



SELPER 2016

Geotecnologías, herramientas para la construcción de una nueva visión del cambio global y su transformación para un futuro sostenible



**Libro de Actas del
XVII Simposio Internacional
en Percepción Remota y
Sistemas de Información
Geográfica**

Editores:

Walter F. Sione

Francisco M. Viva Mayer

Miriam E. Antes

M. Cristina Serafini

**Libro de Actas del
XVII Simposio Internacional en Percepción Remota y
Sistemas de Información Geográfica**

Puerto Iguazú Misiones –Argentina 7 al 11 de noviembre de 2016

Instituciones Organizadoras

Universidad Nacional de Luján (UNLu)

Facultad de Ciencia y Tecnología / Universidad Autónoma de Entre Ríos (FCyT/UADER)

Sociedad de Especialistas Latinoamericano en Percepción Remota y Sistemas de
Información Espacial (SELPER) -Capítulo Argentino

Apoyo Institucional

Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)

Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Créditos

© Editores: Walter F. Sione, Francisco M. Viva Mayer, Miriam E. Antes y M. Cristina Serafini

© De los textos y las imágenes, sus autores

© Universidad Nacional de Luján / Universidad Autónoma de Entre Ríos / SELPER Argentina

Los nombres de productos o corporaciones que aparecen en el texto pueden constituir marcas registradas y se emplean sin otro afán que el meramente identificativo.

Primera Edición

Archivo Digital: descarga y online

ISBN: 978-987-3941-14-6

SELPER 2016: Geotecnologías, Herramientas para la construcción de una nueva visión del cambio global y su transformación para un futuro sostenible: Libro de Actas de XVII Simposio Internacional en Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica; editado por Walter F. Sione [et al.]. - 1a ed. - Luján: EdUnLu, 2017. Libro digital, PDF



IDENTIFICACIÓN Y MAPEO DE PALEOCAUCES UTILIZANDO IMÁGENES SATELITALES DE ALTA RESOLUCIÓN EN LA LLANURA COSTERA DE LA BAHÍA SAMBOROMBÓN, ESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA.

Luengo, M.^{1,2}; Salinas de Salmuni, G.³; Fucks, E.^{1,4}; Vilanova, I.^{2,5}

¹Centro de Estudios Integrales de la Dinámica Exógena (CEIDE-UNLP)

²CONICET.

³Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), Argentina;

⁴IAMRA

⁵ Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”, Av. Ángel Gallardo 470, C1405DJR
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina,
msamluengo@gmail.com.ar

RESUMEN

Este trabajo es parte del proyecto "vegetación y ambientes del Holoceno en el sector continental de la Bahía de Samborombón, Provincia de Buenos Aires: cambios del nivel del mar" que se desarrolla en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, de la Universidad Nacional Museo de La Plata y se enmarca dentro de las actividades nacionales de cooperación de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). En la llanura costera de la Bahía Samborombón, donde los ríos Samborombón y Salado tienen sus desembocaduras en el “río de la plata”, sus cauces presentan un diseño individual de tipo meandroso, encontrándose su evolución íntimamente relacionada con las diferentes geoformas del MIS1 (cordones litorales, cheniers, llanuras de mareas) de disposición transversal al escurrimiento. En el área de estudio, se evidencian paleocauces o cauces abandonados, demostrando movimientos laterales o migraciones, sobre la planicie de mareas litoral. Las comunidades vegetales dependen de la topografía y del carácter del sustrato y en consecuencia los cambios en la vegetación están determinados por la evolución geomorfológica local y/o regional, íntimamente asociada a los cambios climáticos globales y/o locales. En función de esto, las comunidades vegetales de los distintos ambientes se modificaron en el tiempo y en el espacio en concordancia con la evolución del ambiente y la conformación de nuevos rasgos geomorfológicos. El objetivo de este estudio es el reconocimiento y análisis, mediante la herramienta de sensores remotos de los paleocauces de los ríos Samborombón y Salado, en la zona de su desembocadura, para la posterior reconstrucción paleoambiental, relacionada con el descenso del nivel del mar durante el Holoceno Tardío. Se procesaron imágenes ópticas SPOT6 debido a su alta resolución espacial. Dado que en las geoformas presentes varía la cobertura vegetal, se aplicaron realces espectrales que resaltaron los cambios en la vegetación y humedad facilitando el mapeo de meandros

abandonados, los que fueron controlados por datos de campo y dataciones radiocarbónicas, para un mayor entendimiento de la evolución paleoambiental.

