

SEGUIMIENTO DE LA DEFORESTACIÓN DEL BOSQUE NATIVO EN EL DEPARTAMENTO DE IGUAZÚ (MISIONES ARGENTINA). PERÍODO 1985 - 2018

Smichowski, Humberto¹ – Contreras, Félix Ignacio¹⁻²

¹Centro de Ecología Aplicada del Litoral, Ruta Provincial N° 5, Km 2,5, CP 3400, Corrientes, Corrientes, Argentina. E-mail: cepismichowski@gmail.com

²Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste.

Resumen

Los bosques nativos brindan a la humanidad un gran número de servicios económicos, sociales y ambientales, los cuales se ven amenazados por los intensos procesos de deforestación a los que están sometidos a nivel mundial. En Argentina la deforestación ha impactado negativamente en varias provincias del noreste. El departamento de Iguazú es uno de los más afectados en Misiones y la deforestación solamente es detenida por la presencia de áreas protegidas. En este contexto, el empleo de la teledetección para el seguimiento de los procesos de deforestación se convierte en una herramienta muy valiosa, ya que proporciona rapidez y precisión en estudios ambientales, que permiten evaluar fácilmente el estado de áreas ecológicamente amenazadas. El objetivo del trabajo fue analizar la deforestación de la Selva Paranaense ubicada en el departamento de Iguazú de la provincia de Misiones en el periodo 1985 – 2018. Se adquirieron imágenes Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI que se procesaron y se clasificaron para calcular la superficie deforestada y la tasa de deforestación. Los resultados muestran una pérdida de 41.088,87 hectáreas de bosque y una tasa de deforestación de -0,73 a lo largo de 33 años. Esta información es considerada una contribución significativa para el planteamiento de políticas de regulación de la explotación del bosque nativo.

Palabras clave: Teledetección - Análisis multitemporal - Selva paranaense - Clasificación supervisada

MONITORING OF THE DEFORESTATION OF THE NATIVE FOREST IN THE DEPARTMENT OF IGUAZÚ (MISIONES, ARGENTINA). PERIOD 1985 – 2018

Abstract

Native forests provide a significant number of economic, social and environmental services to all humankind. However, they are threatened by the intense processes of deforestation to which they are globally exposed. In northeast Argentina, deforestation has had a negative impact on several provinces. In Misiones Province, the Department of Iguazú is one of the most affected areas; as the deforestation is stopped just by the presence of protected areas. In this context, the implementation of remote sensing techniques for monitoring deforestation processes becomes a very valuable tool, as it provides quick and accurate environmental data, allowing to easily evaluate the status of ecologically threatened areas. This way, the objective of this contribution is to analyze the deforestation of the Paranaense Forest located in the department of Iguazú (Misiones Province) during the period 1985-2018. For this purpose, Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI images were acquired, processed and classified in order to calculate both the deforested area and the deforestation rate. Obtained results reveal a total forest loss of 41,088.87 hectares and a deforestation rate of -0.73 over 33 years. This information is considered a significant contribution in order to formulate regulation policies of native forests exploitation.

Recibido: 13/07 –Aceptado: 31/07

Key words: Remote sensing - Multitemporal analysis - Paranaense forest - Supervised classification

Introducción

Los bosques nativos son aquellos constituidos por árboles autóctonos, que han evolucionado y se han renovado naturalmente a partir de organismos que ya estaban en una determinada región (SADSN 2003). Se desarrollaron durante cientos o miles de años sin intervención humana, por lo que presentan una máxima complejidad conformada por una enorme diversidad de especies de plantas y animales que interactúan entre sí (Brown, 2009). Son fuentes de recursos naturales y alimentos, de biodiversidad, reguladores climáticos, principales generadores de oxígeno, a la vez que absorben dióxido de carbono, fijan y protegen los suelos, etc. (Bergh y Promis, 2011; Brown, 2009; SADSN, 2003).

La deforestación, entendida como la eliminación de la cubierta forestal nativa de un determinado sitio y orientada al cambio de uso de la tierra, es una problemática a nivel mundial desde hace décadas y aunque la tasa de deforestación mundial disminuye, la pérdida de bosque sigue siendo alarmante en algunos países (FAO, 2010).

La Argentina durante su historia ha sufrido una notoria reducción de sus masas boscosas y actualmente cuenta con alrededor de 33 millones de hectáreas de bosques nativos de unos 100 millones que se estima poseía a principio del siglo XX. Estos se encuentran distribuidos en 6 sistemas forestales de características ecológicas productivas y sociales muy disímiles, el Bosque Andino-Patagónico, la Selva Misionera, las Yungas, el Chaco Seco, el Chaco Húmedo y el Espinal (Brown, 2009).

La Selva Misionera es la porción de Selva Paranaense que se encuentra en el territorio nacional argentino y constituye el sistema de mayor biodiversidad del país (Jaramillo y Milkovich, 2014). Originalmente ocupaba aproximadamente 2.570.000 hectáreas de la provincia de Misiones (Laclau, 1994), conservándose poco más de 1 millón en la actualidad (Milkovic, 2012), principalmente en la zona centro - norte de la provincia por la mayor cantidad de áreas protegidas (Placci y Di Bitetti, 2006).

La problemática reside en que la deforestación de los bosques nativos conlleva la pérdida de los beneficios que generan, originando consecuencias ambientales y sociales adversas, como pérdida de biodiversidad, erosión de los suelos, pérdida de captación de dióxido de carbono, conflictos por la tenencia de la tierra, pérdida de recursos para los campesinos, desmantelamiento de los mercados locales (SADSN, 2003).

