

IMÁGENES SATELITÁRIAS PARA DETECCIÓN Y MONITOREO OPERACIONAL DE LOS CAMBIOS EN EL BOSQUE NATIVO DEL NORTE DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS.

Francisco Darío Maldonado¹, Walter Fabian Sione¹, Fernando Raul Tentor¹

¹CEREGEO-Centro Regional de Geomática, Facultad de Ciencia y Tecnología. UADER-Universidad Autónoma de Entre Ríos.

Matteri y España s/n. (3105). Diamante. Entre Ríos. Argentina.

E-mail: {francisco.dario.maldonado; wsione; fernandotentor}@gmail.com

Resumen

Este trabajo presenta el Proyecto trianual actualmente en ejecución en la Facultad de Ciencia y Tecnología de UADER-Universidad Autónoma de Entre Ríos. En este proyecto se desarrolla un sistema operacional para el monitoreo de cambios interanuales en la cobertura vegetal del bosque nativo del centro-norte de Entre Ríos utilizando imágenes digitales obtenidas en el espectro óptico por satélites orbitales. Para ello se adaptan técnicas digitales de procesamiento de imágenes para la detección de cambios en la vegetación en los ambientes sub-húmedos del norte provincial. La metodología posibilitará el monitoreo operacional a partir de imágenes satelitales de diferentes sensores. Las técnicas articuladas por esta metodología permiten la detección de cambios entre imágenes de sensores espectralmente compatibles, con o sin calibración atmosférica. Estas además son resistentes a la confusión producida por la dinámica compleja de la cobertura vegetal del área y capaces de incorporar las nuevas tecnologías satelitales actualmente en desarrollo. Los resultados y metodologías desarrolladas en el marco del proyecto permitirán establecer para el futuro un sistema operacional de monitoreo de la cobertura de bosques en la región permitiendo a la Provincia contar con herramientas para monitoreo del

cumplimiento de la Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos de la Ley Nacional de Bosques 26331.

Palabras clave: Imágenes, técnicas digitales, teledetección, monitoreo, Landsat.

Introducción

En este trabajo se presentan los lineamientos principales del proyecto trianual: “Desarrollo de un Sistema operacional para detección de cambios y monitoreo del bosque nativo usando imágenes satelitarias. Norte de la Provincia de Entre Ríos”. Este está en ejecución desde Marzo de 2013 en la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma de Entre Ríos -FCyT/UADER. Uno de los motivos de la puesta en marcha del proyecto es el de la necesidad que se observa en los organismos de control y gestión de contar con herramientas de monitoreo para el control del cumplimiento de la Ley de Presupuestos Mínimos para el Bosque Nativo (Ley N° 26331) y para el ordenamiento territorial.

El proyecto utiliza imágenes digitales obtenidas periódicamente en el espectro óptico por satélites orbitales de estudio de los recursos naturales de la serie Landsat y LDCM-Landsat Data Continuity Mission. Estas imágenes son adecuadas para el monitoreo del ambiente a escala regional por su bajo costo y características espectro-radiométricas que

permiten analizar confiablemente uso y cobertura de las tierras. En otras regiones estas imágenes son usadas con buenos resultados para el mapeo y detección de cambios, como señalado por Asner et al. (1998) y Coppin et al. (2004). En la Provincia de Entre Ríos, el bosque nativo fue mapeado con estas imágenes, obteniendo buenos resultados en el año 2008, por Sabbatini et al. (2009). Este mapeo obtuvo 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 con fragmentación y degradación alta. En años posteriores a este mapeo se han producido cambios que deberán ser detectados para la actualización de mapas, monitoreo y análisis de los procesos que conducen a la fragmentación del bosque natural.

En la Provincia de Entre Ríos, las diferentes condiciones topográficas, de cobertura y de conservación, plantean la necesidad de crear o adaptar diferentes metodologías para la articulación de técnicas digitales de detección y de caracterización temática. Anteriormente en el CEREGEO - Centro Regional de Geomática de la UADER, se realizó una primera aproximación en un área piloto del norte provincial, con una detección histórica de los desmontes cada 5 años desde 1980 a 2010, en una faja estrecha, de 70km, entre los ríos Paraná y Uruguay, centrada en el Departamento Federal, publicado en Maldonado et al. (2012). Esta experiencia piloto mostró la necesidad de adaptar las técnicas y su articulación metodológica para un análisis operativo de la dinámica de bosques y áreas naturales en la región.