ABSTRACT

This work is part of the project "vegetation and environments of the Holocene in the continental sector of Bahía Samborombón, Buenos Aires province: sea-level fluctuations " that is been developed in the Facultad de Ciencias Naturales y Museo, de la Universidad Nacional de La Plata and is framed within national cooperation activities of the Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). To the east of the coastal plain of the Bahía Samborombón, the Río Samborombón and Río Salado have their mouths in the Río de La Plata whose channels are individually designed in meandering type, finding their closely related evolution with different landforms of MIS1 (beach ridges , cheniers, tidal plains) of transverse arrangement to runoff. In the study area paleochannels or abandoned channels are present showing lateral movement or migration on the plains of coastal tides. Plant communities depend on the nature and topography of the substrate and hence the changes in vegetation are determined by the regional and local geomorphology evolution and / or closely associated with global or local climate change. Based on this, the plant communities of different environments were modified in time and space according to the evolution of the environment and the creation of new geomorphological features. The aim of this study is the recognition and analysis through the tool of remote sensing of the paleochannels of Río Samborombón and Río Salado, near its mouth, for paleoenvironmental reconstruction, related to the fluctuations of sea level during the Holocene. The results were obtained from analysis of SPOT6 images due to its high spatial resolution. Since in the landforms present varies vegetation cover, spectral enhancements that highlighted the changes in vegetation and humidity facilitating mapping oxbow lakes, which were controlled by field data and radiocarbon datings, for a greater understanding of the paleoenvironmental conditions were applied.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas fluviales meandriformes están formados por canales únicos con alta sinuosidad y planicies de inundación con gran desarrollo de depósitos. La unidad geométrica en corrientes meandriformes es el meandro: curva completa sobre el canal, compuesta por dos arcos sucesivos. Los fenómenos de rectificación de meandros (en sus dos variedades: por estrangulamiento o tangencia y por desborde) constituyen, junto a los de avulsión de tramos de cauce, los tres modos de migración lateral no-continua que pueden experimentar las corrientes aluviales (Schumm, 1977), los procesos de migración y avulsión dan como resultado cauces abandonados o paleocauces. Estos paleocanales son elementos importantes para la reconstrucción de la historia reciente de los sistemas fluviales. Son numerosos los estudios de canales fluviales abandonados durante el Cuaternario como es el caso de áreas del Amazonas, Brasil, registrado en varias publicaciones (Iriondo y Suguio, 1981; Latrubesse y Rancy, 2000; Müller et al. 1995; Rossetti y Valeriano, 2007; Rossetti et al., 2007.). De acuerdo con estos autores, estas morfologías reflejan múltiples eventos como dislocación y abandono durante el Cuaternario, como consecuencia de fluctuaciones climáticas o reactivaciones tectónicas (Bertani, T.C. et al. 2013). El comportamiento

de los cursos de los ríos Samborombón y Salado en la zona de sus desembocaduras está íntimamente ligado a la variación del nivel del mar y con ello al comportamiento, disposición y formación de los cordones conchiles litorales durante el proceso de regresión marina del Holoceno Tardío. Los procesos de migración y avulsión, podrían estar íntimamente relacionados a cambios abruptos en el nivel de base, caudales excepcionales, acumulación de fango en la interfase agua dulce-agua salada, o la interacción de éstas. El objetivo de este estudio es el reconocimiento y análisis, mediante la herramienta de sensores remotos, de las diferentes posiciones que los tramos finales de los ríos Samborombón y Salado han tenido, a fin de determinar la evolución paleoambiental, relacionada fundamentalmente con el descenso del nivel del mar durante el Holoceno Tardío.

MATERIALES Y METODOS

Area De Estudio



Figura 1. Localización del área de estudio. Planicie costera de Bahía Samborombón, NE de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Se da la ubicación de los cauces estudiados, que pertenecen a los sistemas fluviales del río Samborombón y del Salado.

