



Universidad Nacional de San Martín  
Fundación Innovación y Tecnología (FUNINTEC)  
Director: Alberto Pochettino

Programa FUTUROS  
Escuela de Posgrado: Agua + Humedales

## Uso de datos multitemporales Landsat para la delimitación y caracterización de lagunas en la planicie de inundación del bajo río Paraná.

(Trabajo de investigación)

Por Maira Patricia Gayol<sup>1</sup>, Natalia Morandeira<sup>2</sup> y Analía Iriel<sup>3</sup>

### Filiación:

<sup>1</sup> Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, UNSAM, Argentina. Email: mgayol@unsam.edu.ar.

<sup>2</sup> Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, UNSAM, Argentina. Email: natalia.sm83@gmail.com.

<sup>3</sup> Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, UNSAM, Argentina. Email: natalia.sm83@gmail.com.

### Registro del trabajo de investigación en el libro digital

**Título del capítulo:** Uso de datos multitemporales Landsat para la delimitación y caracterización de lagunas en la planicie de inundación del bajo río Paraná.

**Autor/es capítulo:** Gayol, Maira Patricia; Morandeira, Natalia; Kandus, Patricia.

**Páginas:** 357-362

**Título del libro:** Agua + Humedales

**Editor:** UNSAM Edita.

**Serie:** Futuros

**Fecha de publicación:** junio 2018

**Derechos:** Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos, mencionando la fuente.

**Idioma:** Español

### Identificación y acceso

**ISBN:** 978-987-4027-68-9

**URL:** <https://www.funintec.org.ar/contenidos/aguahumedales-es-el-primer-libro-de-la-serie-futuros/>

**Cita del capítulo:** Gayol, Maira Patricia; Morandeira, Natalia; Kandus, Patricia. (2018) Uso de datos multitemporales Landsat para la delimitación y caracterización de lagunas en la planicie de inundación del bajo río Paraná. En: Universidad Nacional de San Martín y Fundación Innovación Tecnológica (FUNINTEC). *Programa Futuros: Escuela de Posgrado: Agua + Humedales*. (Serie Futuros). Buenos Aires: UNSAM Edita.

### Área de conocimiento

**Área:** Recursos naturales

**Categoría:** Ciencias ambientales e ingeniería

**Palabras clave:** LAGUNA; TIERRA PANTANOSA; VEGETACIÓN; SATÉLITE DE COMUNICACIÓN; FOTOGRAFÍA SATELITAL.

Este documento forma parte de la Colección Programa FUTUROS del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Martín, desarrollado por la Biblioteca Central. El propósito es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica y con reconocimiento de la fuente.

### Disponible en el Repositorio Institucional de la UNSAM

Gayol, M. P.; Morandeira, N.; Kandus, P. (2018) Uso de datos multitemporales Landsat para la delimitación y caracterización de lagunas en la planicie de inundación del bajo río Paraná. En: Universidad Nacional de San Martín y Fundación Innovación Tecnológica (FUNINTEC). *Programa Futuros: Escuela de Posgrado: Agua + Humedales*. (Serie Futuros). Buenos Aires: UNSAM Edita. [En línea] Disponible en: Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Martín: Colección Programa Futuros. (PFAH 2018 TGMPMKNP) <http://bit.ly/2gDqQLp> [Fecha de consulta:.....]

# Uso de datos multitemporales Landsat para la delimitación y caracterización de lagunas en la planicie de inundación del bajo río Paraná<sup>1</sup>

Maira Patricia Gayol<sup>2</sup>

Natalia Morandeira<sup>3</sup>

Patricia Kandus<sup>4</sup>



Palabras clave: Lagunas; planicie de inundación; NDVI; Landsat; vegetación.

## 1. Introducción

En la planicie de inundación del río Paraná, los humedales se expresan como paisajes complejos cuya extensión depende principalmente del régimen hidrológico. Una de sus características distintivas es la presencia de un gran número de lagunas someras. Estas lagunas son importantes para las actividades productivas de la zona: ganadería, apicultura y pesca [1]. Además, las lagunas garantizan funciones ecosistémicas esenciales, tales como la regulación del transporte de sedimentos y la provisión de hábitat para una gran diversidad de fauna silvestre. Conocer la distribución de las lagunas y los patrones de cambio asociados a los pulsos de inundación del río permite entender el funcionamiento de la planicie de inundación.

Dada la extensión, complejidad y dificultad de acceso a estos ecosistemas, la teledetección se transforma en

---

1 Este trabajo contó con soporte financiero a través del PICT 0824-2014 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

2 Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, UNSAM, Argentina.  
mgayol@unsam.edu.ar.

3 Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, UNSAM, Argentina.  
natalia.sm83@gmail.com.

