del Neuquén con imágenes satelitales. **Meteorológica**, en edición, 2014.

COSTANZA, R., D' ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P. y VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, 387: 253–260, 1997.

CULLEN, L. Jr.; BODMER, R. E. y VALLADARES-PÁDUA, C. Effects consequences of hunting in Atlantic Forest patches, São Paulo, Brazil. **Oryx**, 35, p. 137-144, 2001.
DAILY, G. C. (ed.) **Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems**. Washington, DC: Island Press, 1997.

DE GROOT, R. S., WILSON, M. y BOUMANS, R. A typology for the description, classification and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, 41 (3): 393-408, 2002.

FAO-FODEPAL-PUC. Políticas, legislación e instituciones en el manejo de cuencas. In: III CONGRESO LATINOAMERICANO DE MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS, Arequipa: FAO-FODEPAL-PUC, 2003.

FISHER, B. y TURNER, R. K. Ecosystem services: classification for valuation. **Biological Conservation**, 141:1167-1169, 2008.

GARCÍA FERNÁNDEZ, J. El Corredor Verde de Misiones: una experiencia de planificación a escala bio-regional. In: BURKART, R., J. P. CINTO, J. C. CHÉBEZ, J. GARCÍA FERNÁNDEZ, M. J., M. JÄGER y E. RIEGELHAUPT (editores). **La Selva Misionera: opciones para su conservación y uso sustentable**. Buenos Aires: FUCEMA, 2002, p. 17-72.

GUERRERO BORGES, V. **Deforestación y fragmentación de la selva misionera: estrategias y herramientas para el diseño del paisaje: caso de estudio Colonia**

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

Andresito. 2012. Tesis (Maestría en Ciencias del Territorio), Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

IBGE. XII Censo Demográfico. Estado de Paraná: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

IBGE. Participação das Grandes Regiões e Unidades da Federação no Produto Interno Bruto, 2002-2012. IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus SUFRAMA, 2012. Disponible en:

http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasregionais/2012/default_xls_2002_2012.shtm

INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Provincia de Misiones: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010.

IPEC. Gran Atlas de Misiones. Posadas: Gobierno de la Provincia de Misiones, Ministerio de Estado General y Coordinación de Gabinete, Instituto Provincial de Estadística y Censos, 2012.

LACLAU, P. La conservación de los recursos naturales y el hombre en la Selva Paranaense. Boletín Técnico N° 20, FVSA/WWF, 1994.

LANDSAT PROJECT SCIENCE OFFICE. Landsat 7 science data user's handbook, chapter II (Data products). Washington: Landsat Project Science Office, 2008. Disponible en:

http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook_htmls/chapter11/chapter11.html

LINO, C. F.; DIAS, H. y ALBUQUERQUE, J. L. Revisión y actualización de los límites y la zonificación de la Reserva de Biosfera de la Mata Atlântica en una base cartográfica digital: fase VI. Programa de Cooperación Sur-Sur. Documento de Trabajo N° 40, 2011.

LUNA, C. V. Cambios en el uso y conservación de los ecosistemas forestales nativos en argentina: estado del arte. *BioScriba*, v. 6 (1) 42-50, 2013.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment. Washington, DC: Island Press, 2003.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). **Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis**. Washington, DC: World Resources Institute, 2005.

MORA VEGA, R.; SÁENZ SEGURA, F. y LE COQ, J. F. Servicios ambientales y ecosistémicos: conceptos y aplicaciones en Costa Rica. **Puentes**, v. 13, n. 2, 2012. Disponible en:
<http://ictsd.org/i/news/puentes/132486/#sthash.5QD5iwFZ.dpuf>

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. y KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 430, p. 852-858, 2000.

NICHOL, J. E. A GIS-based approach to microclimate monitoring in Singapore's highrise housing estates. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 60, p. 1225–1232, 1994.

