

# Mapeo de desmontes en áreas de bosque nativo de la provincia de Entre Ríos, Argentina

## Mapping of forest clearance in natural areas of Entre Ríos province, Argentine

Francisco Darío Maldonado<sup>1(\*)</sup>

Walter Fabián Sione<sup>2</sup>

Pablo Gilberto Aceñolaza<sup>3</sup>

### Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la aplicación de una metodología de detección y monitoreo de los desmontes, resistente a la irregularidad de la adquisición de imágenes en la región del Espinal entrerriano. El monitoreo de los cambios de uso y cobertura de las tierras es actualmente necesario para la política gubernamental de manejo y conservación de los recursos naturales. El área de estudio fue el Departamento Feliciano al norte de la Provincia de Entre Ríos, región noreste de Argentina. La vegetación es la típica formación arbórea del Espinal entrerriano sometido a la actividad ganadera extensiva. La metodología usó imágenes Landsat TM para formar un paquete multitemporal de bandas espectrales de la imagen de la segunda fecha y una banda intensidad del cambio obtenida por la técnica RCEN. Sobre este paquete se aplicó una técnica de “segmentación de imágenes por crecimiento de regiones” con semillado manual. Finalmente, se realizó el agrupamiento temático basado en la interpretación visual. En total, fueron detectados 1680ha desmontadas entre agosto de 2009 y diciembre de 2010, y 1140ha desmontadas entre diciembre de 2010 y abril de 2011. La segmentación de imágenes con bandas “intensidad del cambio” con semillado manual obtuvo buenos resultados para la detección de desmontes. Este resultado fue corroborado por la fiscalización in situ de los organismos gubernamentales.

**Palabras-claves:** Imágenes satelitales; vegetación; multitemporal; evaluación; detección de cambios.

---

1 Centro Regional de Geomática-CEREGEO/FCyT-Facultad de Ciencia y Tecnología. UADER - Universidad Autónoma de Entre Ríos. Argentina. Ruta 11, km 10, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina, E-mail: francisco.dario.maldonado@gmail.com (\*) Autor para la correspondencia

2 PRODITEL. Cs. Bs. Universidad Nacional de Luján. Int. Rutas Nacionales 5 y 7. (6700). Luján. Argentina.

3 Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción - CICYTTP/CONICET. Matteri y España s/n, E3105EWA. Diamante, Entre Ríos. Argentina.

## Abstract

The objective of this study was to evaluate the application of a methodology for detecting and monitoring forest clearance. The methodology should be unaffected to irregular image acquisition in the region of the “Espinal” (thorn forest) in northeastern Argentina. Monitoring changes in land use and cover is needed for government policies of conservation and management of natural resources. The study area was the Department Feliciano northern of Entre Rios province. The typical vegetation is Espinal thorn forest, subjected to selective logging for extensive livestock ranching. The methodology used Landsat TM images to form a multitemporal package with spectral bands of the second date and change intensity band obtained by the RCAN technique. On this package we applied a technique “Image segmentation by region growing” with manual seeding. Finally, the thematic aggregation based on visual interpretation was made. A total of 1680 ha cleared were detected between August 2009 and December 2010, and 1140ha cleared between December 2010 and April 2011. The segmentation of images with intensity bands change with manual seeding obtained good results for detecting forest clearing. This result was verified in situ by government agencies.

**Key words:** Satellite images; vegetation; multitemporal; valuation; change detection.

## Introducción

La modalidad de uso de la tierra asociada a la actividad agropecuaria en la Región del Espinal entrerriano permite, desde hace tiempo, la conservación de áreas de bosques naturales convirtiendo áreas de fisonomías arbóreas al pastoreo extensivo sustentable (VALENZUELA, 2001). Sin embargo, en las últimas décadas, con el aumento de la rentabilidad de la actividad agropecuaria y su intensificación, se ha iniciado una acelerada actividad de desmontes sobre ambientes de vegetación nativa, espacios que luego han sido ocupados por cultivos o pasturas implantadas para la producción intensiva (CONTE, 2010). Esa actividad de cambio de uso de las tierras trajo aparejado un incremento de las tasas de desmonte en todos los ambientes sin considerar su valor a los fines de la conservación de los recursos naturales (ADAMOLI et al. 2008; SALUSSO, 2008).

