

# Sistema Automático para el Monitoreo Operacional de los Desmontes Usando Imágenes Satelitales

Francisco Darío Maldonado<sup>1</sup>, Walter Fabián Sione<sup>1,3</sup>, Francisco Mesías Viva<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> CEREGEO - Centro Regional de Geomática, Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad Autónoma de Entre Ríos. Ruta 11, km 10,5, Oro Verde. Entre Ríos.

<sup>2</sup> CICyTTP - Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción, CONICET. Matteri y España s/n. (3105). Diamante. Entre Ríos.

<sup>3</sup> PRODITEL- Laboratorio de Teledetección, Departamento de Ciencias Básicas. Universidad Nacional de Luján – UNLU. Ruta 5 (6700), Lujan. Buenos Aires. Argentina.

e-mail: {francisco.dario.maldonado; wsione; fmvm483}@gmail.com

## RESUMEN

En este trabajo se presenta la línea de Investigación en desarrollo en el Centro Regional de Geomática - CEREGEO, Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma de Entre Ríos - UADER. Esta tiene como objetivo el desarrollo de un sistema de software automático para el monitoreo operacional de los desmontes en la cobertura vegetal del bosque nativo del centro-norte de Entre Ríos, utilizando imágenes satelitales Landsat. La metodología informatizada para la detección de los desmontes, articula técnicas de procesamiento de imágenes desarrolladas en Python y Matlab. Esta posibilitará el monitoreo automático operacional a partir de imágenes satelitales adquiridas mensualmente. Las

transformación no supervisada de datos continuos en datos temáticos agrupados en Monte, Desmonte y No monte. Los resultados del proyecto permitirán establecer en el futuro un sistema automático operacional de monitoreo de la cobertura de bosques, generando alertas automáticas de desmontes y el mapeo mensual de los bosques.

**Palabras clave:** Imágenes satelitales, teledetección, monitoreo, sistema informatizado.

## CONTEXTO

Esta línea de investigación y desarrollo “Detección automática de los desmontes con imágenes satelitales” se enmarca en los Proyectos “Desarrollo de un Sistema operacional para detección de cambios y monitoreo del bosque nativo usando imágenes satelitarias. Norte de la Provincia de Entre Ríos.”, “Monitoreo histórico de los desmontes y recuperación” y el proyecto de Tesis que inicia este año “Desarrollo y Validación de un Sistema Informatizado de Monitoreo Automático de los desmontes para un área del Espinal del Centro-Norte de Entre Ríos, en base de Datos de Teleobservación”.

Esta línea de desarrollo se orienta a proporcionar, a las autoridades provinciales de medio ambiente, herramientas para la aplicación de la Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos de la Ley Nacional de Bosques 26331. Estos proyectos se iniciaron en Marzo de 2013 en el CEREGEO - Centro Regional de

Geomática la Facultad de Ciencia y Tecnología - FCyT/UADER - Universidad Autónoma de Entre Ríos y se orientan a suplir necesidades apuntadas en el Plan Argentina 2020 (Núcleo Socio - Productivo Estratégico, 2012).

## 1. INTRODUCCIÓN

Los organismos gubernamentales de control y gestión de los recursos naturales necesitan herramientas ágiles para la aplicación de la Ley de Presupuestos Mínimos para el Bosque Nativo (Ley N° 26331) y para el control del ordenamiento territorial.

Los sistema que utilizan imágenes digitales obtenidas periódicamente por satélites orbitales en el espectro óptico, han demostrado la agilidad necesaria para el monitoreo del territorio. Actualmente, el aumento de la resolución espacial y radiométrica de las imágenes plantea la necesidad de la informatización para el manejo de un volumen creciente de datos adquiridos por estas imágenes.

La adquisición digital de datos ambientales se inició hace 40 años con la Serie de satélites Landsat y esta garantizada en el futuro por la LDCM - Landsat Data Continuity Mission, por lo que el desarrollo de un sistema de monitoreo basado en imágenes Landsat es adecuado para el estudio histórico del territorio y de su evolución futura.

Las imágenes son adecuadas para el monitoreo del ambiente a escala regional por su bajo costo y características espectrales y radiométricas que permiten analizar el uso y cobertura de las tierras, obteniendo buenos resultados para el mapeo y detección de cambios, como señalado por Coppin et al. (2004).

En la Provincia de Entre Ríos, el bosque nativo fue mapeado por Sabbatini et al. (2009), con imágenes Landsat, obteniendo la

“Zonificación del bosque natural” solicitada por el Gobierno Provincial y según estos resultados la provincia contaba, en 2008, con más de un millón de hectáreas de monte nativo.

Los proyectos de investigación y desarrollo iniciados en 2013 en el CEREGEO, comenzaron generando mapas manualmente a intervalos de 5 años, para el análisis histórico de los desmontes desde 1980 a 2010, Maldonado et al. (2012). Esta experiencia mostró la necesidad de informatizar las técnicas y articularlas en un Sistema operacional para el monitoreo continuo de los procesos ambientales a lo largo del tiempo.

