



## REVISTA UD Y LA GEOMÁTICA

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/UDGeo/index>

DOI:<http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.udgeo.2014.8.a05>



INVESTIGACIÓN

## Mapa de cobertura de suelo para el Complejo Fluvio/Litoral del río Paraná (CFLRP) con herramientas de geomática

### Land Cover Map of the Fluvial/Littoral Parana River Complex (FLPRC) Using Gematic Tools

*Pablo G. Aceñolaza<sup>a</sup>, Pamela Zamboni<sup>b</sup>, F. Tentor<sup>c</sup>, Fabio Kalesnik<sup>d</sup>, Estela E. Rodríguez, Walter F. Sione, Cristina Serafini*

Citation / Aceñolaza P.G., Zamboni P., Tentor F., Kalesnik F., Rodríguez E.E., Sione W. & Serafini C. (2014). Mapa de cobertura de suelo para el Complejo Fluvio/Litoral del río Paraná (CFLRP) con herramientas de geomática. UD y la Geomática, (8), pp. 39 – 44.

**Fecha de recepción:** 30 de septiembre de 2014 / **Fecha de aceptación:** 02 de diciembre de 2014

## RESUMEN

El Complejo Fluvio/Litoral del río Paraná (CFLRP) es un humedal que posee características de sistemas ambientales complejos y heterogéneos, las cuales están dadas por la acción conjunta de procesos hidrológicos, geomorfológicos, biológicos y de origen antrópico asociados con el uso del suelo y la gestión del territorio. En el caso de los procesos de origen antrópico, se ha observado que las principales actividades económicas en el CFLRP se han centrado en los últimos años en la ganadería de isla y la forestación de salicáceas, si bien se pueden nombrar otras actividades como la urbanización, la pesca, la apicultura, el transporte fluvial, etc. Estas actividades han amenazado al CFLRP, ante lo cual se han realizado algunos esfuerzos de conservación que han conducido a la declaración de una parte de la región como área natural protegida. En este escenario, la cartografía de la cobertura y especialmente las cubiertas vegetales son un insumo básico para los planes de gestión territorial. Los datos de teledetección constituyen una base importante para la cartografía y seguimiento de cubiertas y permiten lograr mapas precisos y a escalas adecuadas.

## ABSTRACT

Fluvio/Littoral Parana River complex (FLPRC) is a major wetland that has the characteristics of complex and heterogeneous environmental systems, which are given by the joint action of hydrological, geomorphological, biological and anthropogenic processes associated to land use practices. In the case of anthropogenic processes, it has been observed that the main economic activities have been focused, in recent years, on livestock farming and Salicaceae forestation, and other activities such as fishing, beekeeping, river transport, and recently urbanization. These activities have threatened the FLPRC, where some conservation efforts have been done, and led to the creation of some protected areas. In this context, land cover cartography is a basic input for land management plans. Remote sensing data are an important base for mapping and monitoring of land cover and allow achieving accurate maps.

With this in mind, the present work was proposed to generate a map of land cover for CFLRP by using data from Landsat 8 OLI sensor, which serve as methodological proposal for generating cartography that can be used by those responsible

<sup>a</sup>CICyTTP. Centro de Investigación Científica y Transferencia de la Tecnología de la Producción (CONICET). Materi y España, Diamante (CP 3105), Entre Ríos, Argentina. [acenolaza@gmail.com](mailto:acenolaza@gmail.com), [estela.r82@gmail.com](mailto:estela.r82@gmail.com)

<sup>b</sup>CeReGeo. Centro Regional de Geomática. Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER). Materi y España Diamante (CP 3105), Entre Ríos, Argentina. [pamelazamboni@gmail.com](mailto:pamelazamboni@gmail.com)

<sup>c</sup>Dep. Cs. Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires (UBA), Núñez (1428), CABA. [fabiokales@gmail.com](mailto:fabiokales@gmail.com)