Un sistema operacional para el monitoreo continuo de los procesos ambientales a lo largo del tiempo enfrenta los cambios tecnológicos producidos en los sistemas satelitales y debe utilizar técnicas de procesamiento capaces de

incorporar imágenes producidas por los nuevos sensores satelitales desarrollados durante su tiempo de operación. La mayoría de las técnicas de detección de cambios no obtienen buenos resultados con imágenes de diferentes sensores, como mencionado por Coppin et al. (2004). Actualmente, la forma más usada para incorporar las nuevas imágenes como fuentes de datos a los sistemas de monitoreo es la “Detección post-clasificación”. Esta técnica consiste en la generación sucesiva de mapas temáticos independientes para cada fecha y el posterior cruzamiento entre estos. Esta técnica es intuitivamente correcta pero introduce al sistema de monitoreo el fenómeno llamado “propagación de errores”. Este amplifica los errores en los mapas finales por la multiplicación de los errores de los mapas antecedentes, y es en general inaceptable que para fines cuantitativos, según muestran Lunetta et al. (1981), Stow et al. (1990), Congalton y Green (1999), Pontius Jr y Millones (2011).

Un sistema operacional para el monitoreo necesita de una técnica capaz de la detección digital entre imágenes de diversas fuentes para evitar la necesidad de mapas intermedios, una de estas técnicas fue desarrollada y presentada en Maldonado et al. (2002), Maldonado et al. (2005b), Santos et al. (2005a) y Maldonado et al. (2007). Esta técnica de detección digital de cambios, “RCEN-Rotación Controlada por Eje de No-Cambio” 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), regiones sub-húmedas del sur de Chile con explotaciones forestales en Frau et al. (2009), Bosque mixto del sur de Brasil en Scharlau et al. (2012), en bosque húmedo de la selva amazónica en Graça et al. (2008), Maldonado et al. (2009) y en el bosque atlántico por Arasato et al. (2012). La característica principal de esta técnica es la

rotación controlada del espacio bi-temporal de la radiometría de las imágenes digitales, produciendo buenos resultados usando imágenes sin calibrar o de diferentes sensores, como presentado en Maldonado et al. (2007).

El objetivo general del proyecto es el desarrollo de un sistema operacional para la detección y monitoreo de los cambios interanuales ocurridos en la cobertura vegetal del bosque nativo del centro-norte de Entre Ríos desde el año 2008 a la actualidad. Para alcanzar esos objetivos se desarrollará una metodología que articule las técnicas de detección de cambios con las técnicas de caracterización temática de los cambios. Posteriormente se aplicarán las técnicas RCEN para detección exploratoria y planificación del trabajo de campo. Se adecuarán y aplicarán técnicas de levantamiento de campo para la caracterización temática de los cambios en el bosque natural. Y se aplicarán las técnicas RCEN y RCEN multi-espectral para la detección de los cambios producidos y se actualizarán los mapas de vegetación.

Líneas de Investigación y Desarrollo

Para suplir estas necesidades metodológicas el Proyecto es ejecutado por un equipo multidisciplinario con capacitación para desarrollar y adaptar Técnicas digitales de procesamiento de imágenes, adaptar y aplicar Técnicas de levantamiento Botánico y comprender la dinámica ambiental en una región donde predomina la actividad agropecuaria. La metodología ha desarrollar en este proyecto, articulará técnicas de pre-procesamiento de imágenes digitales, de detección de cambios radiométricos, mapeo de los cambios y trabajos de levantamiento de la verdad de campo. A seguir se detallan algunas etapas de la metodología:

Consolidación de la base de datos cartográficos en el SIG- Sistema de Información Geográfica.

Obtención de las imágenes detección con la técnica RCEN para orientar el trabajo de campo y la recolección a campo de muestras de cambios intra-anales e inter-anales. Posteriormente la adecuación de las técnicas digitales de rotación radiométrica controlada para la detección de cambios en región de condición ambiental húmeda y estacionalmente complejas del centro-norte de Entre Ríos. Levantamientos fito-fisonómicos para caracterizar los cambios, según Maldonado et al. (2005a). Aplicación de la técnica "RCEN multi-espectral" y obtención del mapa de cambios correspondiente al año, con una leyenda temática de intensidad y dirección de los cambios. Aplicación de la Técnica de actualización de mapas: Esta técnica se basa en un simple cruzamiento entre el mapa de uso anterior y el mapa de intensidad de los cambios, interpretando los cambios temáticos a través de una leyenda compleja en el mapa actualizado la que luego será simplificada para obtener el mapa final. Análisis de la confusión del mapeo según "Cantidad y localización del desajuste" según Pontius y Millones (2011). Ajuste y articulación de las técnicas para obtener un sistema operacional ajustado a la complejidad del ambiente del norte provincial. Formulación de la Metodología y test de la metodología.