El avance de las tecnologías espaciales ha permitido generar conocimiento de la totalidad de la superficie terrestre a través de imágenes satelitales. La teledetección entendida como un conjunto de técnicas que permiten la captación y medición sin contacto físico, de señales convertidas en imágenes, y engloba los procesos de adquisición,

transmisión y análisis de las imágenes (Miranda del Fresno y Ulberich, 2016), ofrece la posibilidad de realizar un monitoreo de las áreas de bosques de manera rápida y económica, comparando imágenes de diferentes años. Las técnicas de análisis multitemporal a partir de clasificaciones de imágenes de satélite para el seguimiento de la deforestación, ofrecen una importante fuente de datos para la gestión de los territorios afectados. Esta información permite concentrar los recursos y medios necesarios para paliar o reducir los efectos negativos producidos en aquellas áreas más afectadas o de mayor valor ecológico (Chuvieco *et al.*, 2002).

Por lo tanto, el objetivo del trabajo es analizar la deforestación de la Selva Paranaense ubicada en el departamento de Iguazú de la provincia de Misiones en el periodo 1985 – 2018 mediante la utilización de clasificaciones de imágenes satelitales, calculando la superficie desforestada y tasa de deforestación.

Área de Estudio

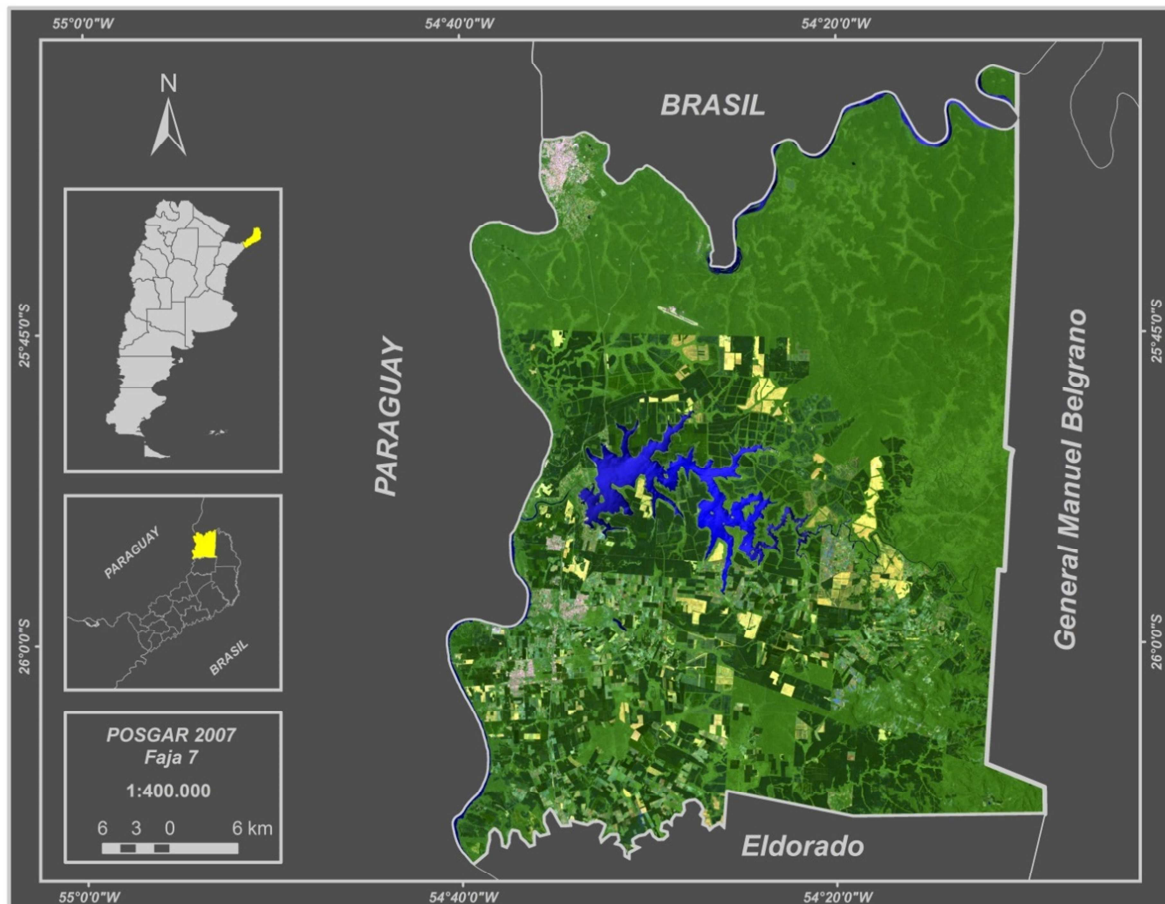
Iguazú es uno de los 17 departamentos de la provincia de Misiones y se encuentra ubicado en el extremo noroeste de la misma (Figura N° 1). Tiene una superficie total de 2,769 km², y una población de 82.227 habitantes. (INDEC, 2010). Posee un clima Subtropical sin estación seca, con una temperatura media anual de 20° C y 1.700 mm de precipitación media anual (IPEC, 2012).