<sup>d</sup>PRODITEL. Universidad Nacional de Luján. Int. Rutas Nacionales 5 y 7. (6700). Luján, Argentina. [wsione@gmail.com](mailto:wsione@gmail.com)

Teniendo lo anterior en cuenta, el presente trabajo se propuso generar un mapa de cobertura de suelo para el CFLRP mediante el uso de datos del sensor Landsat 8 OLI que sirva como propuesta metodológica para la generación de cartografía que puedan emplear los responsables de la gestión del territorio. Se descargó la escena 227-82 del servidor EarthExplorer (USGS, NASA, 2013). Como ventana temporal se utilizaron fechas representativas contrastantes en la región: primavera (período de aguas bajas) y otoño (período de aguas altas). De esta forma se incluyó la variabilidad temporal propia del área de estudio. Con el software e-Cognition (Trimble, 2000) se segmentó un compuesto multitemporal de 12 bandas (primavera y otoño). Se usaron como criterios un factor de escala de 100, de color de 0.9 y de forma de 0.1, a partir de lo cual se obtuvo un vectorial de polígonos de clases. Por otra parte, se realizó una clasificación no supervisada con el clasificador KMEAN (Técnica de Análisis de Auto-Organización Iterativa de Datos), empleando como parámetros 60 clases y 10 iteraciones. El mapa raster resultante se integró al vectorial producto de la segmentación a fin de obtener estadísticas (moda y diversidad) sobre el comportamiento de los píxeles en cada polígono. Finalmente, en la interpretación de los resultados, se le asignó la clase al polígono a partir de la moda e información de terreno. Se discriminaron 11 clases de cobertura, algunas de las cuales se asociaron con las características fisiológicas de la vegetación (fisonomías arbóreas, arbustivas, herbáceas de gran porte y herbáceas de baja altura). Otras de las clases de cobertura identificadas fueron agua, suelo, áreas urbanas, entre otras.

**Palabras clave:** humedales, clasificación de imágenes, segmentación, delta del río Paraná.

## 1. Introducción

De acuerdo con Brown *et al.* (2014):

El uso del suelo y su cobertura juegan un rol crítico en la interacción entre la tierra y la atmósfera, influyendo en el clima a escala local, regional y global. Su uso y cambios temporales afectan las condiciones económicas, sociales y biofísicas. Algunos de estos cambios son impulsados por quienes trabajan la tierra y pueden ser cuantificados por mediciones de datos satelitales, fotografías aéreas, observaciones de terreno, así como a través de reportes de propietarios de las tierras y de quienes las manejan (p.19).

La aplicación de herramientas geomáticas al estudio de la cobertura del suelo ha demostrado su utilidad para la gestión del territorio. En particular, las imágenes de la serie Landsat han sido ampliamente utilizadas para este fin (Woodcock, Macomber, Pax-Lenney & Cohen, 2001).

Según estudios (Zamboni *et al.*, 2014, p.180): “la cobertura del suelo ha sido estudiada previamente median-

of land management. 227-82 scene images of EarthExplorer server (USGS, NASA, 2013) were downloaded. Two temporal windows representing contrasting dates were used: spring (low water period) and autumn (high water period). Thus, the temporal variability of the study area was included. With e-Cognition software (Trimble, 2000), a segmentation of a multi-temporal product of 12 bands (spring and fall) was done. The result was a feature class. Furthermore, an unsupervised classification with KMEAN classifier using as parameters 60 classes and 10 iterations was performed. The resulting raster map was joined to the segmentation product to obtain statistics on the behavior of the pixels in each feature class. Finally, in the interpretation of the results, a class assignment was made to the feature class based on mode and field data. 11 land cover classes were discriminated, some of which were associated with the physiognomic characteristics of the vegetation (tree, shrubs, grass physiognomies). Other land cover classes were water, land, urban areas, among others.