PÉREZ, M. y MARASAS, M.E. Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una horticultura de base agroecológica. **Ecosistemas**, 22 (1):36-43, 2013.

PLACCI, G. y DI BITETTI, M. Situación ambiental en la ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná (Selva Paranaense). In: BROWN, A., U. MARTÍNEZ ORTIZ, M. ACERBI y J. CORCUERA (compiladores). **La Situación Ambiental Argentina 2005**. Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina, 2006, p. 197-210.

PUYRAVAUD, J. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. **Forest Ecology and Management**, 177: 593-596, 2003.

QUIJAS, S.; SCHMID, B. y BALVANERA, P. Plant diversity enhances provision of ecosystem services: A new synthesis. **Basic and Applied Ecology**, 11: 582–593, 2010.

SÁNCHEZ, R. O. Problemática y estrategias de ordenamiento de cuencas hidrográficas en áreas de la frontera argentino-brasileña. **Revista de Geografía: Estudios Socioterritoriales**, p. 345-361, 2002.

SCHROEDER, T.; COHEN, W.; SONG, C.; CANTY, M. y YANG, Z. Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon. **Remote Sensing of Environment**, 103(1):16-26, 2006.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y DEFORESTACIÓN EN LA SELVA PARANAENSE: ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SAN ANTONIO (ARGENTINA-BRASIL) ENTRE 2001 Y 2011

SOBRINO, J. A. **Teledetección**. Valencia: Universidad de Valencia, 2000.

SOUDANI, K.; FRANCOIS, C; LE MAIRE, G.; LE DANTEC, V. y DUFRÊNE, E. Comparative analysis of IKONOS, SPOT, and ETM+ data for leaf area index estimation in temperate coniferous, and deciduous forest stands. **Remote Sensing of Environment**, (102):161-175, 2006.

TURNER, R. K.; GEORGIU, S. y FISHER, B. **Valuing Ecosystem Services: The Case of multi-functional wetlands**. London: Cromwell Press, 2008.

VAZQUEZ, P. S. y RIVAS, R. Transferencia de información basada en sensores remotos para la toma de decisiones de usuarios no expertos. **Revista Ciencia**, v.4, n. 8, pp. 49-59, 2009.

WALLACE, K. J. Classification of ecosystem services: problems and solutions. **Biological Conservation**, 139: 235–246, 2007.

YUE, W.; XU, J.; TAN, W. y XU, L. The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM+ data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 15, 10, 3205–3226, 2007.

ZULAICA, L. **Problemas ambientales asociados al desarrollo rural en áreas de la frontera argentino-brasileña: el caso de la Cuenca del Río San Antonio**. Buenos Aires: Colección Nuestras Tesis, v. 1, Ediciones Estudios Ecogeográficos, 2004.

ZULAICA, L. y SÁNCHEZ, R. O. Desarrollo de ecosistemas selváticos en la cuenca del río San Antonio (Argentina-Brasil): 1. problemática ecológico-paisajística. In: V CONGRESO LATINOAMERICANO DE ECOLOGÍA, San Salvador de Jujuy: Universidad Nacional de Jujuy, 2001a.

ZULAICA, L. y SÁNCHEZ, R. O. Desarrollo de ecosistemas selváticos en la cuenca del río San Antonio (Argentina-Brasil): 2. población, tipos de uso de las tierras y patrones de ocupación. **Contribuciones Científicas**, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, v. 62, p. 137-154, 2001b.

ZURITA, G. A.; GATTI, M. G.; ZANINOVICH, S. C.; CAPELLO, M. V.; VESPA, N. I.; SANTOANDRE, S. y BELLOCQ, M. I. Mantenimiento de las funciones ecosistémicas en plantaciones forestales de Misiones: el rol de la biodiversidad y el tamaño de rodal. In: JORNADAS DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN APLICADA (PIAs), Buenos Aires: Unidad para el cambio Rural, Ministerio de Agricultura, 2013.