Geológicamente, se encuentra sobre la formación Serra Geral, definida como el resultado de una serie de coladas de basaltos tholeíticos, intercaladas por areniscas que componen la formación. Ambas formaciones constituyen el grupo Solari – Serra Geral, que se distribuye por el sur de Brasil, Norte de Uruguay, este de Paraguay y prácticamente toda la Mesopotamia Argentina (Chebli, Tofalo y Turzzini, 1989; Herbst y Santa Cruz, 1985; Lagorio y Vizán, 2011; Orfeo, 2005; Teruggi, 1955). Esto condiciona el relieve general del lugar, una meseta basáltica muy erosionada por la intensa actividad fluvial, que le da el aspecto de serranías cubiertas por frondosas selvas, y favorece el desarrollo de los característicos suelos lateríticos de la región, formados por la meteorización de los basaltos y oxidación de los minerales ferrosos que lo componen (IPEC, 2012).

En toda la zona, el bosque nativo se explota desde la época colonial, con la llegada de los Jesuitas que desarrollaron el cultivo de yerba mate y la explotación maderera que impulsaron el desarrollo de la región. Más adelante, el impulso estatal para el desarrollo regional hizo que se instalaran aserraderos e industrias madereras que explotaban el bosque de forma más fuerte. En la actualidad, el bosque se tala para dar lugar a

plantaciones forestales con especies de rápido crecimiento para abastecer a la industria papeleras. (SADSN, 2003; IPEC, 2012).

Figura N° 1. Ubicación Departamento Iguazú



Fuente USGS e IGN

Materiales y Métodos

La metodología empleada se orientó a identificar la cobertura de bosque nativo en 2 imágenes satelitales de diferentes fechas y comparar los resultados. Los análisis multitemporales se practican con el fin de estudiar la evolución de fenómenos que se desarrollan sobre la superficie terrestre y son una de las principales aplicaciones de los sensores remotos (Ruiz, Savé y Herrera, 2013). Para ello, primero se realizaron preprocesamientos a las imágenes para su corrección y preparación, y luego se prosiguió con los procesamientos espaciales (Hantson *et al.*, 2011). Una vez clasificadas y analizadas las imágenes, se calcularon superficies y la tasa de deforestación.

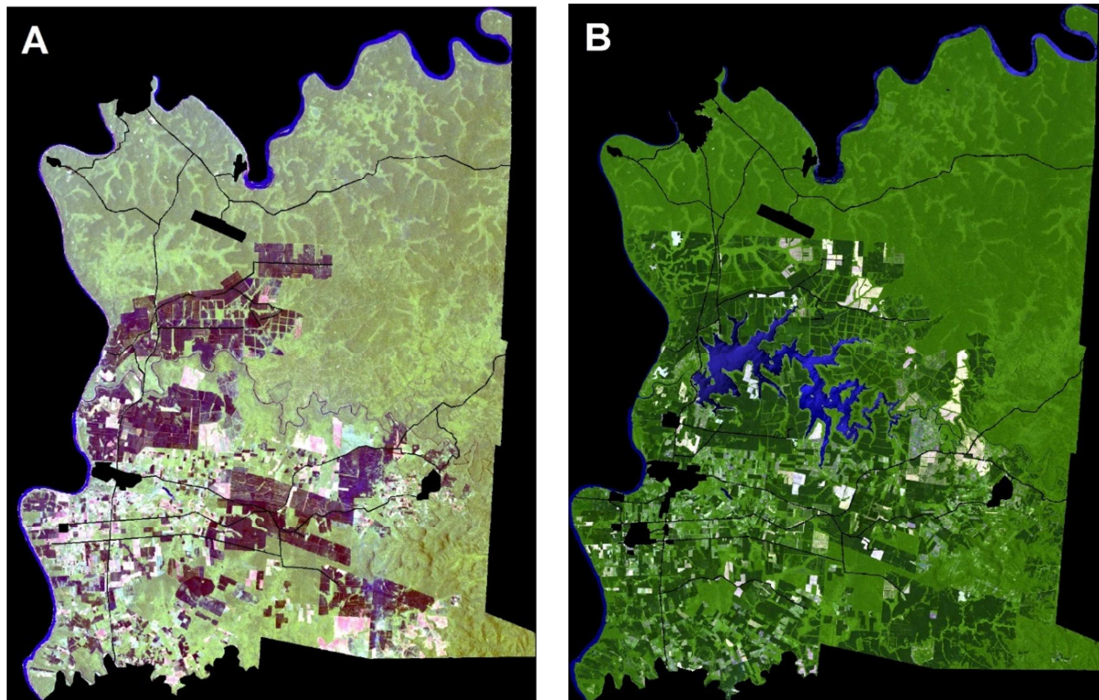
Adquisición de Imágenes

Las imágenes fueron proporcionadas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Se descargaron una imagen Landsat 5 TM, del 26/11/1985 y una Landsat 8 OLI del 21/11/2018, *Path/Row* 224/078, ambas sin cobertura nubosa.

Pre-procesamientos

Se realizaron las correcciones radiométricas a las bandas espectrales correspondientes al Espectro Visible, Infrarrojo Cercano (NIR) e Infrarrojo Medio (SWIR), de las 2 imágenes para convertir los valores de pixel de ND a Radiancia (Alonso, Moreno y Rodríguez, 1999). Una vez corregidas las imágenes se procedió al agrupamiento y organización de las bandas en una única escena, lo que se conoce como *Layer Stacking*, que permite trabajar con todas las bandas en una misma escena y así aumentar la precisión de la clasificación.

Cada imagen fue recortada con una capa *shapefile* del departamento de Iguazú obtenida del Instituto Geográfico Nacional (<<https://www.ign.gob.ar/>>) y se le aplicó una máscara construida para delimitar y no considerar en el estudio las áreas urbanas y la infraestructura vial, con el fin de agilizar el análisis. Por último, se re proyectaron al sistema de coordenadas nacional Posgar 2007 Faja 7 (figura N° 2).