**Keywords:** wetlands, image classification, segmentation, Parana River Delta.

te el uso de imágenes del Sensor Landsat (TM, ETM) para algunas áreas de la región [el Complejo Fluvio/Litoral del río Paraná (CFLRP)]”. La serie de datos Landsat provee imágenes desde hace más de 40 años a través de sus diferentes sensores, que incluyen el sensor Landsat 8 OLI, lanzado en febrero de 2013. Las imágenes del sensor Landsat 8 OLI están disponibles para el CFLRP desde mayo de 2013 y, a julio de 2014, se cuenta con aproximadamente el 50% (10) de las escenas libres de nubes. La nueva misión Landsat (8 OLI) se desarrolló tomando en cuenta que la serie de datos Landsat ha sido consistente en el tiempo y que se han “mejorado las tecnologías de los sensores, los satélites, la transmisión, recepción, procesamiento y distribución de los datos” (Roy *et al.*, 2014, p.156). El sensor Landsat 8 OLI mantiene la resolución espectral del Landsat 7 (ETM+), además de integrar bandas en el rango del azul (0.43–0.45  $\mu m$ ) con el objetivo de mejorar la sensibilidad a la clorofila y otros materiales en suspensión en las zonas costeras y para contrarrestar los efectos de los aerosoles atmosféricos; también mantiene una banda en el infrarrojo (1.36–1.39  $\mu m$ ) para la detección de nubes. Las bandas restantes se corresponden espectralmente con las del ETM+. Estas características, sumadas a otras más, incorporan avances

técnicos en el Landsat 8 OLI que mejoran su *performance* con respecto a los demás sensores de la serie, incluyendo la corrección geométrica, la resolución radiométrica y la reducción de ruido en la señal (Irons, Dwyer & Barsi, 2012, p.20).

La clasificación de imágenes a partir de imágenes Landsat es una de las técnicas de procesamiento más ampliamente utilizadas para aplicaciones como el modelado del Carbono, cambios en el uso de la tierra, manejo de bosques y estimaciones en cultivos (Song *et al.*, 2001; Zhu, Woodcock, Rogan & Kellndorfer, 2012). Otra de las técnicas que ha demostrado su utilidad es la segmentación de imágenes (Zamboni *et al.*, 2014, p.186). Como resultado de la aplicación de estas técnicas, se obtienen mapas de clases de cobertura de suelo basados en la clasificación de las imágenes y en un archivo de texto con los parámetros de la segmentación. La cartografía de la cobertura y especialmente las cubiertas vegetales son, en este sentido, un insumo básico para los planes de gestión territorial.

En el caso concreto del CFLRP, procesos de origen antrópico, centrados principalmente en la ganadería de isla y la forestación de salicáceas, se han constituido en una amenaza para la flora nativa que predomina allí, lo cual requiere de un plan de gestión del territorio. Debido a esto, el trabajo reportado aquí se propone una metodología para la generación de cartografía que puedan emplear los responsables de la gestión del territorio. Asimismo se genera un mapa actualizado de cobertura de suelo para este sector mediante el uso de datos del sensor Landsat 8 OLI.

## 2. Características del área de estudio

El Complejo Fluvio/Litoral del río Paraná (CFLRP) es un humedal que posee características de sistemas ambientales complejos y heterogéneos, las cuales están dadas por la acción conjunta de procesos hidrológicos, geomorfológicos, biológicos y antropogénicos asociados con el uso del suelo y la gestión del territorio. La inundación, como evento temporal, es considerada como la mayor condicionante ecológica del sistema (Neiff, 1997). Contribuciones previas de Malvárez (1999), Kandus, Malvárez & Madanes (2003), Iriondo (2007), Zamboni & Aceñolaza (2004, 2005), C. Bó (2006), Pratolongo, Kandus & Brinson (2008), Vicari, Kandus, Pratolongo & Burghi (2006), Iriondo *et al.*, (2007), Drago (2007), Aceñolaza *et al.*, (2004, 2005, 2006, 2007, 2008 a,b), Rodríguez, Aceñolaza, Muñoz & Marchetti (2007), Franceschi, Torres & Lewis (2010) y Kalesnik (2013) generan delimitaciones geomorfológico/ambientales, tanto internas del área de estudio, como también en relación con el contexto regional.

