

CAMBIOS DEL USO DEL SUELO EN EL GRAN LA PLATA Y SU INFLUENCIA EN EL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO

Herrera Niño, Felipe^{1,2}, Dell' Arciprete, Daiana^{1,2},
Zanandrea, Juan Francisco³, Laurencena, Patricia^{1,4}, Montealegre Medina, Fabio Alejandro^{4,5}
y Kruse, Eduardo^{1,2}.

¹ Centro de Estudios Integrales de la Dinámica Exógena (CEIDE), Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM), Universidad Nacional de La Plata, 64 N°3, La Plata, Argentina.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

³ CITNOBA (UNNOBA-UNSA-CONICET), S. A. de Areco, Argentina.

⁴ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), Argentina.

⁵ Centro de Estudios Integrales de la Dinámica Exógena (CEIDE), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF). Universidad Nacional de La Plata, Diagonal 113 N° 469, La Plata, Argentina.

E-mail: felipe.herrera@fcnym.unlp.edu.ar, dellarcipretdaiana@fcnym.unlp.edu.ar, jfzanandrea@conicet.gov.ar, plarencena@hotmail.com, fabalmon@gmail.com, kruse@fcnym.unlp.edu.ar

Introducción

El área de estudio se delimita por un conjunto de cuencas hidrográficas que drenan hacia el Río de la Plata en los municipios de Berisso, Ensenada, La Plata y Magdalena (Fig. 1). Dentro de esta región se encuentra el conglomerado urbano conocido como Gran La Plata (GLP), el cual incluye los tres primeros municipios. En los últimos tiempos, esta zona ha experimentado un rápido crecimiento urbano, la pérdida de cobertura vegetal y un aumento en la extracción de agua de los acuíferos para diversos usos como riego, consumo humano e industrial, entre otros (Kruse et al., 2012). Estos cambios en el suelo pueden tener impactos significativos en la disponibilidad y calidad del agua superficial y subterránea, así como también modificar los componentes del ciclo hidrológico. El objetivo principal de este estudio es analizar la evolución del uso del suelo y sus consecuencias ambientales e hidrogeológicas.

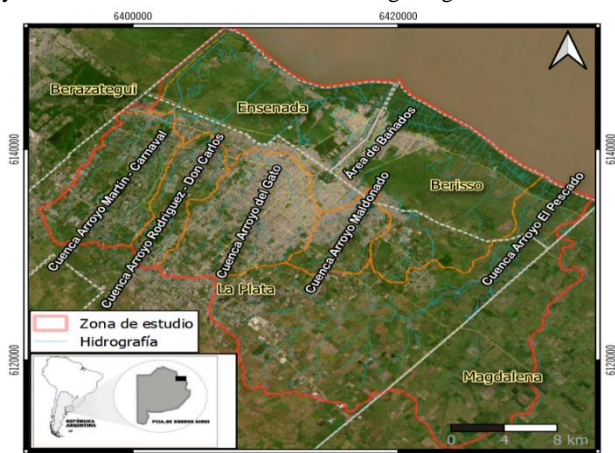


Figura 1.- Mapa de ubicación del área de estudio.

Metodología

El desarrollo metodológico se basó en cuatro etapas principales: 1) elaboración de mapas de uso/cobertura de suelo (MUCS), 2) validación de los mapas, 3) detección de cambios y 4) determinación de la influencia hidrogeológica sobre las transformaciones territoriales. Los MUCS se generaron por medio una clasificación supervisada en la plataforma de análisis geoespacial Google Earth Engine. Para esto, se procesaron simultáneamente colecciones de imágenes satelitales Landsat 5 TM y 9 OLI/TIRS correspondientes a los años 2011 y 2022, respectivamente. Se probaron distintos algoritmos de clasificación como *Random Forest* (RF), *Support Vector Machine* (SVM) y *Classification and Regression Trees* (CART). La validación de los mapas se llevó a cabo utilizando dos fuentes de datos: puntos de control tomados en campo y la evaluación de información antecedente. Para el MUCS del 2011, se

consideraron fotografías aéreas y mapas previos de distintos autores a distintas escalas espaciales. En el caso del MUCS del 2022 se evaluó la precisión con puntos de campo recolectados de campaña exploratoria en febrero del presente año. Además, de forma complementaria se analizaron imágenes de muy alta resolución disponibles en el *Worldview* de *Google Satellite* y *Bing Satellite*. La detección de cambios se abordó con el método por diferenciación (*Cross Classification*) disponible en el complemento *Semi-Automatic Classification* del Software QGIS. Finalmente, con la información obtenida se hizo un análisis detallado para evaluar cómo las transformaciones territoriales pueden afectar diferentes aspectos del sistema hidrogeológico.