Las técnicas automáticas de detección y monitoreo de cambios en la cobertura vegetal, actualmente no obtienen buenos resultados como mencionado por Coppin et al. (2004), y en general introducen al sistema el fenómeno llamado “propagación de los errores”. Este amplifica los errores en los mapas finales por la multiplicación de los errores de los mapas antecedentes, y es en general inaceptable para fines cuantitativos, según muestran Lunetta et al. (1981), Congalton y Green (1999).

Una técnica automática capaz de la detección digital que evita la propagación de errores por la necesidad de mapas intermedios, es la “ROCAM- Rotación Radiométrica Controlada por la Moda”, fue desarrollada y presentada en Maldonado et al. (2007). Esta se basa en la “RCEN - Rotación radiométrica controlada por Eje de No-Cambio”, Maldonado et al. (2002) y Maldonado et al. (2007). Esta técnica de detección digital de cambios, permite el uso simple de imágenes de diferentes sensores y ya ha mostrado buenos resultados en regiones semiáridas de la catinga de Brasil y chaco árido en Maldonado (2007) entre otros ambientes. La característica principal de esta técnica es la rotación controlada del espacio bi-temporal de la radiometría de las imágenes

digitales, produciendo buenos resultados con imágenes calibradas o sin calibrar o de diferentes sensores con diferente sensibilidad y radiometría, siendo adecuada para incorporar nuevas imágenes y desarrollos futuros.

Posteriormente a la detección de cambios y transformación de datos continuos a temáticos, necesita la definición automática de umbrales en algunos casos de transformación, (Zhu et al. 2015; Cattaneo et al. 2011).

La informatización de estas rutinas de procesamiento y transformación de datos continuos a temáticos se efectuara con Python (Python, 2017), Matlab (Mathwork, 2017), La Librería GDAL - Geospatial Data Abstraction Library (GDAL, 2017), Rutina de Extracción de nubes Fmask (Zhu & Woodcock, 2015) y Quantum Gis (QGIS, 2017).

El objetivos de la investigación y desarrollo es un Sistema automático informatizado que articule técnicas de detección de cambios con técnicas de caracterización temática de los cambios. El sistema informatizado propuesto se basa en la obtención automática de una leyenda numérica relacionada con la frecuencia de ocurrencia en el tiempo del suelo desnudo y posterior caracterización ambiental de esta frecuencia y mapeo temático en tres clases Monte, Desmonte y No monte.

## 2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Las líneas son ejecutado por un equipo multidisciplinario con capacidad para el procesamiento de imágenes, la adaptación y aplicación de técnicas de levantamiento de campo y comprender la dinámica ambiental en una región donde predomina la actividad agropecuaria en áreas de bosque natural.

Una de las líneas en desarrollo se relacionan con la “Disminución del tamaño de los subsets de datos” para mejorar la transformación automática de datos continuos a temáticos,

usando técnicas no supervisadas Kmean o Isodata. Otra línea se orienta al cálculo automático de un Índice de vegetación ajustado al suelo, SAVI -Soil Adjusted Vegetation Index (Huete & Glenn, 2011), que permita la detección de cambios. Y la línea de Aplicación de una Leyenda temática con base numérica igual al promedio del valor de los pixeles de la misma clase Kmean en una banda Índice SAVI. El mapeo de los cambios y trabajos de levantamiento de la verdad de campo, es una de las etapas necesarias en los proyectos que utilizan imágenes para la obtención de la precisión del mapeo (Lunetta, 1981; Congalton & Green, 1999). En esta línea se aplican los levantamientos fisonómico-estructurales de la vegetación para caracterizar los cambios, según Maldonado et al. (2005), para el ajuste y test de la metodología.

## 3. RESULTADOS ESPERADOS

El principal resultado es una metodología automática operacional para detección y monitoreo mensual de los desmontes en el bosque nativo. Esta metodología operacional minimiza el efecto de las fuentes de errores que son propagados a los largo del tiempo. La principal fuente de errores está asociada con la subjetividad de la intervención humana, sobre todo cuando el personal en operación del sistema cambia durante el tiempo de funcionamiento de sistema. El sistema producirá periódicamente: alertas de desmontes, mapas de intensidad de los cambios del bosque natural, mapas de cambios de uso producidos en áreas de bosque natural y tablas cuantitativas de los desmontes en el centro-norte de Entre Ríos.

#### 4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Durante la ejecución de los proyectos fueron ofrecidas una becas de iniciación por año para alumnos de las licenciaturas en Biología y para los proyectos futuros se ofrece una beca por año también para Licenciatura en Sistemas de Información de la Facultad de Ciencia y Tecnología, para programación de rutinas Python en QGIS.