La actividad económica más extendida a escala regional es la ganadería de isla; se pueden nombrar otras como la pesca, la apicultura, el transporte fluvial, la remoción de áridos y, de manera puntual y más reciente, la urbanización

(Kalesnik, 2010, p.12). Debido a que estas actividades económicas han afectado negativamente la integridad del ecosistema a distintas escalas, se han realizado esfuerzos de conservación, cuyos resultados son la creación de áreas naturales protegidas: los Parques Nacionales Predelta e Islas de Santa Fe, la Reserva Natural Otamendi, la Reserva de Biosfera Delta del Paraná y un futuro sitio RAMSAR. La zona de estudio del presente trabajo incluye estas áreas. Todas estas reservas, antes de ser declaradas como tales, poseían uso antrópico (fundamentalmente ganadería, caza, pesca y manejo del fuego asociado a la ganadería) sin una regulación estricta por parte del Estado. Con la instauración de estas reservas naturales, tales actividades económicas fueron modificadas (o suprimidas en algunos casos), con lo que cambió el uso y la cobertura del suelo. En especial la exclusión del ganado para algunos sitios ha generado cambios en la estructura de la vegetación, la biomasa y la carga combustible.

En este contexto, se estableció como objetivo proponer y validar una metodología de clasificación de coberturas de suelo para un área marcada por los pulsos de inundación y los cambios de uso de suelo.

## 3. Metodología

Se descargaron imágenes Landsat 8 OLI (*path* 227 – *row* 82), del servidor EarthExplorer (USGS, NASA, 2013). La adquisición de datos Landsat 8 se realiza en un ancho de escena de 185 km × 180 km definido según el sistema de referencia mundial “WRS-2” y por las coordenadas de longitudes y latitudes usadas en los restantes satélites de la serie Landsat (Kovalskyy & Roy, 2013) (nivel L1T), que incluyen calibración radiométrica, corrección geométrica y una corrección asistida por puntos control (Roy *et al.*, 2014, p.157). Se descargaron las 11 bandas que componen cada escena.

Dadas las características del área y la disponibilidad de imágenes, se consideró la altura del río como variable de interés y se definió como ventana temporal dos fechas representativas de contrastantes en la región: primavera (30/12/2013, representando el período de aguas bajas) y otoño (21/06/2013, representando el período de aguas altas) (Zamboni *et al.*, 2014, p.185). Esta escena presentó menos del 10% de nubes en ambas fechas descargadas, por lo que se la consideró apropiada para su utilización.

Con el software e-Cognition (licencia de la Universidad Nacional de Luján) se hizo una segmentación de un compuesto multitemporal de 12 bandas (primavera y otoño). Se emplearon como criterios un factor de escala de 100, de color de 0.9 y de forma de 0.1. Como resultado se obtuvo un vectorial de polígonos de clases.

Por otra parte, se realizó una clasificación no supervisada empleando el clasificador KMeans, usando como parámetros 60 clases y 10 iteraciones. El mapa raster resul-

tante se integró al vectorial producto de la segmentación a fin de obtener estadísticas (moda, diversidad y frecuencia de diversidad) sobre el comportamiento de los píxeles en cada polígono. Luego, en la interpretación de los resultados, se realizó una asignación de la clase al polígono sobre la base de la moda y la información de terreno. Finalmente, se llevó a cabo la validación empleando 100 puntos de GPS en terreno (puntos de control). La figura 1 presenta el esquema metodológico seguido.