Ante este nuevo panorama, el Congreso Nacional aprobó a finales de 2007 la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Esta ley fue reglamentada en febrero de 2009 y tiene entre sus objetivos centrales, promover la conservación mediante el Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos y regular la expansión de la frontera agropecuaria o de cualquier otro cambio en el uso del suelo (GOBIERNO DE LA NACION ARGENTINA, 2007). Esta Ley implementa las medidas necesarias para la regulación y control de la disminución de la superficie de los bosques nativos existentes. En este marco, los gobiernos provinciales fueron encargados de la zonificación de las áreas naturales según su prioridad para el manejo y la conservación desde el año 2008 (GOBIERNO DE ENTRE RÍOS, 2008).

En la Provincia de Entre Ríos, el principal instrumento es la zonificación las áreas naturales realizada en base a datos de

teledetección (SABATTINI, 2009). Esta zonificación, pendiente de aprobación, no se han instrumentado aún a nivel provincial y en base a esta serán propuestas metodologías de monitoreo del estado de conservación de los recursos en la región. Actualmente, se efectúan inspecciones a campo basadas en denuncias de vecinos pues aún no se han implementado, a nivel gubernamental, metodologías que permitan la detección, control y cuantificación estadística confiable del uso y cobertura de las tierras en el ámbito provincial (VÁZQUEZ, 2011).

El monitoreo de los cambios de uso y cobertura de las tierras es necesario para la adopción de política gubernamentales de manejo y conservación de los recursos. Para esto, el sistema de monitoreo debe abarcar amplias áreas y espacios de tiempo para lo que las imágenes satelitales son adecuadas (COPPIN e BAUER, 1996). El monitoreo puede basarse en el mapeo periódico y cruzamientos entre mapas, esta técnica es llamada de detección post-clasificación y puede ser lo más adecuada para grandes áreas (MAS, 1999). Sin embargo en regiones semiáridas a sub-húmedas la precisión de los mapas puede ser limitada (PRICE, 1992) y las metodologías post-clasificación propagan los errores de los mapas bases a los resultados, en estos casos puede obtenerse mayor costo-beneficio generando mapas específicos con pocas clases basados en la creación de sucesivas máscaras, principalmente si la frecuencia del seguimiento es anual o mayor (KHORRAM, 1999).

La adquisición de imágenes útiles para el monitoreo es irregular en la región mesopotámica argentina. Sobre todo, cuando consideramos que las fechas adecuadas para el monitoreo de las áreas de bosque corresponden al trimestre de la época seca, julio, agosto y septiembre (COPPIN et al. 2004). En este trimestre la disponibilidad mensual de imágenes alcanza valores bajos del 25%,