4 Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, UNSAM, Argentina.  
patriciakandus@gmail.com.

una herramienta crítica para su monitoreo a escala de paisaje. A su vez, se encuentran disponibles las imágenes adquiridas con la serie de sistemas satelitales Landsat (de 1972 al presente), lo que permite que el mapeo y monitoreo de la dinámica de los cuerpos de agua sea viable incluso a una escala global [2]. Debido a las inundaciones periódicas, las lagunas de las planicies de inundación son elementos dinámicos que sufren cambios en su forma y extensión espacial. Además, las lagunas se encuentran parcial o totalmente cubiertas por vegetación. Estas características dificultan la discriminación de su entorno y por lo tanto la identificación de sus límites.

Los objetivos de este trabajo son: delimitar las lagunas de un sector de la planicie de inundación del bajo río Paraná con un enfoque multitemporal e identificar tipos de laguna de acuerdo a los patrones de cambio de sus coberturas.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Área de estudio

El área de estudio comprende un sector de la planicie de inundación del bajo río Paraná. Se encuentra en el departamento de Diamante de la provincia de Entre Ríos, Argentina, con una superficie de 254,4 km<sup>2</sup> (coordenadas centrales: 32°25'S, 60°39'O). Se caracteriza por la presencia de lagunas con vegetación herbácea arraigada y flotante [3].

### 2.2. Delimitación de lagunas

Las lagunas se delimitaron según el método propuesto por Borro *et al.* [4]. Se utilizaron 83 imágenes (70 Landsat 5 TM y 13 Landsat 8 OLI), Path/Row 227/82, tomadas durante el período 1987-2015. Las imágenes fueron transformadas a reflectancia en superficie (relación entre la radiación reflejada y radiación incidente) a partir del modelado de la influencia de la atmósfera considerando los efectos de la dispersión Rayleigh. Para los píxeles de cada imagen se calculó el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI).

Luego, para discriminar las lagunas de los humedales vegetados a su alrededor, se utilizó el valor de NDVI umbral encontrado por Borro *et al.* (2014) de 0,34. A partir del valor umbral se clasificaron los píxeles de cada imagen en dos clases: presencia (NDVI < 0,34) y ausencia (NDVI > 0,34) de agua. De esta

manera se obtuvo para cada una de las 83 imágenes una capa binaria de píxeles con y sin agua. Se consideró que los píxeles formaban parte de una laguna si se encontraban con agua en al menos un 40% de las imágenes analizadas. Los cursos de agua (ríos y arroyos) se eliminaron de la capa de lagunas. Se obtuvo así un mapa de lagunas en la zona de estudio.

### 2.3. Patrones de cambio de las lagunas

En el pulso de inundación 2010-2011 se caracterizó la cobertura de las lagunas mediante una clasificación supervisada (basada en el algoritmo de máxima verosimilitud) en un conjunto de siete imágenes Landsat 5 TM. Se consideraron cinco clases de cobertura: agua con baja concentración de sedimentos, agua con alta concentración de sedimentos, vegetación verde, vegetación verde y agua y vegetación senescente. En cada imagen se tomaron muestras de las diferentes coberturas y luego, para cada cobertura, se generó una firma típica promedio (con su media y desvío estándar). Las firmas típicas se utilizaron para clasificar todas las escenas. Se obtuvo como producto un mapa de cobertura de las lagunas para cada fecha.

Para analizar la dinámica de las lagunas en el tiempo, en cada laguna se calculó el porcentaje de cada cobertura para las siete escenas. Según los cambios de los porcentajes de cobertura en el tiempo se definieron ocho tipos de lagunas, para lo que se utilizó el algoritmo k-means.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Delimitación de lagunas

Se delimitaron 303 lagunas (figura 1) que ocupan una superficie de 58,7 km<sup>2</sup> (23% del área total). Se observa un predominio de lagunas relativamente pequeñas, desconectadas de los cursos de agua.

### 3.2. Patrones de cambio de las lagunas

De acuerdo con la secuencia de cambios de los porcentajes de las diferentes coberturas para cada laguna, se identificaron ocho grupos que presentan la siguiente dinámica:

► Grupo 1 (3,2% de la superficie de lagunas, 25 lagunas): Las lagunas presentan inicialmente un ambiente heterogéneo con un porcentaje de cobertura similar para las clases de agua y

