

Caracterización del sellado del suelo según tipologías residenciales en un contexto de expansión urbana: Bahía Blanca, Argentina

Soil sealing characterization according to residential typologies in an urban growing context: Bahía Blanca, Argentina

Anabella Montico

Licenciada en Ciencias Ambientales. Becaria doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur. Calle 12 de octubre 1198, 4° piso, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, anabella.montico@uns.edu.ar, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4618-2992>

Paula Andrea Zapperi

Doctora en Geografía. Investigadora Asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur. Calle 12 de octubre 1198, 4° piso, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, paula.zapperi@uns.edu.ar, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0783-1467>

Recibido: 22 de julio 2021 || Aprobado: 17 de noviembre 2021

Resumen

El objetivo del trabajo es analizar el proceso de sellado del suelo a escala microlocal, tomando como caso de estudio el periurbano de Bahía Blanca, Argentina. A través de la interpretación visual de imágenes satelitales y considerando a los barrios residenciales como unidades de análisis se obtuvieron indicadores del sellado del suelo. Estos se correlacionaron con variables representativas de la vegetación, densidad de ocupación e indicadores urbanísticos a través de pruebas de Spearman no paramétricas. Las correlaciones significativas se dieron con la densidad urbana de viviendas, con el porcentaje de lotes vacantes y con el de vegetación leñosa presente. El indicador de intensidad de sellado permitió reconocer a las áreas residenciales cerradas como focos de sellado del suelo.

Palabras clave: Sellado del suelo; Periurbano; Indicadores urbanísticos; Argentina

Abstract

The work aims to analyze the soil sealing process from the micro-local scale, taking as a case study the peri-urban area of Bahía Blanca, Argentina. Using visual interpretation of satellite imagery and considering residential neighborhoods as analysis units, soil sealing indicators were obtained. These results were correlated through non-parametric Spearman tests with variables such as occupation density, vegetation and urban indicators. Significant correlations were found with urban housing density, with the percentage of vacant lots and woody vegetation. The soil sealing intensity indicator leads to the recognition of gated neighborhoods as the areas with the highest sealing intensity.

Keywords: Soil sealing; Peri-urban area; Urban indicators; Argentina

Cita sugerida: Montico, A. y Zapperi, P. A. (2022). Caracterización del sellado del suelo según tipologías residenciales en un contexto de expansión urbana: Bahía Blanca, Argentina. *Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía*, (31), 114. <https://doi.org/10.37838/unicen/est.31-210>



Este trabajo está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

INTRODUCCIÓN

El sellado del suelo puede definirse como el proceso de impermeabilización de la superficie del suelo asociado al avance del área urbana, causado principalmente por la extensión de las edificaciones y la pavimentación de las vías de circulación (De Tomás et al., 2010). Por otra parte, la acelerada urbanización de la periferia de las ciudades constituye uno de los principales fenómenos urbanos del siglo XXI (Ortiz-Moreno y Vieyra-Medrano, 2018). El consumo de suelo que implica este proceso altera las condiciones ambientales (Ortiz-Moreno y Vieyra-Medrano, 2018), debido a que ocasiona la pérdida de un suelo que presta múltiples servicios ecosistémicos (Simón et al., 2013), tales como la provisión de alimentos, provisión de hábitat para la biodiversidad y la regulación hídrica. Este último, resulta de particular interés debido al impacto del proceso de sellado en la generación de escorrentía, producto de precipitaciones que, al mismo tiempo, se asocia con la gestión de las aguas pluviales en el ámbito de las ciudades. Tanto la impermeabilización como la compactación de los suelos expuestos limitan significativamente la infiltración de las precipitaciones (Argañaraz y Lorenz, 2010), aumentando el volumen de escorrentía y, así la vulnerabilidad a las inundaciones (Villarreal y Bengtsson, 2005). Es por esto que, las áreas cuyos suelos están expuestos, adquieren relevancia dado que actúan como focos de infiltración (Argañaraz y Lorenz, 2010).

El fenómeno del sellado urbano del suelo ha sido estudiado por distintos autores, principalmente en Europa (García-Alvarado et al., 2018; Salvati, 2014; Tombolini et al., 2016; Valera-Lozano et al., 2011) aunque también en otras regiones del mundo como Asia (Shao et al., 2019). En América Latina, existen escasos antecedentes del abordaje de esta problemática, principalmente hallados en Brasil, tales como los estudios de Kauffman y da Silva (2005), Gioppo Nunes y Fiori (2008) y Justino et al. (2011). En el caso de Argentina, existen normas a nivel local, como ordenanzas y Códigos de Planeamiento Urbano y de edificación, que regulan la impermeabilización del suelo en distintas ciudades. No obstante, desde el ámbito académico, su estudio es escaso (Gutiérrez y Ayala, 2000; Zalechak et al., 2017; Zapperi et al., 2020).

En términos de escala de investigación, entendida como el nivel de resolución que permite detectar determinados fenómenos de un espacio geográfico (Joly, 1982), en los estudios urbanos, usualmente se utilizan los límites municipales para definir la unidad de análisis, dadas las posibilidades de comparación y uso de datos demográficos y socioeconómicos (Tombolini et al., 2016). No obstante, la investigación dentro de las ciudades se realiza también a escala de edificio, lote, calle o barrio, objetos de estudio que se abordan a una escala microlocal (Osmond, 2003). En esta misma línea, García-Alvarado et al. (2014) sostienen que el fenómeno de sellado del suelo requiere de un análisis detallado para lograr intervenciones de manejo y mitigación que no resulten muy generales y, en definitiva, inadecuadas para las características de un área dada. Es por esto que, para el presente trabajo, se plantea que el análisis a dicha escala permite identificar a las tipologías residenciales que pueden conformar focos de sellado del suelo al interior de la ciudad y, cuyo aporte diferencial no podría ser detectado con el análisis desde una escala de resolución local.