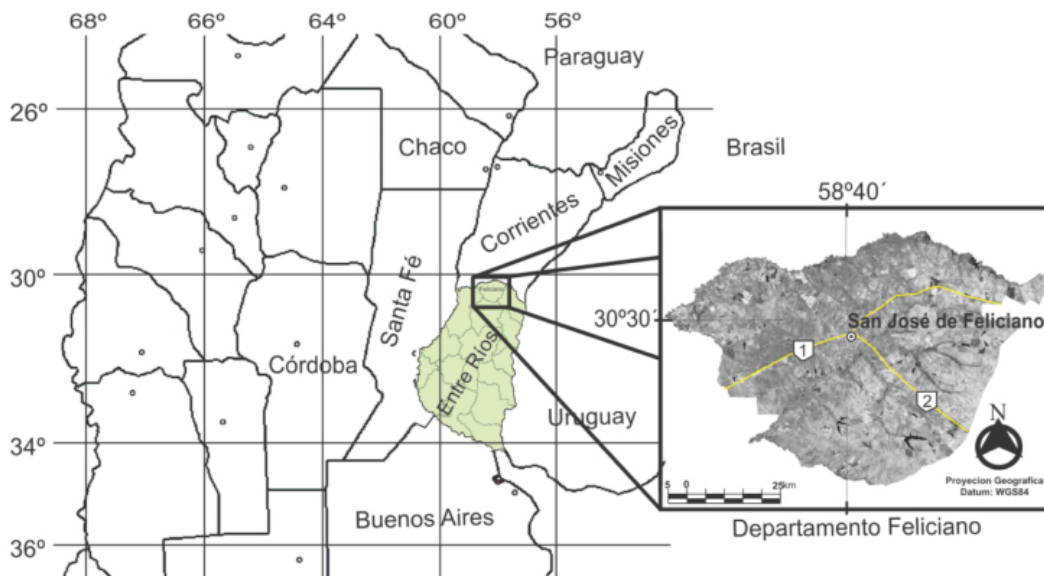
como consecuencias en algunos años no hay imágenes disponibles (MALDONADO, en prensa). Esta irregularidad en la disponibilidad de imágenes ópticas debe ser incorporada al diseño de un sistema operacional de detección y monitoreo.

En este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la aplicación de una metodología de detección y monitoreo multitemporal de los desmontes, resistente a la irregularidad de la adquisición de imágenes en la región del espinal.

### **Área de Estudio**

El área de estudio se limita a los 3143 km<sup>2</sup> del Departamento Feliciano, con centro a los 30° 20' latitud Sur 58° 40' longitud Oeste, al norte de la Provincia de Entre Ríos en la Región mesopotámica argentina (Figura 1).

La vegetación es la típica formación arbórea del Espinal entrerriano sometido a la actividad ganadera extensiva, este tipo fisonómico es también conocido como Bosque xerófito del Montiel, Provincia Fitogeográfica del Espinal (CABRERA, 1971). La precipitación media anual es de 1300 mm con temperaturas medias anuales de 19°C. Los suelos del Departamento son principalmente de los tipos Alfisoles, Vertisoles y en menor proporción Molisoles (PLAN MAPA DE SUELOS DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS, 1984). El relieve es suave ondulado y las principales características geomorfológicas de la región han sido formadas por el Arrollo Feliciano que corre por una llanura aluvial de contornos irregulares entre formaciones geológicas fracturadas. Son rasgos destacables los “bañados de altura”, áreas de avenamiento difícil de la alta cuenca del río Gualaguay y del arroyo Feliciano y las pequeñas lagunas con afluentes poco ramificados de algunos cientos



**Figura 1.** Localización del Área de estudio, Departamento Feliciano, Provincia de Entre Ríos, Argentina  
**Figure 1.** Location of Study area, Municipality of Feliciano, Entre Ríos Province, Argentine

metros de largo (IRIONDO et al., 1985). La actividad económica es principalmente la ganadería de bovinos y en menor medida caprinos, llegando aproximadamente a 300000 cabezas de ganado en el Departamento (MINISTERIO DE ECONOMIA, HACIENDA Y FINANZAS, 2012). En la figura 2 se muestra el aspecto invernal de los desmonte para implantación y mejora de pasturas.

En el área estudiada el uso del fuego es frecuente para la limpieza, lo que produce gran diferencia entre áreas desmontadas con estas prácticas con las áreas vecinas dejando indicadores claros de uso del fuego. Estos incendios pueden propagarse a áreas naturales vecinas sobre todo durante la época seca y el uso del fuego es prohibido por la legislación provincial (GOBIERNO DE ENTRE RÍOS, 2008).