Los resultados del proyecto que se inicia para la informatización de la etapa de detección, serán producto de la Tesis de Doctorado “Desarrollo y Validación de un Sistema Informatizado de Monitoreo Automático de los desmontes para un área del Espinal del Centro-Norte de Entre Ríos, en base a Grandes Volúmenes de Datos de Teleobservación”, Doctorado en Ciencias Aplicadas de la Universidad de Lujan, financiado por el CONICET.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- Congalton, R.G.; Green, K. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practice. Mapping sciences series. New York: CRC Press Inc., 1999. 98p.
- Coppin, P.; Jonckheere, I. ; Nackaerts, K.; Muys, B.; Lambin, E. 2004. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *International Journal of Remote Sensing*, 25(9): 1565-1596.
- Cattaneo. C.A.; Larcher, L.I.; Ruggieri, A.I.; Herrera, A.C.; BIASONI, E.M. 2011. Método de umbralización de imágenes digitales basado en entropía de Shannon y otros. En: Möller, O.; Signorelli, J. W.; Storti, M.A. (Eds). *Mecánica Computacional*, 30: 2785-2005.
- Huete, A. R.; Glenn, E. P. 2011. Remote Sensing of Ecosystem and Function. En: Weng, Q. *Advances in Environmental Remote Sensing*. London: CRC Press. cap.12, p.291-320. 600p.
- GDAL. 2017. Geospatial Data Abstraction Library. Open Source Geospatial Foundation. <<http://www.gdal.org>>
- Lunetta, R.; Congalton, R.; Frenstermaker, L.; Jensen, J.; McGwire, K.; Tinney, L. 1981. Remote Sensing and geographic information system data integration: error sources and research issues. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 57(6): 677-687.
- Maldonado, F.D.; Santos, J.R.; Carvalho, V.C. 2002. Land use dynamics in the semiarid region of Brazil (Quixabá-PE): characterization by principal components analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 23(23): 5005- 5013.
- Maldonado, F.D.; Carvalho, V.C.; Souza, C.L.; Martinelli, M.; Pinheiro, O.J. ; Santos, F.F. 2005a. Determinación de la longitud de transecta para el relevamiento fisonómico-estructural de la vegetación del semiárido para suministrar datos a las técnicas de percepción remota orbital. *Multequina*, 13: 1-14, 2005.
- Maldonado, F. D.; Graça, P. M.; Santos, J. R. Detecção automática de mudanças na cobertura vegetal utilizando a técnica de Rotação radiométrica controlada pela evolução da moda das imagens componentes.. In: XIII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. Anais 2007 Proceedings. São José dos Campos : INPE, 2007. p. 5911-5918.
- Maldonado, F. D. ; Santos, J.R.; Graça, P.M. 2007. Change detection technique based on the radiometric rotation controlled by no-change axis, applied on a semi-arid landscape. *International Journal of Remote Sensing* , 28(8): 1789-1804.
- Maldonado, F.D.; Sione, W.F.; Aceñolaza, P.G. 2012. Mapeo de desmontes en áreas de bosque nativo de la Provincia de Entre Ríos. *Ambiência*, 8(esp): 532-532.
- Matlab. 2017. Multi-paradigm programming language environment. The Mathworks Inc. <<http://www.mathworks.com>>
- Núcleo Socio-Productivo Estratégico. 2012. Sistemas de Captura, Almacenamiento y puesta en disponibilidad de Datos

Ambientales. Argentina Innovadora 2020. Sec. de Planeamiento y Políticas. Min. de Ciencia y Tecnología e Innovación Productiva de la Nación. Julio 2012. 15p. <[http: www. argentinainnovadora2020.mincyt. gob.ar](http://www.argentinainnovadora2020.mincyt.gob.ar)>

Python. 2017. The Python Software Foundation. <[http: www.python.org](http://www.python.org)>

QGIS. 2017. Sistema de Información Geográfica. Quantum GIS Development Team. Open Source Geospatial Foundation Project. <[http: qgis.osgeo.org](http://qgis.osgeo.org)>

Sabattini, R.A.; Ledesma, S.; Brizuela, A.; Sabattini, J. 2009. Zonificación de los bosques nativos en el Departamento La Paz (Entre Ríos) según las categorías de conservación. Informes FCA UNER y la Dirección General

de Recursos Naturales, Sec. de la Producción Gob.de Entre Ríos. FCA UNER: Oro Verde, Octubre 2009. 30p.

Zhu, Z. y C. E. 2014. Woodcock. Continuous change detection and classification of land cover using all available Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 138: 1143-1157.

Zhu, Z.; Wang, S.; Woodcock, C. E. 2015. Improvement and expansion of the Fmask algorithm: cloud, cloud shadow, and snow detection for Landsats 4-7, 8, and Sentinel 2 images. *Remote Sensing of Environment*, 144: 152-171.