El sector oriental de la Pampa Deprimida (Frenguelli, 1950) de la Provincia de Buenos Aires, ha sido modelada por sucesivos ciclos transgresivos-regresivos desde al menos el Pleistoceno Tardío. Estos ciclos fueron el producto de fluctuaciones marcadas del nivel del mar en respuesta a los eventos climáticos más extremos, representados por rasgos geomorfológicos muy característicos (Fucks et al., 2010, entre otros.). El área de estudio (Figura 1) comprende una superficie de 322,243 km² desarrollada en la llanura costera, donde los ríos Samborombón y Salado tienen sus desembocaduras en el sector exterior del Río de la Plata. El tramo final de sus cauces presentan un diseño individual de tipo meandroso, encontrándose su evolución íntimamente relacionada con las diferentes geoformas generadas durante el MIS1 (cordones litorales, cheniers, llanuras de mareas). En el sector estudiado, se evidencia una gran cantidad de paleocauces o cauces abandonados, demostrando los movimientos laterales o migraciones, sobre la planicie de mareas litoral.

El río Samborombón nace en el partido de San Vicente, provincia de Buenos Aires, desaguando dos lagunas que se encuentran a entre las localidades de Cañuelas y San Vicente. El río desarrolla numerosos meandros hasta llegar a la bahía de Samborombón. Es un típico río de

llanura que recorre cerca de 100 Km de longitud, atravesando un paisaje levemente ondulado; presenta muy poco caudal cuyo aumento depende de las lluvias. Sus principales afluentes son los arroyos El Portugués, San Vicente, Abascay, Dulce y Las Horquetas (SSRH, 2006). El río Salado de Buenos Aires tienen sus nacientes situadas al sudeste de la provincia de Santa Fe y Córdoba y desemboca al Río de la Plata en la Bahía de Samborombón, luego de correr unos 650 km, la cuenca tiene una superficie aproximada de 87775 km² (SSRH, 2006).

Materiales

Para el reconocimiento y análisis de los paleocauces de los ríos Samborombón y Salado, las imágenes satelitales empleadas fueron provistas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), provenientes del Satélite SPOT 6 (4 bandas espectrales de resolución espacial 6.0 m, a excepción de la banda pancromática con resolución de 1.5 m) con una resolución espectral descrita en Tabla 1. La imagen seleccionada correspondió a la del 14 de septiembre del Año 2015 del Sensor SPOT 6.

Tabla 1: Rangos espectrales de la imagen SPOT 6.

Pancromática	0,450-0,745 μm
Azul	0,450-0,520 μm
Verde	0,530-0,590 μm
Rojo	0,625-0,695 μm
Infrarrojo cercano	0,760-0,890 μm

Para el reconocimiento de morfologías de origen fluvial, la mejor información la proporcionó la banda pancromática de la imagen Spot 6. El preprocesamiento consistió en la corrección radiométrica de los datos. Se realizaron operaciones espaciales denominadas “filtros” que tienen la finalidad de eliminar la variabilidad de una imagen al calcular un nuevo valor de cada pixel o celda (nivel digital) a través de determinadas funciones que se aplican sobre los valores de los pixeles contiguos dando como resultado, algún tipo de promedio ponderado (Conolly y Lake 2009). La aplicación del filtro se llevó a cabo por medio de un núcleo o matriz numérica cuadrada que se desplaza a través de la imagen modificando los valores de los niveles digitales centrales originales. Los filtros utilizados son los denominados filtros de convolución. El proceso de convolución espacial utiliza un promedio ponderado del pixel de entrada y de sus vecinos inmediatos para calcular el valor de brillo del pixel de salida. El grupo de pixeles utilizados en el cálculo del promedio ponderado se conoce como núcleo (kernel) (Aldalur, 2002); variantes de este filtro y aplicados en este trabajo son: el "filtro direccional" que actúa en el realce de bordes que poseen componentes específicos de dirección (gradientes) que pueden ir de 0° a 360°. El “filtro Sobel”, es comúnmente utilizado para la detección de bordes al igual que el "filtro laplaciano" aunque si bien este último fue implementado, no fue considerado para este trabajo. Por último otro de los filtros es el Mediano que no son función lineal de los valores de brillo de los pixeles de una imagen. Los filtros se aplicaron a la banda pancromática de la imagen SPOT 6. Por otro lado, para realizar un mapa detallado de los paleocauces, se aplicaron realces espectrales que resaltaron los cambios en la vegetación y humedad. Para ello se trabajó con los siguientes procesos; - combinación de bandas 431. Todas estas operaciones permiten mejorar la calidad visual de una imagen, su aplicación como paso previo a otras técnicas de procesamiento digital es

necesaria para explorar y detectar los distintos rasgos presentes en la imagen. La técnica usada en este trabajo para el mapeo de los rasgos del paisaje fue la digitalización manual. Para ello se crearon capas de datos vectoriales, se generaron polígonos y/o líneas de diferentes colores para diferenciar las geoformas fluviales, litorales, cursos actuales, rutas, entre los más importantes. Para la digitalización y realización del mapa geomorfológico, se utilizó el programa QGIS 2.2.0.

