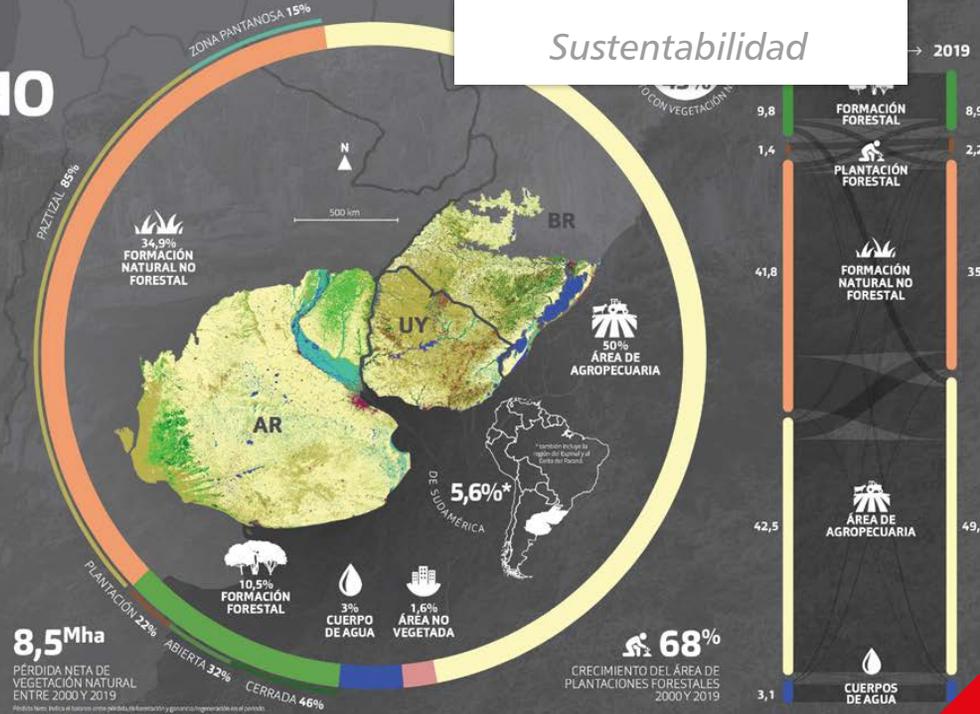


PAMPA SUDAMERICANO

Evolución anual de la cobertura y uso de la tierra (2000-2019)



Infografía destacando los principales resultados del mapeo y transiciones entre clases.

MAPBIOMAS PAMPA SUDAMERICANO: una iniciativa trinacional para conocer los cambios en el uso y cobertura del suelo

Dra. María Vallejos¹
 M. Sc. Federico Gallego³
 Bach. Andrea Barbieri⁴
 Lic. Laura Bruzzone³
 Bach. Sebastián Ramos³
 Dr. Santiago Baeza²

¹Programa de Investigación en Producción y Sustentabilidad Ambiental - INIA
²Facultad de Agronomía - Udelar
³Facultad de Ciencias - Udelar
⁴Ministerio de Ambiente

Se lanzó la Colección 1 de Mapas Anuales de Uso y Cobertura del Suelo del Bioma Pampa Sudamericano (2000-2019). La colección proporciona los datos anuales de la dinámica en los cambios en el uso y cobertura del suelo de 20 años, con 30 metros de resolución. Esta iniciativa representa un importante paso para garantizar el mapeo de la cobertura y uso del suelo en los pastizales templados y subtropicales de Uruguay, sur de Brasil, y centro-oeste de Argentina con un grado de detalle espacial y temporal sin precedentes.

CONOCER LA DINÁMICA DEL USO Y COBERTURA DEL SUELO

El mapeo del uso y cobertura del suelo tiene una enorme importancia en el manejo de los recursos naturales y en la toma de decisiones del sector agropecuario. Estos mapas permiten estimar la superficie cultivada, evaluar el grado de cumplimiento de planes de uso, diseñar estrategias de conservación, estimar emisiones de GEI y evapotranspiración, entre otras aplicaciones.