Resultados

Los MUCS correspondientes a 2011 y 2022 se presentan en las figuras 2 y 3, respectivamente. Se observó que el algoritmo de clasificación *Random Forest* (RF) produjo un mapeo automatizado con mejores resultados.

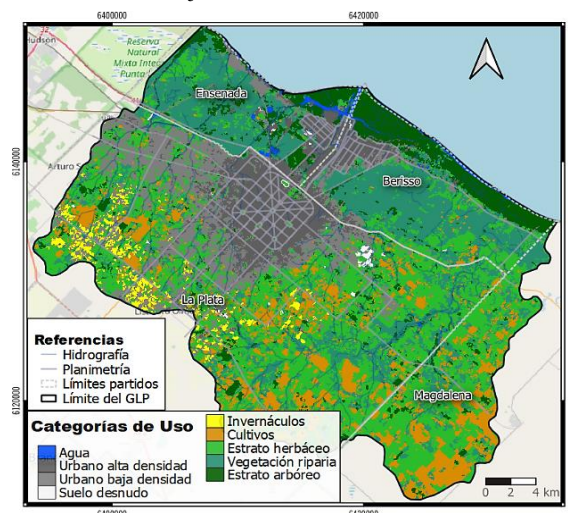


Figura 2.- Mapa de Uso/Cobertura de suelo del año 2011.

La validación del MUCS de 2011 dio un valor de precisión total del 93,67 % y de Coeficiente Kappa 0.92. En el MUCS del 2022 estos resultados fueron 94,75 % y 0.94, respectivamente. La detección de cambios evidencia un conjunto de transformaciones territoriales dinámicas en el periodo de análisis (11 años). En el gráfico 1 se ilustran las áreas totales de cambio en hectáreas y las diferencias relativas (%) respecto a 2011 para cada categoría de uso. Se identifican situaciones tanto de pérdidas como de ganancias en superficie. Las principales pérdidas se encuentran en la vegetación riparia (18%) y en el estrato herbáceo (16%), mientras que las mayores ganancias ocurrieron en los campos de cultivos al aire (29%), invernáculos (100%) y en sectores urbanos

(41%). Las categorías agua, estrato arbóreo y suelo desnudo muestran menores variaciones. Asimismo, se observa que las áreas hortícolas bajo cubierta (invernáculos) han duplicado su extensión areal y van expandiéndose hacia la cuenca del arroyo Maldonado y El Pescado. El uso de la tierra en el área periurbana presenta mayor desarrollo agrícola en el 2011 que en el 2022 donde fue modificándose por el avance de la urbanización de baja densidad. Al mismo tiempo que el sector urbano de alta densidad fue creciendo a expensas del sector de baja densidad (fenómeno de conversión). En los partidos de Berisso y Ensenada el crecimiento de la urbanización fue hacia el área de humedales costeros, caracterizada por vegetación riparia.

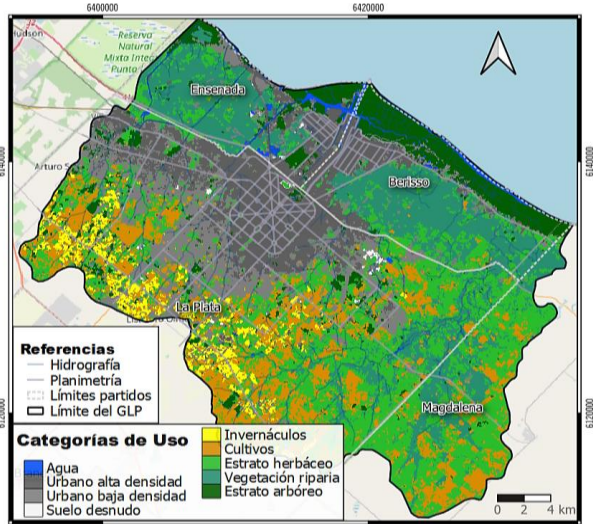


Figura 3.- Mapa de Uso/Cobertura de suelo del año 2022.

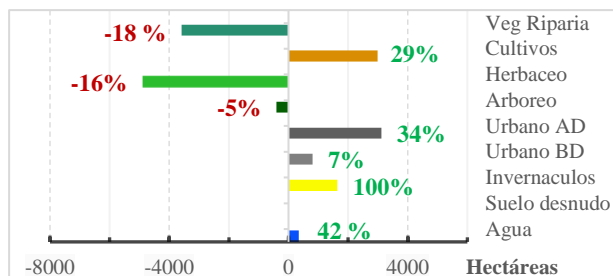


Gráfico 1.- Cambios totales en hectáreas y diferencias relativas (%) de cambio respecto al año 2011. Abreviaciones: AD (Alta densidad), BD (Baja Densidad).