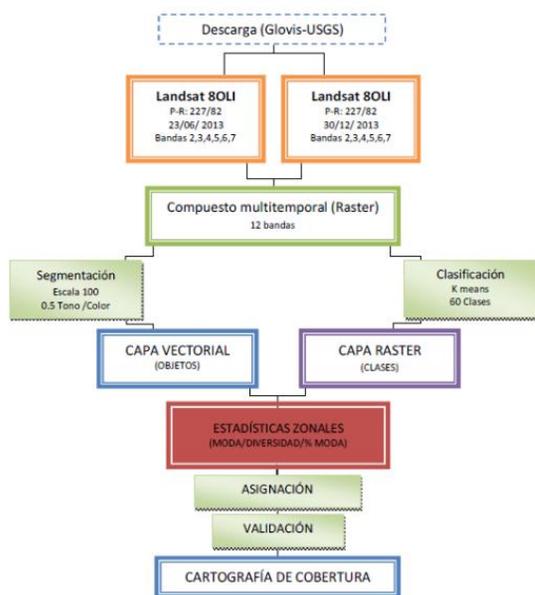


Figura 1. Esquema metodológico del estudio.

#### 4. Resultados

La figura 2 muestra la cartografía obtenida luego de aplicar la metodología propuesta en la figura 1.

En la zona de estudio se discriminaron 11 clases de cobertura (figura 2), algunas de las cuales se asocian con las características fisonómicas de la vegetación (fisonomías arbóreas, arbustivas, herbáceas de gran porte y herbáceas de baja altura). Entre las clases con fisonomías arbóreas se identificaron bosques fluviales nativos, distribuidos en zonas cercanas a los cursos de agua y mayormente representados en la porción noroeste del área de estudio, y bosques implantados correspondientes a plantaciones forestales de salicáceas, ubicadas mayormente en la porción sur y cercana al Delta del área de estudio. Las clases arbustivas corresponden a diversas comunidades vegetales entre las que se pueden mencionar los varillares (*Solanum glaucophyllum*) y sesbaniales (*Sesbania punicea*), con escasa representación espacial y ubicadas en zonas de elevación topográfica intermedia. Las fisonomías herbáceas se diferenciaron en pajonales/totorales (*Panicum* spp., *Thypha*

*latifolia*) ubicados en las medias lomas; pastizales de alta cobertura representados por praderas de herbáceas gramíneas bajas y latifoliadas, entre las que se destaca la comunidad dominada por *Polygonum* spp. que cubre regiones extensas en zonas bajas y bordes de lagunas temporales. Sobre estas áreas cercanas a laguna y de alta recurrencia de inundación, aparecen otras especies importantes como *Ludwigia* spp. y *Alternanthera philoxeroides*. En las zonas saturadas, y como vegetación acuática (figura 2, clase 2), se identificaron camalotales (*Eichhornia* spp.), donde es frecuente encontrar *Azolla caroliniana*, *Ludwigia peploides* y *Salvinia* spp., como especies acompañantes. Algunas de las clases identificadas en la presente contribución han sido descritas con mayor detalle en aportes previos (Aceñolaza et al., 2008 a; Zamboni et al., 2014). Ambos estudios coinciden en la conveniencia de clasificar la cobertura con base en criterios fisonómicos por sobre los aspectos florísticos, ya que estos últimos no reflejan diferencias propias de cada clase (las especies no se presentan de forma exclusiva en una u otra clase).