Para el sector empresarial, las estadísticas y tendencias son útiles para proyectar inversiones en el sector agropecuario. Además, la evaluación de las transiciones entre coberturas permite modelar los cambios en el uso del suelo y proyectar escenarios a futuro para asistir a la toma de decisiones a nivel nacional. El desarrollo y puesta a punto de un sistema de monitoreo rápido, económico, replicable y con datos abiertos, resulta un aporte novedoso y significativo para el desarrollo del país y la región.

EL ROL DE LOS SENSORES REMOTOS

Las técnicas de geoprocésamiento y teledetección juegan un papel clave en la comprensión de los cambios en el uso y cobertura del suelo (CUCS) presentes y pasados. Los sensores a bordo de satélites se han convertido en una herramienta fundamental para caracterizar la dinámica de los CUCS sobre grandes extensiones de territorio. La cobertura espacialmente continua y a intervalos regulares de tiempo que las imágenes de satélite obtienen de la superficie terrestre es la base para el mapeo de los CUCS. La capacidad de discriminar entre diferentes coberturas a partir de imágenes provenientes de satélites viene dada por la respuesta diferencial de las distintas superficies en diferentes porciones del espectro electromagnético. Adicionalmente, el uso de series temporales de imágenes permite inferir información sobre la fenología de la vegetación, aprovechando el comportamiento espectral característico de cada tipo de cobertura vegetal. Con el avance de las tecnologías digitales y gran disponibilidad de datos satelitales, es posible realizar el procesamiento digital de imágenes a nivel de píxel, en la nube y de manera gratuita.

MAPBIOMAS PAMPA: UNA INICIATIVA INTER-INSTITUCIONAL

El objetivo de MAPBIOMAS es comprender los procesos de transformación que se dan en el territorio a través del monitoreo anual de cambios de uso y cobertura del suelo. La iniciativa MAPBIOMAS surge inicialmente en Brasil (<https://mapbiomas.org/>) y rápidamente se extiende para cubrir varios de los biomas presentes en América del Sur. MAPBIOMAS Pampa (<https://pampa.mapbiomas.org/es>) fue creado para producir mapas anuales de uso y cobertura del suelo para la Región Pampeana correspondiente a los territorios de Argentina, Brasil y Uruguay. Para permitir una mejor continuidad regional se agregaron otras regiones fitogeográficas al mapeo (un área vecina de Espinal y el Delta del río Paraná en Argentina). Recientemente, se presentó la Primera Colección de Mapas Anuales de Uso y Cobertura del Suelo del Bioma Pampa Sudamericano. Esta colección abarca una superficie de 1.005.780 km² para el período 2000-2019, con una resolución de 30 metros y nueve clases de leyenda (Figura 1).

MAPBIOMAS involucra una red de científicos, técnicos y especialistas en el uso/cobertura del suelo, teledetección satelital, GIS y programación. Para generar series históricas de mapas anuales de uso y cobertura del suelo, MAPBIOMAS utiliza herramientas de procesamiento en la nube y clasificadores automatizados desarrollados y operados desde la plataforma Google Earth Engine. En Uruguay, INIA forma parte de esta iniciativa, junto con Facultad de Agronomía y Facultad de Ciencias de la Udelar y el Ministerio de Ambiente. El proyecto construye sobre las investigaciones regionales de distintos grupos que

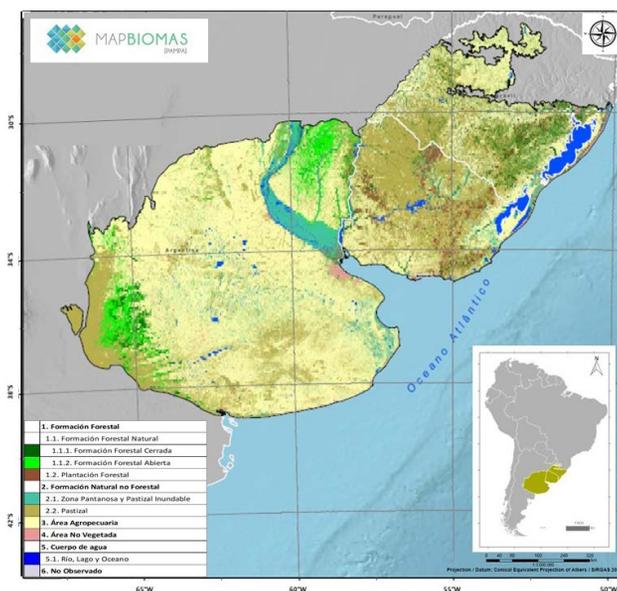


Figura 1 - Mapa final de uso/cobertura del suelo (año 2019).

permitieron desarrollar las capacidades que dan lugar a MAPBIOMAS Pampa (ver lecturas recomendadas).