RESULTADOS

La figura 2 A muestra un recorte de la imagen original de una parte del río Samborombón. En la figura 2 B se visualiza el mismo recorte pero con filtro direccional, kernel 3x3, ángulo 180°, el cual permite la visualización de pointbars (depósitos de barras de meandros, indicados con flechas) en zonas con una densa cobertura vegetal de tipo arbórea. La figura 2 C corresponde a un recorte de la imagen original de una sección del río Samborombón donde se encuentran numerosos meandros abandonados. Debido a que las morfologías a resaltar presentan diferentes orientaciones, dado por la propia dinámica de migración del río, se buscó un filtro direccional que resalte cada tramo. Del total de filtros direccionales aplicados, sólo se exhibe la imagen con filtro kernel 3x3, 30° (figura 2 D).

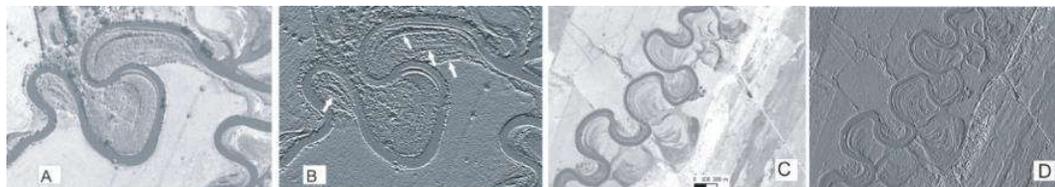


Figura 2. A: imagen original. En B: filtro direccional. Depósitos de barras de meandros (pointbars), indicados con flechas. C: imagen original. Zona con numerosos meandros abandonados. D: filtro direccional.

En la figura 3 se observa de forma comparativa la morfología correspondiente a un paleocauce al aplicarle tres filtros diferentes. En A se muestra la imagen original, en B filtro de realce "Mediana" dando como resultado una imagen con marcado contraste la que fuera usada como fondo durante la digitalización de pantalla para el mapeo de las geoformas. C, "filtro direccional", 3x3, 45° y en D aplicación del "Filtro Sobel" que favorece la identificación de cordones.

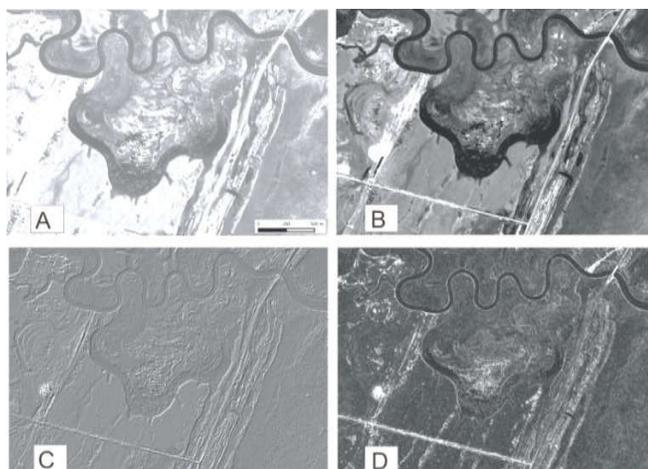


Figura 3. A: imagen original. B: filtro mediana. C: filtro direccional. D: Filtro de sobel.

Para realizar un mapa detallado de los paleocauces, se tuvo en cuenta la cobertura de los pastizales y arbustales-pastizales. Para ello se trabajó adoptándose el siguiente proceso:

- ✓ **Combinaciones de bandas “Falso Color 431 (RGB)”**, que destaca los talares (comunidades de tala) en colores magenta (figura 4 C), los mismos indican de manera indirecta las geoformas como cordones, cheniers, albardones, pointbars, ya que estos arbustos se desarrollan preferentemente en zonas elevadas (Vervoorst, 1967). Se destacan los pastizales en colores rojizos a rosados. Campos de cultivos se distinguen por los colores rojos fuertes, se observa suelo desnudo, en color celeste, grisáceo. Humedales, en colores verdosos a grisáceos oscuros, como la zona de marisma, y zonas de paleocauces. De colores oscuros, cuerpos de agua, lagunas de aguas limpias, principalmente en ciertos sectores de cauces abandonados, y cursos menores. Colores verdes a celestes claros, muestran agua con alto contenido de sedimento en suspensión (Figura 4).