Figura N° 2. A) Imagen 1985 Pre-Procesada. B) Imagen 2018 Pre-Procesada

Fuente USGS

Procesamientos

Con las imágenes corregidas se realizaron combinaciones de bandas espectrales para analizar visualmente la imagen y discriminar las principales coberturas de la superficie que en ella aparecen, asignándole a cada uno de los cañones RGB una banda espectral determinada con el objetivo de visualizar las imágenes en color (Coppel y Llorente, 2001). Para las clasificaciones se emplearon la combinación 753 de Landsat 5 y 763 de Landsat 8, ya que permiten diferenciar los bosques nativos de los cultivos forestales.

Definidas las coberturas presentes, se procedió a realizar la clasificación supervisada utilizando el software ENVI 4.4, que se basa en la extracción de muestras de coberturas previamente distinguidas, las cuales se presentan en la imagen como áreas homogéneas (Souza *et al.*, 2013). Se identifican regiones de interés con coberturas conocidas en el terreno, y el algoritmo elegido extrapola estas características espectrales para clasificar las otras partes de la imagen (Castillejo-González *et al.*, 2009). De esta manera, las muestras se obtuvieron de forma digital (Figura N° 3), a partir de la generación de áreas de entrenamiento (ROIs) en cada imagen, que definen las diferentes clases. Se utilizó el mecanismo de clasificación *Spectral Angle Mapper* (Angulo Espectral), que usa los ángulos

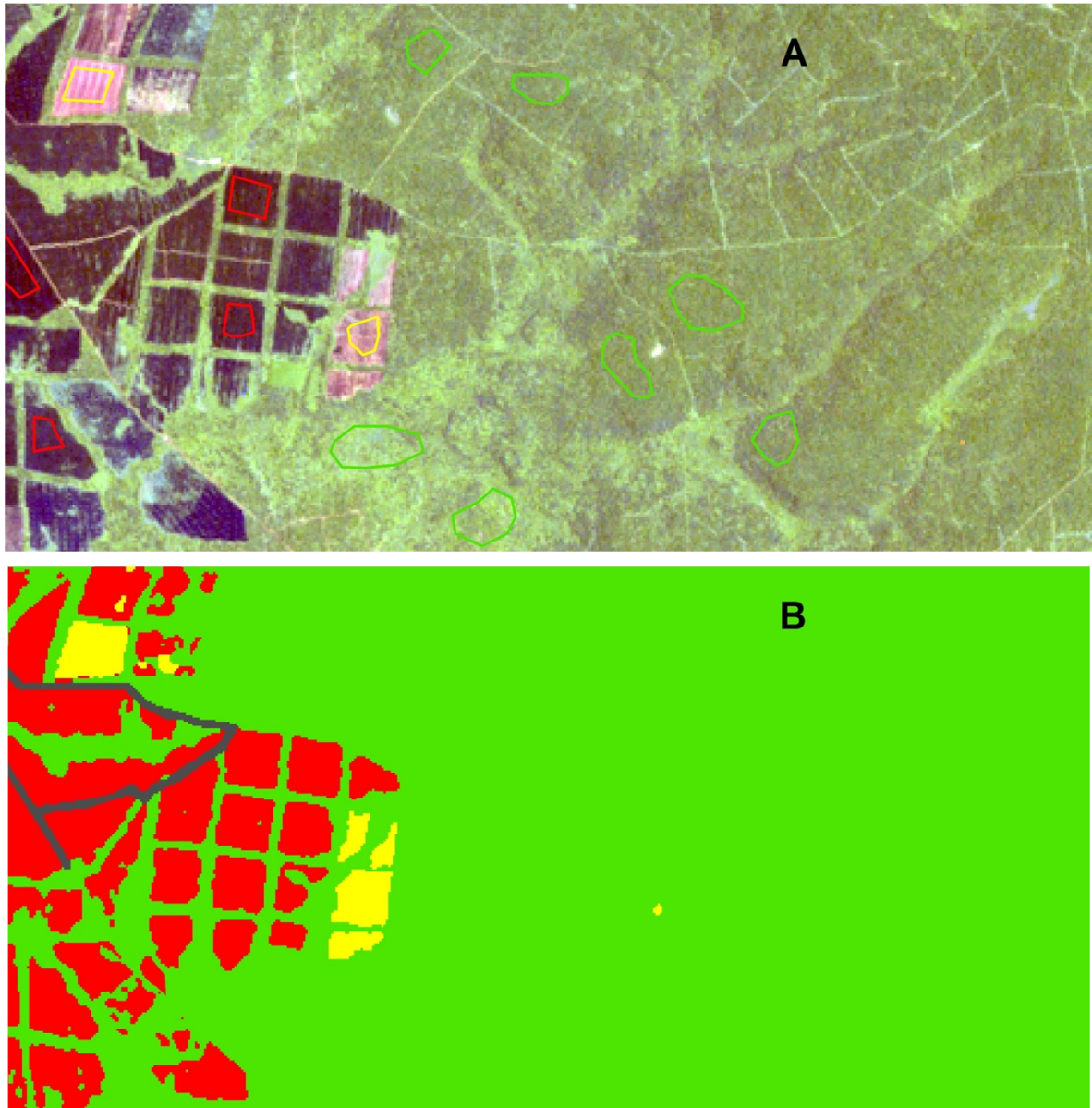
espectrales formados entre un espectro de referencia y un píxel clasificado (South, Qi y Lusch, 2004).