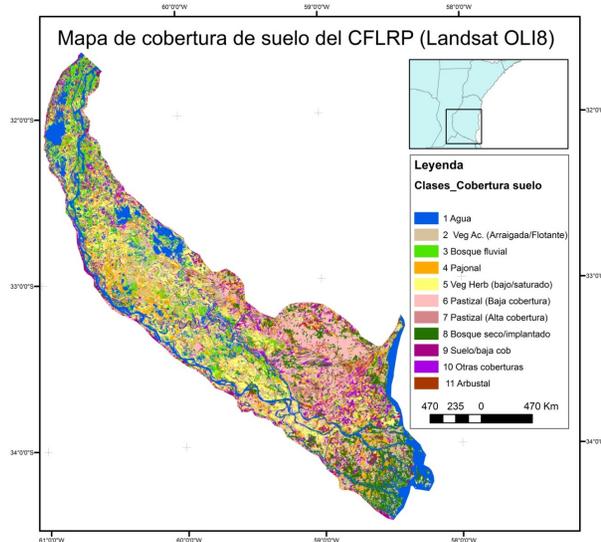


Figura 2. Cartografía de cobertura del suelo generada para el CFLRP a partir de la integración de imágenes del sensor Landsat 8 OLI, obtenida de la segmentación y clasificación de un compuesto multitemporal de junio/diciembre de 2013.

Otras clases de cobertura identificadas fueron agua, suelo, áreas urbanas, entre otras.

La validación de terreno se realizó mediante el empleo de puntos de control para el conjunto de clases. La confianza global de la clasificación fue del 78%, mientras que la de cada una de las clases, de forma individual, fue superior al 60% (tabla 1).

**Tabla 1.** Validación de las clases (objetos) mediante puntos de control (puntos de terreno GPS).

CLASES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
1	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
2	0	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10
3	0	1	4	0	1	0	0	0	0	0	0	6
4	0	0	3	10	2	0	0	0	0	0	1	16
5	0	2	1	1	13	0	0	0	0	0	0	17
6	0	1	0	0	0	9	0	0	0	0	0	10
7	0	1	0	0	1	0	4	0	0	0	0	6
8	0	0	1	0	0	0	0	7	0	0	1	9
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
10	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	6
Total	16	14	9	12	18	10	5	7	1	0	8	78

## 5. Conclusiones

El estudio reportado aquí permite concluir que es posible utilizar imágenes de mediana resolución, como las provistas por la base de datos Landsat 8 OLI, para la cartografía de coberturas de suelo en un ambiente de alta heterogeneidad espacial y temporal como lo es el Complejo Fluvio/Litoral del río Paraná.

Los resultados cartográficos obtenidos, así como la matriz de confiabilidad de la clasificación (tabla 1) soportan estas afirmaciones, por lo que es posible concluir que: (a) las imágenes Landsat 8 OLI permiten discriminar clases de cobertura con base en criterios principalmente fisonómicos, por encima de los florísticos; (b) es necesario considerar en los compuestos la temporalidad, debido fundamentalmente a cambios en las condiciones hidrológicas.

Se ha desarrollado una metodología cartográfica válida, que permite la identificación y análisis de las coberturas de suelo del CFLRP. La leyenda generada puede considerarse la base sobre la cual desarrollar una estructura de leyendas jerárquicas empleando imágenes de mediana y alta resolución espacial.