Figura 4. Resultado de tratamiento de combinación de bandas 431. A: detalle de cordones. B: cordones litorales en zona de marisma. C: alineamiento de la vegetación en relación a las geoformas litorales.

Finalmente se llevó a cabo la confección del mapeo de las geoformas fluviales y litorales (Figura 5). El río Samborombón tiene un recorrido en dirección NO-SE, desarrollado sobre la llanura pampeana, reconociéndose meandros abandonados, que están permanente o transitoriamente anegados y con vegetación hidrófila. Luego el curso se ve obstaculizado por los cordones litorales y cambia a dirección NE-SO, escurriendo paralelo al cordón por aproximadamente una extensión de 4 kilómetros, donde se visualizan la mayor cantidad de meandros abandonados (Figura 5 1), algunos de difícil reconocimiento, debido a que la zona ha sido trabajada y cultivada. Cuando el meandro abandonado atraviesa el cordón, es allí donde se evidencian 2 cauces abandonados por corte y avulsión. En el último tramo, el curso retoma la dirección de flujo regional (NO-SE), presentando esencialmente 2 canales abandonados por avulsión (Figura 6), éstos últimos fácilmente distinguibles en las imágenes y en el campo (Figura 6 A, B). En el punto $35^{\circ}43'19.16''$ $57^{\circ}22'31.7''$ el paleocauce presenta un desnivel de 1,5 metros (Figura 6 D), y constituye un cuerpo de agua con vegetación de tipo hidrófita (Figura 6 C). Es importante establecer una edad relativa, con respecto a los cordones con los que se relacionan estos procesos fluviales, de migración y avulsión del curso.

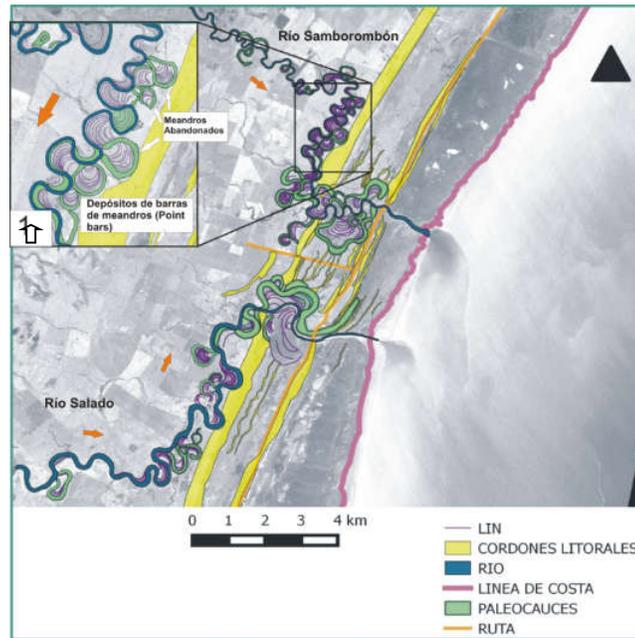


Figura 5. Digitalización de los ríos Salado y Samborombón en la zona de su desembocadura. Se observan morfologías de origen fluvial y costeras, de edad Cuaternarias; cordones litorales. 1: Detalle de tramo del río Samborombón dónde se indican depósitos de barras de meandros (point bars) y meandros abandonados. Con flechas naranjas se indica el sentido de escurrimiento de ambos ríos.