Categorías de clasificación

Se construyeron 5 categorías generales para la clasificación:

- Bosques Nativos: vegetación arbórea natural irregular que se observa en tonos verdes claros.
- Parcelas Forestales: vegetación implantada en parcelas geométricamente regulares. Se distinguen en la imagen tonos de verde un poco más oscuros que la vegetación natural.
- Suelos Desnudos: áreas sin vegetación que pueden verse en tonos amarillos y marrones claros. En la gran mayoría de los casos son parcelas de cultivo que se encuentran sin vegetación, ya que la zona no se caracteriza por contener suelos desnudos naturales.
- Agua: cuerpos y cursos de agua principales percibidos en tonos azules.
- Otros: áreas que no se encuentran enmarcadas en ninguna de las categorías descritas anteriormente. Pueden pertenecer a cultivos no forestales, vegetación arbustiva o herbácea, zonas de transición, coberturas artificiales, etc.

Las zonas sin clasificar: pertenecen a las principales zonas de cubiertas artificiales, que son las áreas urbanas y vías de comunicación.

Figura N° 3. A) Áreas de Entrenamiento. B) Clasificación

Fuente USGS

Ambas clasificaciones fueron convertidas a formato vectorial para poder corregirlas con las herramientas de edición de ArcGis 10.2, y calcular las superficies de las coberturas distinguidas. Esto permitió integrar la información que resulta de los procesos de teledetección con variables vectoriales, con el fin de obtener una visión más sintética de las características de un territorio determinado (Chuvieco, 2008).

Por último, se calculó la tasa de deforestación con la fórmula que utiliza la FAO (2011), la cual mide el cambio anual en la cobertura de los bosques, y tiene un significado matemático y biológico (Carnevale, Alzugaray y Di Leo, 2007):

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

Donde A_1 corresponde a la superficie de bosque al inicio del período, A_2 superficie de bosque al final del período, t_1 representa el año de inicio del período, y t_2 el año final del período.

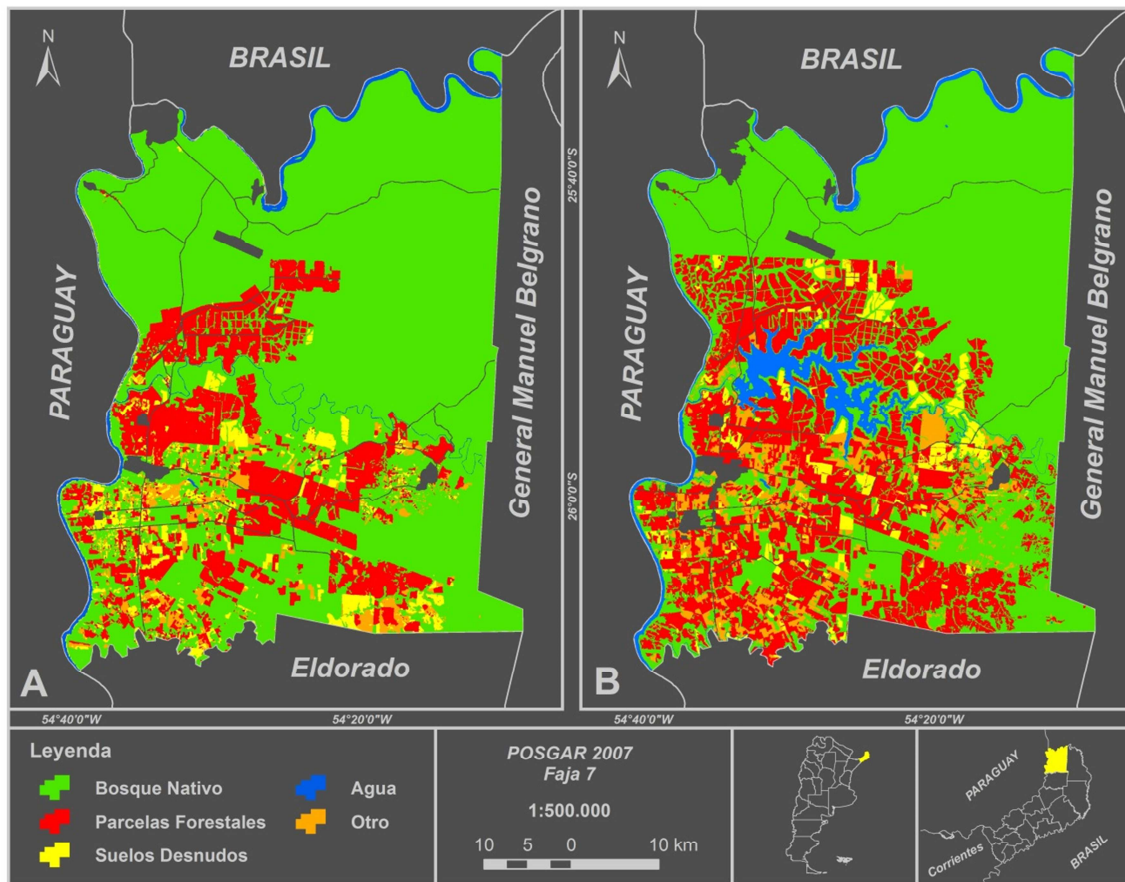
Resultados

Los grandes avances tecnológicos que se vienen realizando en materia espacial desde los años 70 posibilitaron enriquecer nuestro conocimiento del planeta, tal es así, que en la actualidad la teledetección desde plataformas satelitales se ha transformado en una de las herramientas más importantes para el estudio de fenómenos, tanto naturales como antrópicos, que se desarrollen en la superficie terrestre. La multiplicidad de características de los satélites y sensores actuales permiten estudiar sucesos muy diferentes que abarcan extensas áreas con gran calidad y precisión.