**Figura 2.** Área de desmonte reciente, antes de la limpieza con fuego  
**Figure 2.** Area of recent forest clearing, before the fire application

## Material y Método

La cartografía usada como línea base, fue el Mapa de Bosques Naturales del Departamento Feliciano realizado para el año 2008, presentada en un Informe gubernamental (SABATTINI, 2009). Ese informe es considerado preliminar y en este trabajo fue utilizado solamente como cartografía de apoyo para procesamiento y verificación en terreno. Las imágenes satelitales utilizadas fueron Landsat TM 226/081 de tres fechas: 8/08/2009, 15/12/2010 y 06/04/2011. El software usado fue Quantum GIS 1.6 versión Copiapó y GRASS 6.4.1.

En la primera fase de la metodología se definió al área de trabajo en las imágenes, utilizando como máscara el mapeo de Bosques Naturales para el año 2008, para esto se eliminaron las áreas de “No bosque”. En el área de la imagen correspondiente al Bosque nativo se aplicó una metodología que utiliza tres imágenes corregistradas con precisión menor a 1/3 de un píxel, mínima precisión necesaria para una adecuada aplicación de las técnicas de detección de cambios, esto puede ser alcanzado utilizando un sistema de coordenadas planas (MALDONADO et al., 2012).

Posteriormente sobre las tres imágenes fue aplicada par a par, una técnica de detección de cambios para obtener Bandas multitemporales cuya radiometría expresa la intensidad del cambio entre cada par de fechas. Esta banda de intensidad del cambio fue obtenida por “Rotación radiométrica Controlada por Eje de No cambio - RCEN” (SANTOS et al., 2005). Para esto se buscan dos puntos de “No cambio” entre cada par de fechas. Estos puntos de “no cambio” en las dos fechas, fueron usados para encontrar el ángulo de inclinación del eje de “no

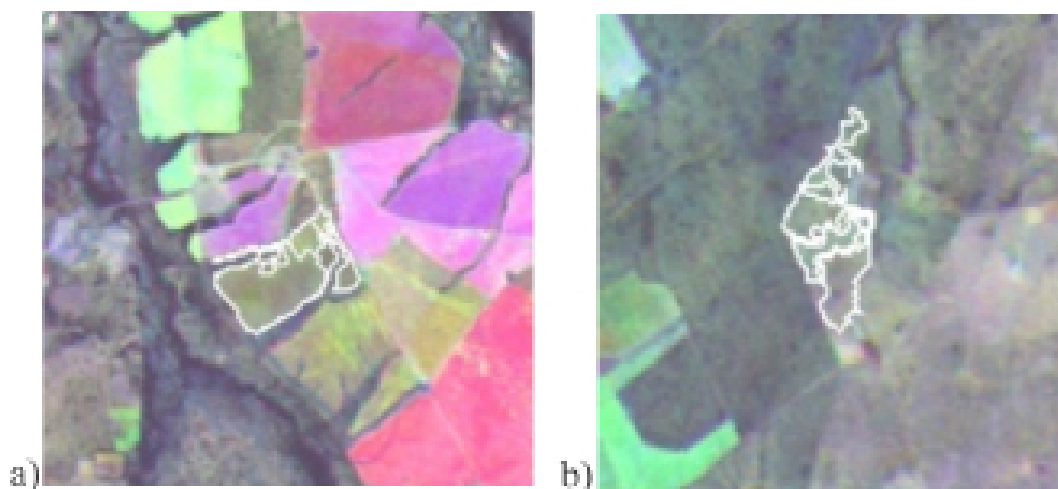
cambio” o ángulo  $\theta$  (MALDONADO et al., 2007). Ese es el parámetro principal para la transformación, como se observa en la fórmula siguiente (ecuación 1):

$$\text{Banda Intensidad} = K_2 * \text{Fecha}_2 - K_1 * \text{Fecha}_1 \quad (1)$$

Siendo Fecha\_2 la imagen de la segunda fecha y Fecha\_1 la imagen de la primera fecha,  $K_2 = \cos(\theta)$  y  $K_1 = \text{seno}(\theta)$ , la ecuación es similar a una simple diferencia entre bandas y produce valores positivos y negativos, por lo que se suma el mínimo global, para obtener una banda con todos los valores positivos.