Formación de recursos Humanos

Durante la ejecución del proyecto serán ofrecidas dos becas de iniciación por año para alumnos de las licenciaturas en biología y en informática, para apoyo al muestreo y descripción de la vegetación y programación de rutinas en el SIG-Sistema de Información Geográfica. También se incorporarán dos becarios por año en la carrera de Licenciatura en Biología para desarrollar sus trabajos finales de formación de grado e actividades iniciales para su especialización futura en el uso de geotecnologías (subsedes Diamante y/o Paraná). Algunas actividades de actualización de mapas

de ambientes serán articuladas para la producción de trabajos finales de formación de los alumnos de grado. Los resultados intermedios de la etapa de detección, serán generados con participación de dos becarios de Doctorado del CONICET, para seguimiento y especialización de incendios

Resultados esperados

El principal resultado es una metodología operacional para el monitoreo anual de los cambios en la cobertura vegetal del bosque nativo. Esta metodología operacional minimiza el efecto de las fuentes de error, errores que son propagados a los largo del tiempo. Estas fuentes de errores están asociadas con la subjetividad de la intervención humana, sobre todo cuando el personal en operación del sistema cambia durante el tiempo de funcionamiento de sistema de monitoreo. El sistema producirá periódicamente Mapas de intensidad de los cambios del bosque natural del centro-norte de Entre Ríos. Mapas de cambios de uso producidos en áreas de bosque natural del centro-norte de Entre Ríos y Tablas de cuantificación de los cambios.

Referencias bibliográficas

- Asner G.P.; Wessman C.A.; Schimel D.S. 1998. Heterogeneity of savanna canopy structure and function from imaging spectrometry and inverse modeling. *Ecological applications*, 8(4): 1022-1036, 1998.
- Arasato, L.S.; Santos, J.R.; Maldonado, F.D.; Amaral, S.; Rennó, C.D. 2012. Detecção de mudanças da paisagem a partir de análise multisensor e multitemporal em associação com variáveis geomorfométricas no domínio da floresta atlântica. *Revista Brasileira de Cartografia*, 64(4): 475-486, 2012.
- 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.
- Frau, C.M.; Santos, J.R.; Maldonado, F.D.; Valenzuela, J.G.; Valeriano, M.M.; Rojas, Y.O.; Hernandez, Y.M. 2010. Caracterización y monitoreo de paisaje semiárida en la Región del Maule mediante datos satelitales. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14: 600-668, 2010.
- Graça, P.M.L.; Maldonado, F. M.; Santos, J. R.; Soares, J. V. 2008. Detecção de corte seletivo de madeira por técnica de rotación radiométrica en la floresta amazónica. *Ambiência*, 4: 97-106.
- 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.; Santos, J.R.; Pastor, C.Q.; Manso, A.F. 2005b. Radiometric rotation technique to monitor degradation and regeneration features in Brazilian semi-arid region.. In: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium - 25th IGARSS'05, 2005, Seoul. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS'05: Harmony between Man and Nature. Seoul, Korea: IGARSS, 2005. p. 2315-2318.

- 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.; Graça, P.M.L.; Santos, J.R. 2009. Aplicação da fração-solo por rotação radiométrica para detecção do corte seletivo em domínio da floresta Amazônica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 2823-2830.
- 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(Es): 532-532.
- Pontius, R. G.; Millones, M. 2011. Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing*, 32(15): 4407-4429.
- 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.
- Santos, J.R.; Maldonado, F.D.; Graça, P.M.L. 2005a. New change detection technique using ASTER and CBERS-2 images to monitor Amazon tropical forest. In: International Geoscience and Remote Sensing Symposium-25th IGARS2005, Seoul, Korea. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS-05 Harmony between Man and Nature. Seoul : IGARSS, 2005. v. 7. p. 5026-5028.
- Scharlau, L.A.; Disperatti, A.A.; Maldonado, F.D.; Araujo; A.J. Atualização de mapas de uso com mapas de intensidade das mudanças na cobertura vegetal. X Seminario de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações geograficas Aplicados à Engenharia Florestal. 15-18 octubre 2012, Curitiba, Parana-Brasil.
- Stow, D.A.; Collins; D.; McKinsey, D. 1990. Land use change detection based on multi-date imagery from different satellite sensor systems. *Geocarto International*, 5(3): 3-12.