Uno de los procesos que pueden estudiarse con ayuda de la teledetección es la deforestación de los bosques nativos. Como se expuso en el trabajo, este es un problema que atañe a la humanidad en su conjunto, ya que los bosques son esenciales para el desarrollo de las sociedades y la vida en general en el planeta, por lo tanto, es de vital importancia plantear políticas que regulen su explotación.

La porción de Selva Paranaense ubicada en lo que hoy es el departamento de Iguazú ha sido víctima de la deforestación a lo largo de toda la historia de ocupación, encontrándose en la actualidad reducida con respecto a su extensión original. Las técnicas de teledetección posibilitaron delimitar las diferentes cubiertas de superficie terrestre presentes y cuantificar las áreas de manera tal que se pudo determinar la cantidad de bosque nativo perdido en un periodo de 33 años. A su vez dejaron ver que la reducción de la cubierta forestal nativa está relacionada de forma directa con el aumento de explotaciones forestales, principal actividad económica de la zona (figura N° 4; tabla 1)

Figura N° 4: A) Clasificación 1985. B) Clasificación 2018



Fuente: elaboración propia

Tabla N° 1. Comparación Clasificaciones 1985 – 2018

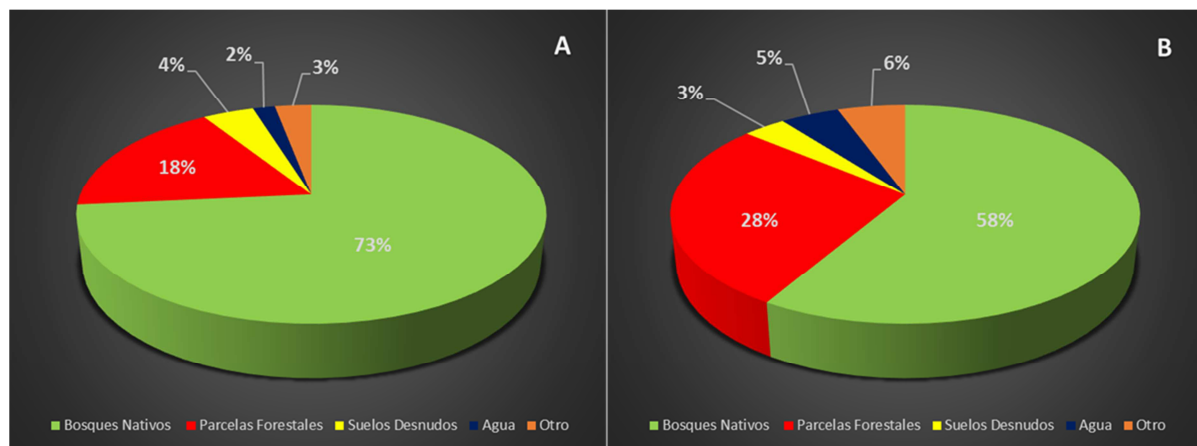
	1985 (ha)	1985 (%)	2018 (ha)	2018 (%)	Diferencia (ha)	Diferencia (%)
Bosques Nativos	192.002,71	73,50	150.913,83	58,44	-41.088,87	-15,06
Parcelas Forestales	45.786,71	17,53	71.528,74	27,70	25.742,03	10,17
Suelos Desnudos	10.926,34	4,18	8.997,38	3,48	-1.928,97	-0,70
Agua	4.721,12	1,81	12.465,81	4,83	7.744,69	3,02
Otro	7.799,83	2,99	14.323,04	5,55	6.523,21	2,56
Total	261.236,70	100,00	258.228,79	100,00		

Fuente: elaboración propia

Mientras que para el año 1985, con un total de 192.002,71 ha, el bosque cubría un 73% de la superficie del departamento de Iguazú, para el año 2018, con 150.913,83 ha cubre un 58%, por lo tanto, hubo una reducción del 15%. Al mismo tiempo, aumentó la superficie de parcelas forestales de 18% en el año 1985 a un 28% 2018, es decir que tuvo un crecimiento de 10% (figura N° 5).

En el periodo se perdieron 41.088,87 ha de bosque nativo, a la vez que aumentaron 25.742,03 ha las forestaciones, por lo tanto, el 63% de la deforestación se explica por la apertura de tierras para cultivos forestales, siendo claramente la principal causa de desmonte.

Figura N° 5. A) Porcentaje de Coberturas 1985. B) Porcentaje de Coberturas 2018



. Fuente: elaboración propia

Tasa de Deforestación.

A1: 192.002,71

A2: 150.913,83

t1: 1985

t2: 2018

$$q = \left(\frac{150.913,83}{192.002,71} \right)^{1/(2018-1985)} - 1$$

$$q = -0,73$$

La superficie ocupada por agua aumentó significativamente en el periodo, de un 2% para 1985 a un 5% para 2018, debido a la puesta en funcionamiento en el año 1990 de la

Represa Uruguái ubicada sobre el río homónimo, en el municipio de Puerto Libertad, cuyo lago inundó unas 7.744,69 ha., principalmente de bosques.

El valor calculado para la tasa de deforestación es de -0,73, con una variación anual de -1.245 ha y una variación anual relativa de 0,65%. Esta tasa es claramente superior las determinadas a nivel mundial por Puyravaund (2003) de -0,23, y por la FAO (2010) de -0,13, en los periodos 1990 - 2000 y 2000 - 2010 respectivamente. A su vez también es mayor que el índice estimado por la FAO (2010) para Latinoamérica de -0,45 para el periodo 1990 - 2010.