## Referencias

- Aceñolaza, P., Povedano, H., Manzano, A., Muñoz, J., Areta, J. & Ronchi, A. (2004). Biodiversidad del Parque Nacional Pre-Delta. *Revista Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino. Serie Misc. INSUGEO*, 12, 169-184.
- Aceñolaza, P., Sione, W., Kalesnik, F. & Serafini, M. (2005). Determinación de unidades homogéneas de vegetación en el parque nacional Pre-Delta (Argentina). *Revista Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino. Serie Misc. INSUGEO*, 14, 81-90.
- Aceñolaza, P., Zamboni, L. & Gallardo, J. (2006). Ciclos biogeoquímicos de bosques de la llanura de inundación del río Paraná (Argentina): aporte de hojarasca. En: J. Gallardo (ed.). Medioambiente en Iberoamérica. Visión desde la Física y la Química en los albores del SXXI. (pp 529-536). Caceres, España: Sociedad Iberoamericana de Física y Química Ambiental.
- Aceñolaza, P., Zamboni, L. & Gallardo, J. (2007). Estimación de Carbono en tres bosques de la llanura aluvial del Bajo Paraná (R. Argentina). En: J. Gallardo (ed.). La captura de carbono en ecosistemas terrestres iberoamericanos. (pp 39-51). Salamanca, España: Red Iberoamericana de Física y Química Ambiental.
- Aceñolaza, P., Povedano, H., Manzano, A., Rodríguez, E., Sanchez, L., Ronchi, A., Marchetti, Z. (2008a). Biodiversidad de la región superior del complejo Deltaico del río Paraná. *Revista Temas de la Biodiversidad del Litoral III. INSUGEO, Miscelánea*, 17, 127-152.
- Aceñolaza, P., Zamboni, L., Sione, W. & Kalesnik, F. (2008b). Caracterización de la región superior del complejo litoral del río Paraná: grandes unidades de ambiente. *Revista Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino III. INSUGEO-*, 17 (2), 293-308.
- Aceñolaza, P., Zamboni, L. & Gallardo, J. (2009). Ciclos biogeoquímicos de bosques de la llanura de inundación del río Paraná (Argentina): aporte de hojarasca. *Revista Bosque* 30 (3), 135-145. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002009000300003>
- Bó, R. (2006). Ecorregión Delta e islas del Paraná. En: A. Brown., U. Martínez., M. Ortiz., A. Cerbi & J. Corcuera, (Eds.). La situación ambiental de la Argentina 2005. (pp. 130-143). Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Brown, D., Polsky, P., Bolstad, S., Brody, D., Hulse, R., Kroh, ... & Thomson, A. (2014). Ch. 13: Land Use and Land Cover Change. En: J. Melillo., T. Richmond. & G. Yohe, (Eds.). *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. (pp.318-332) U.S. Global Change Research Program. doi:10.7930/J05Q4T1Q.
- Drago, E. (2007). The Physical Dynamics of the River - Lake Floodplain System. En: M. Iriondo., J. Paggi. & M. Parma, (Eds). *The Middle Paraná River: Limnology of Subtropical Wetland*. (pp.83-122). Berlin: Springer-Verlag. Heidelberg.
- Franceschi, E., Torres, P. & Lewis. J. (2010). Diversidad de la vegetación durante su recuperación tras una creciente extraordinaria del Río Paraná Medio (Argentina). *International Journal of Tropical Biology*, 58(2), 707-716.
- Iriondo, M. (2007). Geomorphology. En: M. Iriondo., J. Paggi. & M. Parma, (Eds). *The Middle Paraná River: Limnology of a Subtropical Wetland*. (pp. 33-51). Berlin: Springer-Verlag. Heidelberg.
- Irons, J., Dwyer, J. & Barsi, J. (2012). The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission. *Remote*