Esa banda intensidad del cambio fue incorporada a un paquete de bandas espectrales de la imagen de la segunda fecha, obteniendo así un paquete para cada fecha, formado por 4 bandas, tres espectrales: TM3, TM4, TM5 y una de “Intensidad del cambio”. Sobre este paquete de Bandas se aplicó una técnica de “Segmentación de imágenes por crecimiento de regiones” con semillado manual (ADAMS; BISCHOF, 1994; CHANG; LI, 1994; VALENZUELA et al., 2008).

El semillado fue basado en la interpretación visual de formas y texturas en las imágenes coloridas, además la interpretación de asociaciones (FERANEC, 1999). El semillado manual permitió diferenciar entre áreas desmontadas y áreas degradadas por uso ganadero, para no incluirlas en las clases de desmonte. Esta diferenciación se produce cuando, para completar un polígono regular observado se necesitan varias semillas (Figura 3b) lo que indica que en el área, la cobertura es todavía heterogénea y puede considerarse todavía área natural teniendo en cuenta las asociaciones con áreas vecinas o con otros desmontes.



**Figura 3.** Aplicación de la técnica segmentación por crecimiento de regiones con semillado manual. Polígono desmontado en (a); polígono degradado por sobre pastoreo en (b).

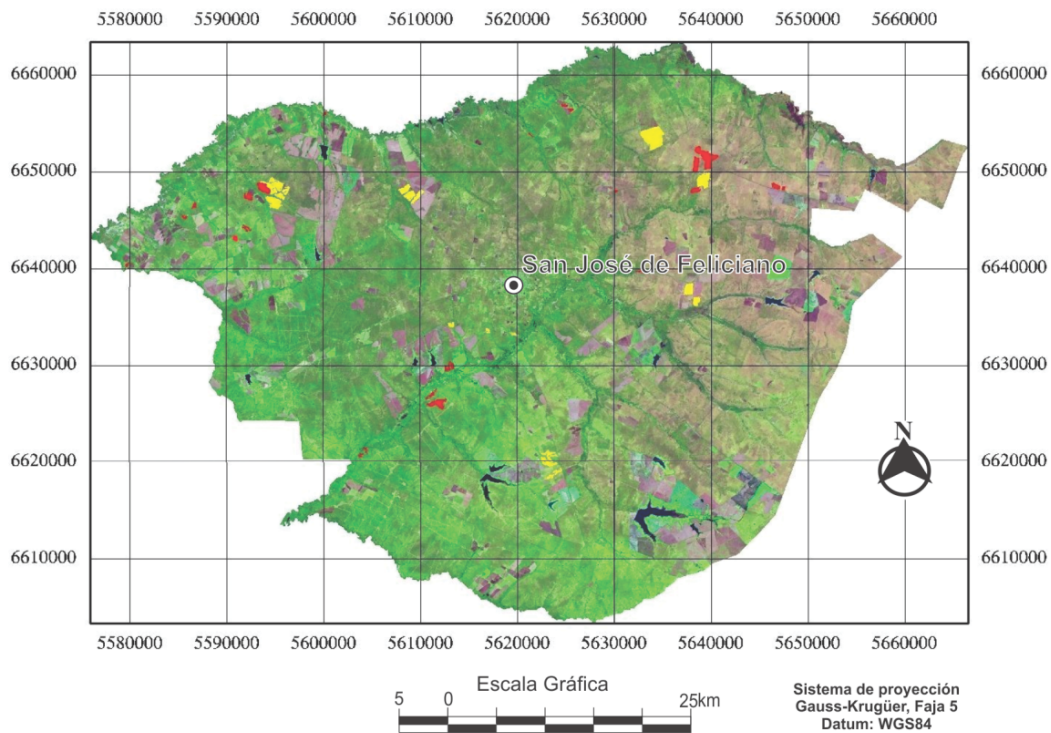
**Figure 3.** Application of the segmentation technique by region growing using manual seeding. Polygon of forest clearance (a); Polygon of degradation by cattle (b).