En la Argentina la deforestación fue intensa durante la década del '90 y principio del 2000, debido principalmente a la expansión sojera (Reboratti, 2010). Según la FAO (2010) para el periodo 1990 – 2010 la tasa de deforestación fue de -0,83, y ocupaba el noveno puesto entre los países con más deforestación en el mundo, mientras que los datos de la UMSEF (2019) para el periodo 2007 – 2018 muestran una clara disminución, situando la cifra en -0,53.

Según Guerrero Borges (2012) entre los años 1989 y 2004 en Misiones se desmontaba a razón de 18.000 hectáreas de bosque al año, mientras que para el periodo 2004 – 2010 disminuyó alrededor de un tercio; a razón de 6.700 hectáreas/año. La UMSEF (2002) por su parte, calcula una tasa de deforestación entre 1998 y 2002 de 1,34, mientras que estudios recientes del mismo organismo muestran que entre 2012 y 2018 se deforestaron 13.658 ha, es decir, 1.951 ha/año, una tasa de 0,1 (UMSEF, 2019).

El departamento de Iguazú también acompaña esta tendencia ya que según datos de la UMSEF (2019), la disminución de la deforestación es notable en la última década. Esto hace suponer que el valor obtenido -0,73 es un promedio para un período que tuvo fuertes picos en los años '90 y principio del 2000, y una caída abrupta en los últimos años asociada a la sanción de la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos a fines del año 2007 y a que gran parte de la superficie forestal autóctona se encuentra protegida dentro de la Administración de Parques Nacionales. Si bien los valores comparados se calcularon a escalas espaciotemporales diferentes, nos permiten tener una panorama acerca de cómo son los procesos de deforestación en diferentes regiones.

Los resultados obtenidos son útiles para corroborar con técnicas novedosas, eficientes, de bajo costo operativo, y rápidas, la incidencia de la deforestación sobre el bosque nativo y las graves consecuencias socio ambientales que genera si no se revierte esta tendencia. Ante lo expuesto se considera prudente el planteamiento de políticas que

apunten a la conservación del remanente más importante de uno de los ecosistemas con mayor biodiversidad del país, que resguarda gran cantidad y calidad de recursos. Entendemos que la teledetección es una herramienta capaz de aportar información precisa de manera rápida y económica, que contribuya con la elaboración de políticas de gestión y manejo sustentable de los bosques nativos, que permitan controlar de manera eficiente el impacto de la deforestación.

Conclusiones

La metodología aplicada en este trabajo permitió medir la deforestación de la Selva Paranaense en el Departamento de Iguazú en un período de 33 años, pudiéndose distinguir cuales fueron las zonas más o menos afectadas.

La clasificación supervisada respondió de manera adecuada a los fines del trabajo, aunque debió ser corregida mediante análisis visual en una plataforma SIG, por la dificultad para diferenciar los bosques nativos de los cultivos forestales.

Además de delimitar, cuantificar y analizar el bosque nativo, también se distinguieron otras coberturas diferentes, por lo tanto, podemos afirmar que con una metodología similar se pueden estudiar otros fenómenos además de la deforestación de bosques.

El cálculo de tasa de deforestación anual se aplicó con el fin de hacer comparables los resultados obtenidos con otros estudios, y poder analizar cuán importante es el proceso de deforestación con respecto a otras regiones. Se pudieron hacer comparaciones orientativas a nivel mundial, regional, nacional y provincial.

Sería conveniente realizar un estudio similar con mayor cantidad de imágenes, para determinar momentos puntuales dentro del período y hacer un análisis para detallar con mayor precisión el proceso de transformación del paisaje.

Los actores sociales relacionados a temáticas forestales deberían considerar a las técnicas de teledetección como herramientas de ayuda para la toma de decisiones.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado parcialmente por el PI: 19Q002 de la SGCyT – UNNE.

Referencias bibliográficas

Alonso, C., Moreno, V., y Rodríguez, E. (1999). Determinación experimental de la firma espectral de la Vegetación. Una sencilla práctica de introducción a la teledetección. *Teledetección. Avances y aplicaciones. VIII Congreso Nacional de Teledetección*. Albacete, España p. 429-432.