UNA PLATAFORMA ABIERTA Y COLABORATIVA

MAPBIOMAS procura desarrollar una comunicación accesible para un público no especializado, con miras a promover el diálogo con distintos sectores sociales y contribuir a los procesos de democratización y apropiación del conocimiento. La información de este proyecto está disponible para el público en general, desarrolladores, especialistas, decisores gubernamentales y académicos en la plataforma web <https://plataforma.pampa.mapbiomas.org/>.

La plataforma no solo ofrece mapas, sino también estadísticas presentadas en tablas y gráficos dinámicos con cambios de uso en el período que el usuario requiera, de libre acceso y descargable. La información se puede obtener a nivel de país, cuenca o región. Los códigos abiertos ("scripts") desarrollados para realizar las clasificaciones están a disposición del público en general para su uso y consulta, propiciando la transparencia de la información y la comunicación de los procesos.

En Uruguay, INIA forma parte de MAPBIOMAS, junto con Facultad de Agronomía y Facultad de Ciencias de la Udelar y el Ministerio de Ambiente.

ALGUNOS DETALLES METODOLÓGICOS DEL MAPEO

1) Las categorías a mapear fueron consensuadas entre los miembros participantes para maximizar el nivel de aceptación y utilidad por parte de todas las instituciones responsables. La clasificación incluyó nueve clases de uso y cobertura del suelo (Tabla 1): Formación forestal natural cerrada (bosques), Formación forestal natural abierta (sabana), Plantación forestal, Humedal, Pastizales, Área agropecuaria (incluye cultivos y pasturas implantadas), Área no vegetada, Río, Lago y Océano y No observado.

2) El proceso de clasificación se llevó a cabo en unidades espaciales homogéneas más pequeñas definidas a nivel nacional (sub-regiones), a fin de mejorar la precisión de la clasificación. En Uruguay se utilizaron siete ecozonas, que dan cuenta de la variabilidad geomorfológica y biótica.

3) El conjunto de datos utilizados se obtuvo de los sensores Landsat Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) y Operational Land Imager y Thermal Infrared Sensor (OLI-TIRS), a bordo del Landsat 5, 7 y 8, respectivamente. Se utilizó un total de 71 escenas para cubrir toda la región. Las colecciones de imágenes fueron proporcionadas por la NASA y el USGS y son accesibles a través de Google Earth Engine.

4) Para realizar la clasificación se generaron mosaicos anuales de imágenes Landsat mediante la selección de píxeles en cada conjunto de imágenes, a fin de maximizar las diferencias en el comportamiento espectral de las clases y evitar la presencia de nubes. Una vez conformados los mosaicos se derivaron 107 variables de entrada para la clasificación anual, incluyendo las bandas espectrales de Landsat, índices espectrales, índices de modelo de mezcla espectral, índices temporales e información adicional (ej. elevación, pendiente).

5) La adquisición de muestras de entrenamiento de cada clase se realizó mediante interpretación visual de imágenes históricas de satélite y series de tiempo de índices de vegetación. Se trazaron polígonos de muestras temporalmente estables para cada sub-región. Después de una clasificación preliminar, se ajustó el conjunto de datos de entrenamiento incluyendo muestras complementarias.

6) Se utilizó el clasificador digital "Random Forest" (con 40 iteraciones) disponible en el motor de Google Earth Engine para cada sub-región, utilizando el conjunto de muestras de entrenamiento ajustado y las 107 variables de entrada.

7) Se aplicaron filtros espaciales y temporales ajustados por sub-región para corregir errores y eliminar el ruido de clasificación.

8) Para generar el mapa final se integraron los mapas de cada sub-región. Parte de las muestras de interpretación visual se separaron para realizar un análisis de precisión de los mapas (Ver flujo de trabajo en la Figura 2).