Finalmente se realizó el agrupamiento temático basado en la interpretación visual de las texturas y formas para determinar el período y la intensidad en que se produjo el cambio en cada polígono, agrupándolos en la clase de desmonte correspondiente. En la figura 3a se observa un cambio intenso y contrastante en un entorno de áreas previamente desmontadas que necesito 2 semillas para completarlo. En la figura 3b se observa un polígono heterogéneo en un entorno natural, el que necesitó 5 semillas para completarlo. Con el mapa resultado fue generado un informe enviado a la Dirección de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Gobierno provincial, para que tomara los recaudos correspondientes.

## Resultados y Discusión

En la figura 4 se presentan los resultados de la aplicación de la técnica sobre la imagen de la última fecha utilizada, 6 de Abril del 2011.

En la imagen de la figura 4 se observa que el municipio presenta dos áreas diferentes con ocupación agrícola. El extremo noroeste presenta ocupación agrícola dentro de áreas de bosque natural con mayor cobertura arbórea y en el sector noreste la ocupación agrícola aparece sobre áreas de menor cobertura y suelos de menor fertilidad. Los polígonos que representan los cambios corresponden en amarillo a desmontes entre Agosto de 2009 y Diciembre de 2010, y los polígonos en rojo a desmontes entre Diciembre de 2010 e Abril de 2011. En la figura 3 se observa en el Noroeste del municipio un área continua en amarillo y rojo, correspondiente a un parche de bosque nativo desmontado en los dos períodos, para expansión de la superficie agrícola. Los polígonos mayores de desmonte se observan al norte del Departamento, próximos al límite con la Provincia de Corrientes. Algunos de estos polígonos están asociados a nuevas represas para riego de áreas cultivadas y a expansión de áreas agrícolas ya en explotación. Al sur



**Figura 4.** Superposición de las áreas desmontadas (polígonos amarillos y rojos) sobre la imagen de Abril de 2011. En rojo desmontes 2011 y en amarillo 2010.

**Figure 4.** Forest clearing areas (yellow and red polygons) overlaid with the image of April 2011. Clear-cuts of 2011 in red and clear-cuts of 2010 in yellows.

se observan polígonos menores asociados a represas para expansión de áreas de arroz irrigado. En la porción centra, al noroeste de la ciudad de San José de Feliciano se observan polígonos agrupados de colores amarillos y rojos correspondientes a desmontes en ambos períodos. Los mismos son de 150ha y 430 ha respectivamente, sumando este conjunto 580ha, parte desmontadas antes de Diciembre del 2010 (amarillo en figura 4) y entre Diciembre 2010 y Abril del 2011 (rojo en la Figura 4). En la porción central, a distantes 30 km al Norte-noreste de esta ciudad hay un polígono regular en amarillo de 250 ha. A unos 10 km hacia el este de este conjunto se observan 250 ha desmontadas en las fechas entre Agosto 2009 y Diciembre de

2010. Al Norte de San José de Feliciano, a 20 km aproximadamente, fue detectado un conjunto de 520 ha desmontadas entre Abril de 2009 y Diciembre de 2010, agrupado con otras 520ha desmontadas entre Diciembre de 2010 y Abril de 2011. En total fueron detectados 1680 ha desmontadas entre Agosto de 2009 y Diciembre de 2010 y 1140 ha desmontadas entre Diciembre de 2010 y Abril de 2011.

## Conclusiones

La segmentación de imágenes con bandas de intensidad del cambio con semillado manual obtuvo buenos resultados, corroborado por la fiscalización. Se observó

omisión cuando las fechas de los desmonte fueron próximas a las fechas de las imágenes usadas para la detección, lo que puede ocasionar que algunos desmontes aparezcan solamente en las imágenes del periodo de detección siguiente. Generalmente, el desmonte es detectado inmediatamente cuando es seguido de la limpieza del terreno, sin embargo algunas prácticas retardan la detección hasta que las modificaciones en la humedad, restos vegetales y materia orgánica de la superficie del suelo son apreciables radiométricamente.