- Bergh, G. y Promis, A. (2011). Conservación de los bosques nativos de Chile—Un análisis al informe FAO sobre la evaluación de los recursos forestales nacionales. *Revista Bosque Nativo*, 48, 9-11.
- Brown, A. (2009). Bosques nativos de Argentina. ¿Seguimos lamentando lo perdido o vemos que hacemos con lo que tenemos?. *Congreso Forestal Mundial*. Buenos Aires, 2009.
- Carnevale, N. J.; Alzugaray, C. y Di Leo, N. (2007). Estudio de la deforestación en la Cuña Exuberante santafesina mediante teledetección espacial. *Quebracho*, 14, 47-56.
- Castillejo-González, I.L.; López-Granados F.; García-Ferrer A.; Peña-Barragán J.M.; Jurado-Expósito M.; Orden M.S.; y González-Audicana M. (2009). Object - and pixel-based analysis for mapping crops and their agro-environmental associated measures using QuickBird imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*. 68, 207-215.
- Chebli G. A., Tofalo, O. R., y Turzzini, G. E. (1989). Mesopotamia. En: Chebli, G. A. y Spalletti, L. A. (ed.): *Cuencas sedimentarias argentinas*. (6, pp.65-78) Instituto Superior de Correlación Geológica. Serie Correlación Geológica.
- Chuvieco, E.; Salas, J.; Meza, E.; Vargas, F. (2002). Empleo de la teledetección en análisis de la deforestación forestal tropical: el caso de la reserva forestal de Ticoporo (Venezuela). *Serie Geográfica, Tecnologías geográficas para el desarrollo: Experiencias de aplicación en América Latina*. 10, 55-76.
- Chuvieco Salinero, E. (2008). *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*. 3ra.edición. Barcelona-España, Editorial Ariel.
- Coppel, I. A. F.; y Llorente, E. H. (2001). *El satélite Landsat: análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satélite Landsat*. Universidad de Valladolid.
- FAO. (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales (2010): Informe principal (Informe general)*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia.
- FAO. (2011). *Situación de los bosques del mundo*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- Guerrero Borges, V. (2012). *Deforestación y fragmentación de la selva misionera: estrategias y herramientas para el diseño del paisaje: caso de estudio Colonia Andresito*. Tesis (Maestría en Ciencias del Territorio), Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata. 141p.
- Hantson, S., Chuvieco, E., Pons, X., Domingo, C., Cea, C., Moré, G., Cristóbal, J., Peces, J.J., y Tejeiro, J.A. (2011). Cadena de procesamiento estándar para las imágenes Landsat del Plan Nacional de Teledetección. *Revista de Teledetección*. 36, 51-61.
- Herbst, R. y Santa Cruz, J. N. 1985. Mapa litoestratigráfico de la provincia de Corrientes, *D'Orbignyana*, 1-51.
- IGN. (2014). Instituto Geográfico Nacional. Disponible en <<https://www.ign.gob.ar/>>. Acceso en: 13 de julio de 2020.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos-INDEC. (2012). Censo nacional de población, hogares y viviendas 2010. Censo del Bicentenario. Disponible en <<https://redatam.indec.gob.ar/>> Acceso en: 13 de julio de 2020.
- Instituto Provincial de Estadística y Censo-IPEC. (2012), *Gran Atlas de Misiones*, Posadas. Misiones

- Jaramillo, M., y Milkovic, M. (2014). Selva Paranaense: acciones para promover su conservación y desarrollo sustentable. *El ojo del Cóndor*. 5, 4-9.
- Laclau, P., (1994). La conservación de los recursos naturales renovables y el hombre en la selva paranaense. *Boletín Técnico Fundación Vida Silvestre Argentina*. 20, 139.
- Lagorio, S. L., y Vizán, H. (2011). El volcanismo de Serra Geral en la Provincia de Misiones: aspectos geoquímicos e interpretación de su génesis en el contexto de la Gran Provincia Ígnea Paraná-Etendeka-Angola. Su relación con el volcanismo alcalino de Córdoba (Argentina). *Geoacta*, 27-53.
- Malleux, J. y Pugliese, P. (2001). *Causas y tendencias de la deforestación en América Latina*. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales. Documento de Trabajo (FAO).
- Milkovic, M. (2012). *Mapa de cobertura forestal de la Provincia de Misiones 2010 mediante el análisis y procesamiento de imágenes satelitales*. Informe de consultoría a Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Miranda del Fresno, M. C. y Ulberich, A. C. (2016). El uso de imágenes en la práctica de una enseñanza-aprendizaje reflexiva. *VIII Congreso Argentino de Cartografía, CAC y UNTF*. 9 pp. Buenos Aires
- Orfeo, O. (2005). Historia geológica del Iberá, provincia de Corrientes, como escenario de biodiversidad. *Miscelánea*, 14, 71-78.
- Placci, G.; Di Bitetti, M. (2006) Situación Ambiental en la ecorregión del bosque atlántico del alto Paraná (selva paranaense) En: Brown, A.D.; Martínez Ortiz, U.; Acerbi, M. y Corcuera, J. (eds) *Situación Ambiental Argentina 2005* (pp197-210) Buenos Aires. Fundación Vida Silvestre.
- Puyravaud J. P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*: 117, 593-596.
- Reboratti, C. (2010). Un mar de soja: la nueva agricultura en Argentina y sus consecuencias. *Revista de geografía Norte Grande*, 45, 63-76.
- Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. H. (2014). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993–2011. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 11, 57-68.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación-SADSN. (2003). *Los bosques nativos argentinos. Un bien social*. Buenos Aires.
- South, S., J. Qi, y Lusch D.P. (2004). Optimal classification methods for mapping agricultural tillage practices. *Remote Sensing of Environment*. 91, 90-97.
- Souza, C.H.W.; Mercante E.; Prudente V.H.R. y Justina D.D.D. (2013). Métodos de evaluación de desempeño para la clasificación supervisada de imágenes satelitales en la determinación de las clases de cobertura terrestre. *Ciencia e Investigación Agraria*. 40 (2), 419-428.
- Teruggi, M. E. (1955). Los basaltos tholeíticos de Misiones. *Notas Museo de La Plata*. 18, 272-277.
- Unidad del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF). (2002). *Mapa forestal provincia de Misiones. Actualización 2002*. Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Desarrollo Social. Buenos Aires, Argentina.



Unidad del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF). (2019). *Monitoreo de la superficie de bosque nativo de la republica argentina. Regiones forestales Parque Chaqueño, Yungas, Selva Paranaense, Bosque Andino Patagónico, Espinal y Monte*. Tomo I. Dirección Nacional de Bosques. Secretaria de Política Ambiental en Recursos Naturales. Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Buenos Aires, Argentina.

USGS, (2014). *United States Geological Survey*. Disponible en: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acceso en: 13 julio de 2020.