Tabla 1 - Clases de uso y cobertura del suelo utilizadas para el mapeo.

	1. Formación Forestal
	1.1. Formación Forestal Natural
	1.1.1. Formación Forestal Cerrada
	1.1.2. Formación Forestal Abierta
	1.2. Plantación Forestal
	2. Formación Natural no Forestal
	2.1. Zona Pantanosa y Pastizal Inundable
	2.2. Pastizal
	3. Área Agropecuaria
	4. Área No Vegetada
	5. Cuerpo de agua
	5.1. Río, Lago y Océano
	6. No Observado

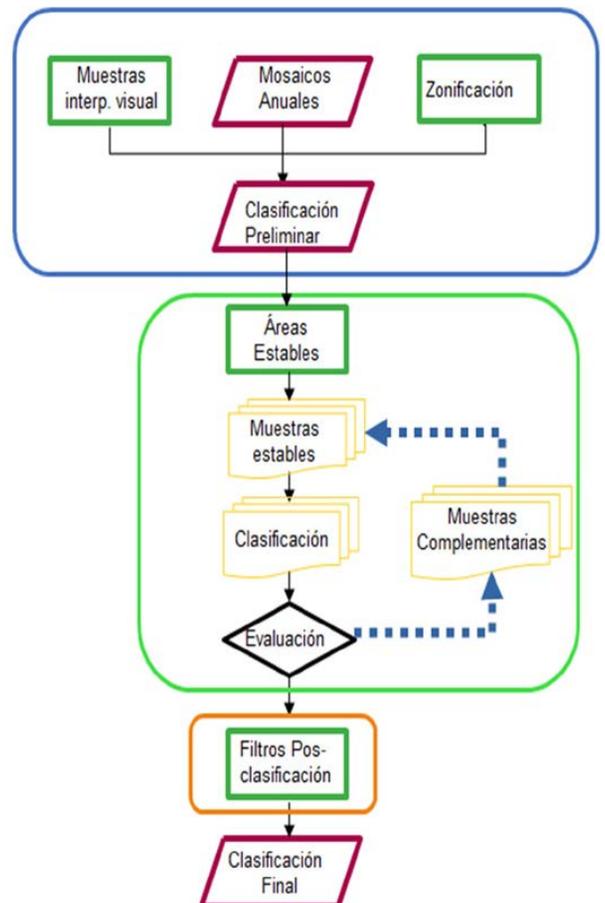


Figura 2 - Flujo de trabajo para la elaboración de las clasificaciones finales.



Foto: Mauricio Bonifacino

Figura 3 - En Uruguay hubo una pérdida de vegetación nativa, fundamentalmente pastizales, de 12.102 Km² (10%). En la imagen se observan pastizales naturales.

LOS PASTIZALES DEL RÍO DE LA PLATA: UN RECURSO EN FRANCO RETROCESO

El Bioma Pampa ha experimentado importantes transformaciones en el paisaje durante las últimas dos décadas. Los resultados del mapeo realizado muestran que el Bioma Pampa Sudamericano tuvo una pérdida neta de vegetación nativa de 84,701 km² (16,3%) entre 2000 y 2019. El país que tuvo la mayor pérdida proporcional de vegetación nativa fue Brasil, con 21.356 km² (20%), principalmente debido a la expansión de áreas agrícolas. Argentina sufrió la mayor pérdida de vegetación nativa en términos absolutos, con 51.242 km² (18%), debido a la expansión de áreas agrícolas y pastizales con especies exóticas. En Uruguay, hubo una pérdida de vegetación nativa de 12.102 km² (10%), debido a un efecto combinado del avance de la agricultura y la silvicultura.

El área de agricultura y pasturas implantadas creció un 17,4%, de 427.239 km² a 501.489 km², con mayor expresión

en áreas de Argentina y Brasil. La silvicultura, aunque ocupa un porcentaje mucho menor que la agricultura en la región, ha mostrado un crecimiento acelerado en las últimas dos décadas, con la excepción de Argentina. El área total con plantaciones aumentó de 13.867 km² a 23.328 km² (un 68%). En Uruguay, el aumento fue de 6.364 km² (69%) en el período estudiado, mientras que, en Brasil, el aumento fue de 3.254 km² (212%).