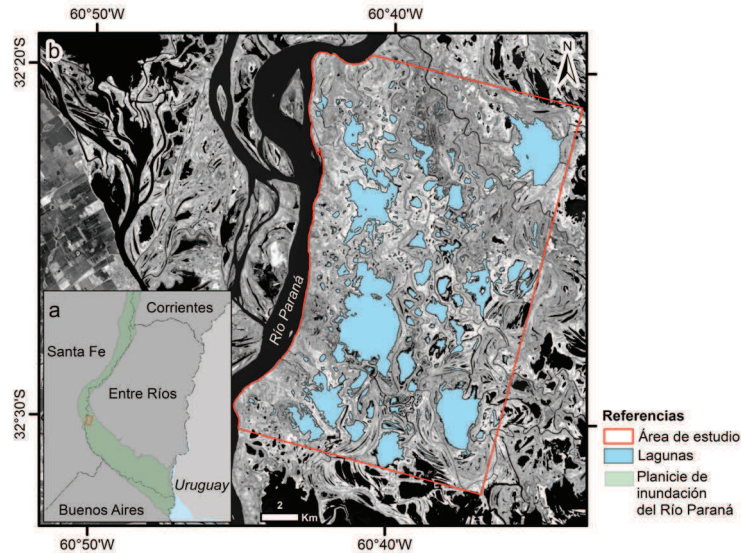


Figura 1 (A). Localización del área de estudio; (B) Mapa de lagunas dentro del área de estudio en la planicie de inundación del bajo río Paraná (Departamento de Diamante, provincia de Entre Ríos). La imagen satelital de fondo corresponde a la banda del infrarrojo cercano de la escena Landsat 8 OLI, de fecha 13/04/2017. Fuente: Elaboración propia.

de vegetación verde; luego se observa un importante aumento en la clase agua con alta concentración de sedimentos que se mantiene hasta el final del pulso, esto indicaría la entrada del agua en la planicie de inundación.

► Grupo 2 (2,1% de la superficie de lagunas, 29 lagunas): Se observa al inicio del pulso una cobertura predominante de agua con alta concentración de sedimentos; luego el agua sedimenta y comienza a crecer la cobertura de vegetación. La sedimentación podría deberse a una baja energía del agua que entra a las lagunas.

► Grupo 3 (2,5% de la superficie de lagunas, 37 lagunas): Incluye lagunas vegetadas en las que se observa un aumento en la vegetación verde con agua debajo; luego la vegetación verde se recupera.

► Grupo 4 (72% de la superficie de lagunas, 54 lagunas): Es el grupo de mayor cobertura espacial de lagunas. Al comienzo del pulso se observa un ambiente heterogéneo similar al del Grupo 1. En segundo término, se observa un importante aumento en la clase agua con alta concentración de sedimentos. Al bajar

la inundación se observa un aumento de la vegetación senescente. Hacia el final del pulso la vegetación se recupera y se observa un aumento en la cobertura de vegetación verde con y sin agua.

► Grupo 5 (12,5% de la superficie de lagunas, 39 lagunas): Se observa un patrón similar a los Grupos 1 y 4 en las dos primeras fechas. Luego el agua de la inundación se retira y comienza a aumentar la cubierta de vegetación con agua debajo; finalmente al final del pulso se observa una cobertura similar a la inicial.

► Grupo 6 (1,2% de la superficie de lagunas, 33 lagunas): Incluye a lagunas vegetadas. En la fase de aguas bajas se observa un aumento en la vegetación senescente que luego disminuye, recuperándose la vegetación verde sin agua debajo.

► Grupo 7 (4,1% de la superficie de lagunas, 58 lagunas): Presenta al inicio del pulso coberturas similares a los Grupos 1, 4 y 5. Luego entra la inundación, pero no disminuye la cobertura de vegetación. En las siguientes fechas aumenta la cobertura de vegetación con agua y de agua con baja concentración de sedimentos. La disminución de los sedimentos en suspensión podría asociarse a una baja energía del agua que entra a las lagunas y a la presencia de vegetación.

► Grupo 8 (1,6% de la superficie de lagunas, 28 lagunas): Presenta al inicio una cobertura similar a los Grupos 1, 4 y 5 y 7, luego entra la inundación y aumenta la cobertura de vegetación senescente. Hacia el final del pulso las lagunas recuperan la vegetación verde.

#### **4. Conclusiones**

El método para delimitar las lagunas permitió obtener una base de datos de las lagunas del área de estudio, no identificadas en la cartografía existente. Asimismo, fue posible identificar ocho tipos de laguna según el patrón de cambios de las coberturas. La vegetación de macrófitas cumpliría un papel clave en la dinámica de la mayor parte de la superficie cubierta por lagunas. El trabajo se continuará evaluando otros pulsos de inundación y comparando los patrones de comportamiento de las lagunas.

### **Bibliografía**

[1] **Baigún, C. R. M. M. et al.** (2008). “Resource use in the Parana River Delta (Argentina): moving away from an ecohydrological approach?”, *Ecohydrology & Hydrobiology* 8, pp. 245-262.

[2] **Sheng, Y. et al.** (2016). “Representative lake water extent mapping at continental scales using multi-temporal Landsat-8 imagery”, *Remote Sensing of Environment* 185, pp. 129-141.

[3] **Malvárez, A. I.** (1997). “El Delta del Río Paraná como mosaico de humedales”, en Malvárez, A. I. (ed.): *Tópicos Sobre Humedales Subtropicales y Templados de Sudamérica*. Montevideo, Uruguay, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe, pp. 35-53.

[4] **Borro, M. M. et al.** (2014). “Mapping shallow lakes in a large South American floodplain: a frequency approach on multi-temporal Landsat TM/ETM data”, *Journal of Hydrology* 512, pp 39-52.