La segmentación con sembrado manual permitió la asignación de la etiqueta de polígonos no desmontados cuya identidad es confusa. Esas áreas presentan bordes regulares marcados similares a los polígonos desmontados, sin embargo esas alineaciones se producen por contraste de alambrados entre áreas cercadas con

diferentes cargas animales. En esas áreas el número de semillas usadas para completar un polígono, por crecimiento de regiones, resulto muy útil como un guía para la asignación de la identidad del polígono entre desmonte o degradación, estas iteraciones ya fueron considerada por otros autores (WOODCOCK; HARDWARD, 1992). De este modo, se recomienda estudiar la relación entre el número de semillas y las formas producidas por cada semilla para orientar las etiquetas de las observaciones en áreas de bosque natural bajo uso ganadero.

## Agradecimientos

Proyectos PIDP/UADER, ACTIER. Proyecto BID2180/OC AR PICT-2008 Agencia. Dirección de Ambiente del Gobierno de la Provincia de Entre Ríos. A los revisores anónimos de Ambiência.

## Referencias

ADAMOLI, J.; SOLBRIG, O. T. Agro y Ambiente: una agenda compartida para el desarrollo sustentable. Cap. 6. En: **El aporte de la agroindustria hacia un progreso sostenible**. Buenos Aires: Foro de la Cadena Agroindustrial Argentina. 2008. Disponible: <<http://www.foroagroindustrial.org.ar/pdf/cap6.pdf>> Acceso: 7 Agosto 2012

ADAMS, R.; BISCHOF, L. Seeded Region Growing. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v.16, n.6, p.641-647, 1994.

CABRERA, A. L. Fitogeografía de la República Argentina. **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, v.14, p.1-42, 1971.

CHANG, Y. L.; LI, X. Adaptive Image Region-Growing. **IEEE Trans. on Image Processing**, v.3, n.6, p.868-872, 1994.

CONTE, A. S.; ETCHEPAREBORDA, M.; MARINO, M.; ROVERE, F. V. **Oleaginización de la agricultura argentina**. 2010. Disponible: <[http://www.laargentinaenmapas.com.ar/caste/docu/oleaginizacion\\_de\\_la\\_agricultura\\_argentina.pdf](http://www.laargentinaenmapas.com.ar/caste/docu/oleaginizacion_de_la_agricultura_argentina.pdf)>. Acceso: 7 Agosto 2012.



COPPIN, P. R.; BAUER, M. E. Digital change detection in forest ecosystems with remote sensing imagery. **Remote Sensing Reviews**, v.13, n.2, p.207-234, 1996.

COPPIN, P. R.; JONCKHEERE, I.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; LAMBIN, E. Review Article: Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. **International Journal of Remote Sensing**. v.25, n.9, p.1565-1596, 2004.

FERANEC, J. Interpretation element "association": analysis and definition. **JAG**, v. 1, n. 1, p. 64-67, 1999.

GOBIERNO DE ENTRE RÍOS. Ley nº 9868 de Manejo y Prevención del Fuego en área rurales y forestales. **Boletín Oficial**, 30 de Octubre 2008. Disponible: <[www.entrerios.gov.ar/ambiente/Plan Provincial fuego2009/Ley\\_y\\_decreto/Decreto\\_3186.pdf](http://www.entrerios.gov.ar/ambiente/Plan_Provincial_fuego2009/Ley_y_decreto/Decreto_3186.pdf)>. Acceso: 8 Agosto 2012.

GOBIERNO DE LA NACION ARGENTINA. Ley nº 26331 de Presupuestos Mínimos de protección ambiental de los Bosques Nativos. n.31595. Buenos Aires: **Boletín Oficial de la República Argentina**, 2007.