IMPLICANCIAS DEL TRABAJO Y DESAFÍOS FUTUROS

Contar con un producto abierto y colaborativo que esté disponible en un formato amigable a los distintos interesados para su uso y consulta resulta decisivo para el desarrollo de la región. Los potenciales usuarios de este producto incluyen una amplia gama, que abarca el ámbito científico, institucional, empresarial, productivo, ONG y tomadores de decisión. El estudio de los cambios dentro del contexto regional posibilita analizar y evaluar



Foto: Mauricio Bonifacino

Figura 4 - Los resultados del mapeo realizado muestran que el Bioma Pampa Sudamericano tuvo una pérdida neta de vegetación nativa de 84,701 km² (16,3%) entre 2000 y 2019. En la imagen se observa bosque nativo y pastizales aledaños.

COMENTARIOS DEL GERENTE DE INVESTIGACIÓN DE INIA, DR. JOSÉ PARUELO

“Contar con un producto como el que la iniciativa MAPBIOMAS puso a disposición pública es un viejo anhelo de quienes venimos trabajando en las problemáticas asociadas a la transformación del territorio desde hace mucho tiempo. Ser nosotros mismos (los sudamericanos del sur del sur) quienes describimos el estado de nuestros sistemas es un paso clave para la planificación de territorio y para la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales, productivos y sociales que nos aquejan.

La iniciativa MAPBIOMAS Pampa tiene una serie de características muy destacables: a) cristaliza el trabajo de investigadores y profesionales entrenados rigurosamente en el uso de técnicas de teledetección en distintas instituciones de la región, b) es un esfuerzo genuino y rigurosamente interinstitucional y c) se realizó con un presupuesto mínimo. Estos tres aspectos son, claramente, la materialización de procesos de construcción durante décadas de los sistemas de Ciencia y Tecnología de los Argentina, Brasil y Uruguay. Con MAPBIOMAS queda claro el potencial de la inter-institucionalidad en la generación de bienes públicos y cómo puede el sector público y privado apoyarse en la ciencia de calidad. MAPBIOMAS muestra también que el Mercosur funciona, mucho más allá de las discusiones de aranceles.”

los resultados trascendiendo límites administrativos, lo que permitirá contestar preguntas relevantes en terrenos que van desde a planificación logística para la producción agropecuaria continental (planificación vial, portuaria, logística de almacenamiento, precios,

insumos, etc.) hasta los efectos de determinados tipos de cambio en el uso/cobertura del suelo sobre el clima regional o la provisión servicios ecosistémicos (provisión de agua, captura de carbono, etc.). Las colecciones de MAPBIOMAS están en continuo desarrollo y mejora. Los realizadores de Pampa Sudamericano, que recientemente finalizaron la primera colección, ya están analizando mejoras y novedades para próximas versiones.

LECTURAS RECOMENDADAS

Baeza S., Baldassini P., Bagnato C., Pinto, P. y Paruelo, J.M. 2014. Caracterización del uso/cobertura del suelo en Uruguay a partir de series temporales de imágenes MODIS. *Agrociencia*. 18(2):95-105.

Baeza, S. y Paruelo, J.M. 2020. Recent trends in land use/land cover change in Rio de la Plata Grasslands. *Remote Sensing* 12(3):381.

Guerschman J.P, Paruelo J.M., Di Bella C.M., Giallorenzi M.C. y Pacín, F. 2003. Land classification in the Argentine pampas using multitemporal Landsat TM data. *International Journal of Remote Sensing*. 17:3381-3402.

Paruelo, J.M., Guerschman J.P., Baldi G. y Di Bella C.M. 2004. La estimación de la superficie agrícola. Antecedentes y una propuesta metodológica. *Interciencia*. 29:421-427.

Paruelo, J.M., Di Bella, C.M. y Milkovic M. 2014. Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica. Sus aplicaciones en Agronomía y Ciencias Ambientales. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. ISBN 978-950-504-618-8

Desarrollada en forma colaborativa, de libre acceso y con un formato amigable, MAPBIOMAS apunta a constituirse en una herramienta valiosa para el desarrollo de la región.



Foto: DINACEA

Figura 5 - En Uruguay, el aumento de plantaciones forestales fue de 6.364 km² (69%) en el período estudiado.