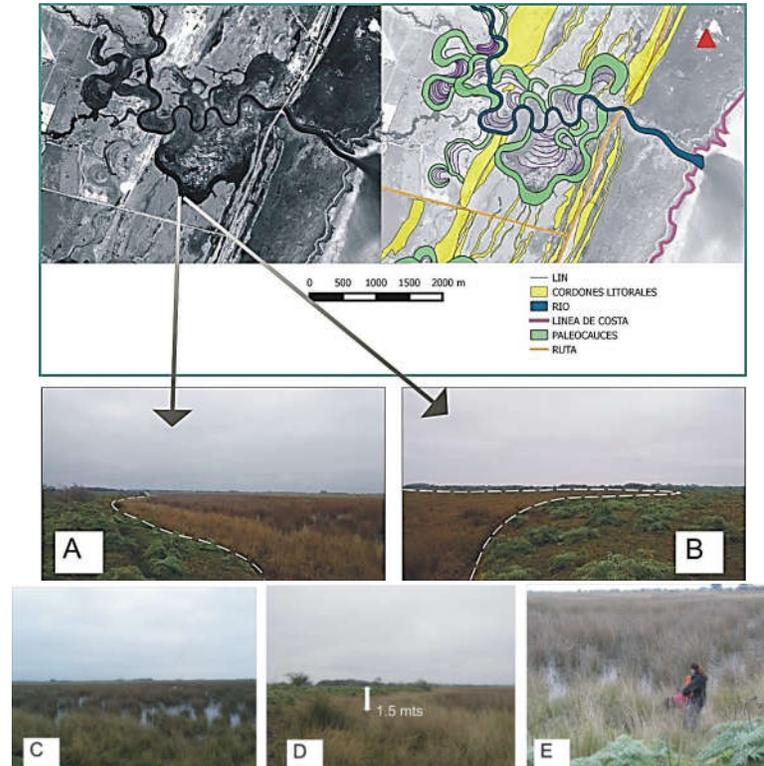


Figura 6. Tramo final del río Sanborombón. En las fotos A y B se muestra, en línea de puntos, el cauce abandonado por avulsión del río Samborombón. En las fotos C y E se evidencia el anegamiento del paleocauce. En D se muestra el desnivel del mismo.

El tramo final de la desembocadura del río Salado, también cambia su dirección de flujo (SO-NE, sentido hacia el NE) al encontrar los depósitos litorales como obstáculo, escurriendo en forma paralela a éstos, donde se pueden reconocer numerosos meandros abandonados (Figura 5). Finalmente, el curso toma una dirección perpendicular a las formas de edad holocenas, y es allí donde se puede observar un paleocauce producto del proceso de avulsión (Figura 7 indicado con flecha) a un lado del curso principal. Al otro lado, se observa un cuerpo homogéneo (en el cual se reconocieron lineamientos, pero no se logró establecer un patrón determinado) el que podría haber representado un antiguo cuerpo lacustre, constituyendo actualmente un lugar deprimido y anegado con vegetación hidrófita según el análisis de su comportamiento espectral y trabajo de campo. En el punto $35^{\circ}43'54.8''$ $57^{\circ}23'07.8''$ el paleocauce presenta un desnivel de aproximadamente 1 metro (figura 7 A).

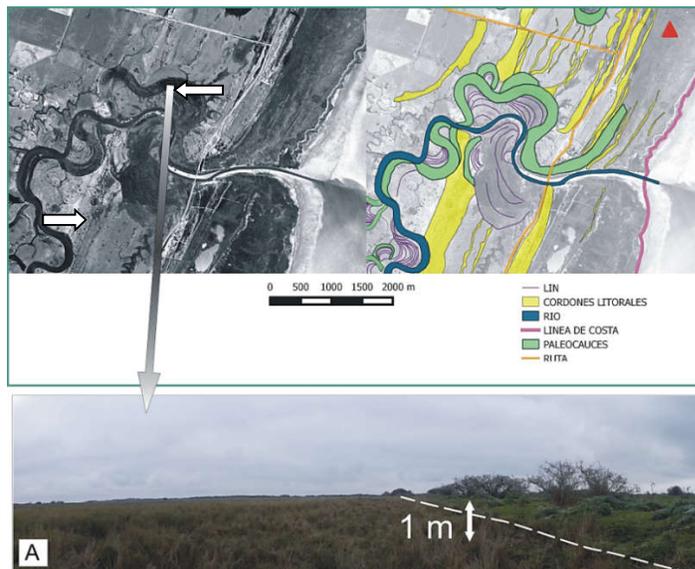


Figura 7. Tramo final del río Salado donde se observa, arriba indicado con flecha un antiguo cauce. En la foto A se indica en línea de puntos el paleocauce y se muestra el desnivel del mismo.