- Sensing of Environment, 122, 11–21.
- Kalesnik, F. (2010). Training in environmental education, conservation and sustainable development. Innovative proposals with Islanders in the Paraná River Delta Biosphere Reserve. Conferencia. 22° Reunión del International Coordinating Council of the MAB Programme (MAB-ICC). UNESCO. Paris. Francia.
- Kalesnik, F. (2013). Elaboración de un Programa de Educación Ambiental en el marco del Comité de Gestión de la RBDELTA. En: Kalesnik F.A., Vicari R. & Iribarren L. (Eds). Simposio Científico Académico Delta del Paraná. San Fernando, Argentina. Delta del Paraná, Historia, Presente y Futuro. Volumen I. (pp. 95 – 97). Montevideo: UNESCO.
- Kandus P., Malvárez, A. & Madanes, N. (2003). Estudio de las comunidades de plantas herbáceas de las Islas Bonaerenses del bajo delta del río Paraná (Argentina). Darwiniana, 41,(1-4), 1-16.
- Kovalskyy, V. & Roy, D. (2013). The global availability of Landsat 5 TM and Landsat 7 ETM+land surface observations and implications for global 30m Landsat data product generation. Remote Sensing of Environment, 130, 280–293.
- Malvárez, A. (1999). El Delta del Río Paraná como mosaico de humedales. En: Malvárez, A. (ed.). Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica, Montevideo, Oficina Regional de Ciencia y Técnica para América Latina y el Caribe (pp.35-53). Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Neiff, J. (1997). El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. En Malvárez A.I. & Kandus P. (Eds.). Tópicos sobre Grandes Humedales Sudamericanos (pp 97-145). Montevideo, Uruguay.
- Pratolongo, P., Kandus, P. & Brinson, M. (2008). Net aboveground primary production and biomass dynamics of *Schoenoplectus californicus* (Cyperaceae) marshes growing under different hydrological conditions. Revista Darwiniana, 46 (2), 258-269.
- Rodríguez, E., Aceñolaza, J., Muñoz, D. & Marchetti, Z. (2007). Actualización de la lista florística del Parque Nacional Pre-Delta. Revista Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 42, 97.
- Roy, D., Wulder, M., Loveland, T., Woodcock, C., Allen, R., Anderson, M. . . & Zhu, Z. (2014). Landsat-8—science and product vision for terrestrial global change research. Remote Sensing of Environment, 145, 154-172.
- Song, C., Woodcock, C., Seto, K., Lenney, M. & Macomber, S. (2001). Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects? Revista Remote Sensing of Environment, 75, 230–244.
- Trimble. (2000). eCognition Essentials. [Entorno de desarrollo para el análisis de imágenes]. Sunnyvale, California: Trimble.
- USGS, NASA. (2013). Servidor EarthExplorer [Software para la exploración de datos de la superficie terrestre a partir de imágenes satelitales] Reston, Virginia: El Servicio Geológico de los Estados Unidos de Archivo (USGS) National Aeronautics and Space Administration (NASA).
- Vicari, R., Kandus, P., Pratolongo, P. & Burghi, M. (2006). Alteración en el almacenaje de carbono por la intervención humana de los sistemas naturales en el Bajo delta del Río Paraná. Su importancia en el balance emisor-sumidero de CO2 atmosférico. En: Brown *et al.*, (Eds.), *La Situación Ambiental de la Argentina*. (pp. 161-163). Buenos Aires: Editorial Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Woodcock, C., Macomber, S., Pax-Lenney, M. & Cohen, W. (2001). Large Area Monitoring of Temperate Forest Change Using Landsat Data: Generalization Across Sensors, Time and Space. *Revista Remote Sensing of Environment*, 78 (1–2), 194–203.
- Zamboni, P. & Aceñolaza, P. (2004). Aporte al conocimiento de ciclos de materia orgánica (MO) en formaciones boscosas de la llanura de inundación del río Paraná. En F. Aceñolaza (Ed.), *Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino* (pp.161-168).Tucuman: Insugeo.
- Zamboni, P. & Aceñolaza, P. (2005). Aporte al conocimiento de la dinámica de materia orgánica en bosques de la porción baja de la Cuenca del Plata. En J. Peteán y J. Cappato (Eds.), *Humedales Fluviales de América del Sur. Hacia un Manejo Sustentable*(pp.535-541). Buenos Aires: Ediciones Proteger.
- Zamboni L., Sione, W., Tentor, F. & Aceñolaza, P. (2014). Cartografía de cambios de cobertura del suelo (1987-1998) para el Parque Nacional Predelta (Entre Ríos, Argentina). *Revista Geográfica de América Central*, 1(52), 179-204.
- Zhu, Z., Woodcock, C., Rogan, J. & Kellndorfer, J. (2012). Assessment of Spectral, Polarimetric, temporal, and spatial dimensions for urban and peri-urban land cover classification using Landsat and SAR data. *Revista Remote Sensing of Environment*, 117, 72–82. doi: 10.1016/j.rse.2011.07.020.