Tabla 1.- Fenómenos espacio-temporales y su influencia hidrogeológica. Abreviaciones: AS (Agua Subterránea).

Cobertura	Fenómeno	Influencia hidrogeológica
Invernáculos	Expansión hortícola	Impermeabilización del suelo → menor recarga del acuífero. Aumento del riego → mayor extracción de AS.
Urbana alta y baja densidad	Expansión y conversión	Aumento en la demanda → mayor extracción de AS. Impermeabilización del suelo → menor recarga del acuífero.
Cultivos	Expansión agrícola	Aumento del riego → mayor extracción de AS.
Vegetación riparia, arbórea y herbácea	Reducción de vegetación.	Menor retención de agua superficial → disminución en la infiltración y recarga del acuífero.

Estas transformaciones promueven a la impermeabilización del suelo, y por consiguiente al aumento del escurrimiento superficial y la disminución de la infiltración. Los fenómenos espacio-temporales identificados y su influencia hidrogeológica se resumen en la tabla 1.

Análisis de resultados

Los resultados logrados permiten entender las transformaciones territoriales en el GLP durante los 11 años de análisis y su influencia en el comportamiento hidrogeológico. Los MUCS proporcionaron una línea de base sólida para analizar la evolución espacio-temporal en la región. Si bien los resultados de la validación son buenos, en próximas campañas se tomarán más datos de campo para ajustar más la precisión de la clasificación del MUCS del 2022.

El acelerado desarrollo frutihortícola en los sectores medios y altos de las cuencas hídricas, junto a la rápida expansión urbana, conforman las transformaciones más prominentes del territorio. Similares patrones de movimiento fueron obtenidos por Baldini (2020) para el partido de La Plata. Como consecuencia se produce una mayor demanda de agua, un aumento en la explotación del recurso hídrico subterráneo y perturbaciones hidrodinámicas. Estos cambios pueden originar zonas de competencia entre distintos usuarios del agua subterránea. Estudios realizados en la misma zona por García y Zanandrea (2018) evidencian cómo en algunos sectores se ha modificado el flujo hidrológico natural y la marcada profundización de los niveles piezométricos. Estos autores asocian dichos fenómenos con la explotación intensiva del área. Otra consecuencia de esto último, es el aumento de la superficie del cono de depresión y su desplazamiento desde el casco urbano hacia la zona periurbana (Laurencena et al, 2010; García y Zanandrea, 2018).

Las consecuencias de los fenómenos espacio-temporales expuestos en la tabla 1 pueden manifestarse de forma drástica durante eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones. Durante las sequías, la reducida recarga del acuífero puede agravar aún más la disminución de los niveles de agua debido a la explotación excesiva. Por otro lado, la expansión urbana y agrícola, que conlleva a la impermeabilización del suelo, crea condiciones propicias para un aumento en el escurrimiento superficial y consecuentemente en las posibilidades de inundaciones.

Conclusiones

La información obtenida en el presente trabajo indica que el área de estudio ha experimentado modificaciones significativas en el uso del suelo, lo cual genera un impacto directo sobre el agua subterránea. Principalmente afectan las posibilidades de infiltración y recarga de los acuíferos; procesos claves para garantizar la disponibilidad de agua a largo plazo. Los resultados de este estudio resaltan la importancia de considerar el manejo adecuado del suelo en el análisis de la gestión del recurso subterráneo. Es crucial implementar medidas adecuadas de planificación y gestión para asegurar su sostenibilidad, a fin de lograr un equilibrio entre el desarrollo económico y la protección del recurso hídrico.

Referencias Bibliográficas

- Baldini, C. (2020). "Territorios en movimiento: las transformaciones territoriales en el Cinturón Hortícola Platense en los últimos 30 años". Tesis de Doctorado. FCyF, Universidad Nacional de La Plata.
- García, J.M. y Zanandrea, J.F. (2018). "Evaluación de la dinámica hídrica del agua subterránea en la región del Gran La Plata". Recuperado de http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/12890/24-aguas-garcia-juanmanuel-unlp.pdf XXVI Jornadas de Jóvenes Investigadores de la Asociación de Universidades Grupo Montevideo. Mendoza, Argentina.
- Kruse, E.; Sarandón, R. y Gaspari, F (Comp.). (2012). Impacto del cambio climático en el Gran La Plata. UNLP. Proyecto de Investigación, Innovación y Transferencia en Áreas Prioritarias.
- Laurencena, P., Deluchi, M., Rojo, A. y Kruse, E. (2010) "Influencia de la explotación de aguas subterráneas en el sector periurbano de La Plata." *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 66 (4) p. 484 - 489 Número especial Geología Urbana, Ordenamiento Territorial y Teledetección.