IRIONDO, M. H.; TARDIVO, R. N.; CERUTI, C. N. Geomorfología y Cuaternario del tramo inferior del Arrollo Feliciano. **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v.16, n.2, p. 149-156, 1985.

KHORRAM, S.; BIGING, G. S.; CHRISMAN, N. R.; COLBY, D. R.; CONGALTON, R. G.; DOBSON, J. E.; FERGUSON, R. L.; GOODCHILD, M. E.; JENSEN, J. R.; MACE, T. H. **Accuracy Assessment of Remote Sensing-Derived Change Detection**. Monograph Series. Maryland: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. 1999. 65p.

MINISTERIO DE ECONOMIA, HACIENDA Y FINANZAS. **Informe Provincia de Entre Ríos**. Disponible en: <<http://www.entrerios.gov.ar/minecon/InformeEconomicoProvinciadeEntreRios.pdf>>. Acceso: 9 Agosto 2012.

MALDONADO, F. D.; SANTOS, J. R.; GRAÇA, P. M. L. Change detection technique based on the radiometric rotation controlled by no-change axis, applied on a semi-arid landscape. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 8, p. 1789-1804, 2007.

MALDONADO, F. D.; SIONE, W. F.; TENTOR, F. Posibilidades para el mapeo de la Provincia de Entre Ríos usando la extensión de la faja Gauss-Krüger. **Scientia Interfluvius**, v.3, n.1, p.10-23, 2012.

MALDONADO, F. D. et al. Disponibilidad espacio-temporal de imágenes satelitales libres de nubes para el centro y norte de la República Argentina. **Scientia Interfluvius** (En prensa).

MAS, J. F. Monitorig land change: a comparison of change detection techniques. **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, n. 1, p. 139-152, 1999.

PLAN MAPA DE SUELOS DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS. Suelos y erosión de la Provincia de Entre Ríos. **Serie Relevamiento de Recursos Naturales I. TOMO 1.** Paraná: INTA. 1984. 109p.

PRICE, K. P.; PYKE, D. A.; MENDES, L. Shrub dieback in a semiarid ecosystem : The Integration of Remote Sensing and GIS for Detecting Vegetation Change. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.58, n.4, p.455-463, 1992.

SABATTINI, R. A. **Informe 3.** Zonificación de los bosques nativos en el Departamento Feliciano (Entre Ríos) según las categorías de conservación. FCA UNER y la Dirección General de Recursos Naturales de la Secretaría de la Producción del Gobierno de Entre Ríos. Ouro Verde: FCA. 2009. 20p.

SALUSSO, M. E. **Regulación Ambiental:** Los bosques nativos una visión económica. Buenos Aires: Universidad de Belgrano, 2008. 92p.

SANTOS, J. R.; MALDONADO, F. D.; PASTOR, C. Q.; MANSO, A. F. Radiometric rotation technique to monitor degradation and regeneration features in Brazilian semi-arid region. In: INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM-IGARSS'05, Seoul, Korea, **Anais...** 25-29 Jul., 2005. CD-ROM.

VALUENZUELA, C. O. La producción agropecuaria en el Nordeste subtropical argentino. Condicionantes y dinámica geográfica en la segunda mitad del Siglo XX. **Estudios Geográficos**, v.62, n.242, 2001.

VALENZUELA, J. G.; FRAU, C. M.; ROJAS, Y. O.; HERNÁNDEZ, Y. M. Detección y cuantificación de área quemada por incendios forestales utilizando geomática. **Ambiência**, v.4, Ed. Especial, p.107-122, 2008.

VÁZQUEZ, A. **Unidad de Gestión Ambiental Río Paraná.** Secretaría de Ambiente. Gobierno de Entre Ríos. Com. Pers. 2011.

WOODCOCK, C. E.; HARDWARD, J. Nested-hierarchical scene models and image segmentation. **International Journal of Remote Sensing**, v.13, n.16, p.3167-3187, 1992.