CONCLUSIÓN

Con el uso de sensores remotos se reconocieron en la llanura costera de la Bahía Samborombón diferentes rasgos geomorfológicos: **paleocauces**, **meandros abandonados**, **barras de migración de meandros (pointbars)**, y otras estructuras de origen fluvial relacionadas a la dinámica propia de zona de desembocadura de los ríos Samborombón y Salado. También se reconocieron geofomas de origen litoral, originadas durante el Cuaternario, relacionadas íntimamente con la dinámica de los cursos fluviales antes mencionados. La aplicación de filtros de convolución ha sido fundamental para el reconocimiento de las diferentes geofomas, en especial, para resaltar la morfología de los canales sobre la cobertura vegetal. El uso de las imágenes satelitales de alta resolución espacial, imagen pancromática SPOT 6 de 1.5m el pixel, resultó ser una herramienta importante para el reconocimiento y mapeo de las geofomas de origen fluvial, lo que permitirá, junto con información cronológica y sedimentaria, realizar la reconstrucción de la dinámica fluvial relacionada a las fluctuaciones del nivel del mar durante el Holoceno Tardío.



AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) por proveer las imágenes satelitales. A Gabriela D'Amico y Nicole Pommarés por la colaboración en el trabajo de campo y a Gabriela D'Amico por las fotografías presentadas en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldalur, B.; Santamaría, M. 2002. "Realce de imágenes: filtrado espacial". Revista de teledetección. Volumen 17. Páginas 31-42. ISSN: 1133-0953.
- Bertani, T. C.; Rossetti, D. F.; Albuquerque, P. C. G. 2013. "Object-based classification of vegetation and terrain topography in Southwestern Amazonia (Brazil) as a tool for detecting ancient fluvial geomorphic features". Computers & Geosciences. Volumen 60. Páginas 41-50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2013.06.013>.
- Connolly, J.; Lake M. 2009. "Sistemas de información geográfica aplicados a la arqueología". Bellaterra ediciones, Barcelona. ISBN 9788472904408.
- Frenguelli, J. 1950. "Rasgos generales de la morfología y la geología de la provincia de Buenos Aires". Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica, La Plata. Serie 2 (30), 72 pp.
- Fucks, E.; Schnack, E.; Aguirre, M. 2010. "Nuevo Ordenamiento Estratigráfico de las Secuencias Marinas del Sector Continental de la Bahía Samborombón, Provincia de Buenos Aires". Revista de la Asociación Geológica Argentina. Volumen 67 Páginas 27-39. ISSN 0004-4822. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222010000400004&lng=es&nrm=iso.
- Iriondo, M.; Suguio, K. 1981. "Neotectonics of the Amazon plain". INQUA Neotec. Bulletin., Estocolmo. Volume 4. Pages 72-78.
- Latrubesse, E. M.; Rancy, A. 2000. "Neotectonic influence on tropical rivers of southwestern Amazon during the late Quaternary: the Moa and Ipixuna river basins, Brazil". Quaternary International. Volume 72. Pages 67-72.
- Müller, J.; Irion, G.; Nunes de Mello, J.; Junk, W. 1995. "Hydrological changes of the Amazon during the last glacial-interglacial cycle in central Amazonia (Brazil)". Naturwissenschaften. Volume 82. Pages 232-235. ISSN 1432-1904. <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF01133597>
- Rossetti, D. F.; Valeriano, M. M. 2007. "Evolution of the lowest Amazon basin modeled from the integration of geological and SRTM topographic data". Catena. Volume 70. Pages 253-265. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2006.08.009>.
- Schumm, S. A. 1977. "The fluvial system". 338 Pages. John Wiley y Sons, New York.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos. 2006. "Cuencas de desagüe al río de la Plata hasta el río Samborombón: Cuenca N° 47" Sistema Nacional de Información Hídrica, Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. http://www.mininterior.gov.ar/obras-publicas/pdf/47_nueva.pdf.

Actas XVII Simposio Internacional SELPER 2016

Eds.: Sione, W. F.; Viva Mayer, F. M.; Antes, M. E. y Serafini, M.C.

Subsecretaría de Recursos Hídricos. 2006. "Cuenca del río Salado de Buenos Aires: Cuenca N° 48" Sistema Nacional de Información Hídrica, Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda.http://www.mininterior.gov.ar/obras-publicas/pdf/48_nueva.pdf.

Vervoorst, F. B. F. B. 1967. "Las Comunidades vegetales de la depresión del Salado: Provincia de Buenos Aires". Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 262 Páginas.