En el presente trabajo se propone analizar la temática, tomando como caso de estudio un sector del área periurbana de la ciudad de Bahía Blanca. La ciudad recibe el escurrimiento que se acumula en la cuenta alta y media del arroyo Napostá Grande,

cuyo curso atraviesa su interior, lo que aumenta el peligro de inundaciones por crecidas (Mastrandrea y Pérez, 2020). Por otra parte, en los últimos años, existe una tendencia de expansión hacia el norte de la ciudad (Urriza y Garriz, 2014), de manera discontinua y en baja densidad de ocupación (Urriza, 2018). De acuerdo con las condiciones del medio natural, es considerada como la zona de mayor aptitud de la ciudad para recibir el crecimiento urbano (Zinger et al., 1990; Urriza y Garriz, 2014). Esta extensión responde a las tendencias del mercado y la valorización inmobiliaria evidenciadas en las últimas décadas, consolidando la franja norte-noreste del periurbano a través de desarrollos inmobiliarios que incluyen en su oferta la promoción de un entorno verde y calidad paisajística (Urriza, 2018). A su vez, no existen disposiciones específicas que regulen el proceso de sellado del suelo dentro de la normativa de planificación urbana local, compuesta por el Código de Planeamiento Urbano, el Código de edificación y ordenanzas municipales (Montico et al., 2019). Cabe resaltar que el sellado del suelo en el medio urbano no responde únicamente a la edificación, sino también a la cobertura de superficies libres con materiales impermeables. De aproximaciones previas en la temática y sobre la ciudad estudiada, se desprende que los indicadores urbanísticos que regulan la ocupación del suelo, no limitarían la pérdida de suelo natural que resulta del revestimiento de la superficie a ocupar (Zapperi et al., 2020).

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es caracterizar el sellado del suelo en el sector norte del periurbano de Bahía Blanca, desde la escala microlocal. Paralelamente, se busca analizar el proceso de sellado en relación a las características hidrológicas de los suelos sobre los que avanza la ciudad. Para ello se plantean los siguientes objetivos particulares: i) cuantificar el porcentaje de suelo sellado en el área de estudio; ii) determinar los grupos hidrológicos del suelo; y iii) analizar la relación entre el sellado del suelo en las áreas residenciales y posibles variables explicativas del proceso. Los objetivos se plantearon con el propósito de aportar conocimiento sobre este proceso intrínseco a la dinámica de las ciudades y contribuir a la generación de propuestas de gestión, en el marco de la planificación urbana local, que permitan contemplar las características, posibles causas y consecuencias del fenómeno.

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a un sector de aproximadamente 35 km², ubicado en la zona norte del periurbano de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina (figura 1). Su delimitación se fundamentó en la disponibilidad de información acerca de los tipos de suelos y en las evidencias que presenta el sector del proceso de expansión de la ciudad hacia la periferia. La ciudad de Bahía Blanca se emplaza en el suroeste de la provincia de Buenos Aires y es cabecera del partido homónimo, con una población de 301.572 habitantes (INDEC, 2010).

En cuanto a sus características climáticas, se encuentra latitudinalmente comprendida en la franja de climas templados (Capelli de Steffens et al., 2005). La temperatura media anual es de 15,5°C con una estacionalidad térmica marcada y las precipitaciones medias anuales rondan los 650 mm (Ferrelli, 2016). La precipitación media anual para el período registrado entre 1960 y 2014 fue de 644,6 mm con variaciones interanuales que van desde 354,7 mm a 1083,6 mm (Ferrelli 2016) y que se relacionan principalmente con el fenómeno El Niño Sur Oscilación (ENOS) (Aliaga et al., 2017). El régimen pluviométrico

co presenta sus máximos en las estaciones de primavera y otoño. Por otra parte, el análisis de los montos diarios de lluvia del Servicio Meteorológico Nacional para el período 1990-2020 determinó que el valor de precipitación diaria de mayor frecuencia no supera los 10 mm. En términos de intensidad, duración y frecuencia, según Sequeira (2006) una precipitación con una intensidad de 10,2 mm/h tiene un período de retorno de dos años. A su vez, Zapperi (2012) identificó que eventos de lluvia con estas características producen anegamientos temporales en el centro y macrocentro de la ciudad debido a la baja pendiente y rápida saturación del sistema de desagüe.

Desde el punto de vista hidrográfico, el sector este del área de estudio se encuentra emplazado en la cuenca inferior del arroyo Napostá Grande, en tanto que el sector oeste forma parte de la cuenca del arroyo Saladillo o Dulce; cuyo tramo inferior presenta un alto grado de antropización, lo que da lugar a una red de drenaje funcional a los usos del suelo que atraviesa (González et al., 2020).

En cuanto a pendientes y escurrimiento, el sector estudiado presenta pendientes cambiantes bajo la predominancia de un relieve llano, con sectores puntuales donde el desnivel del terreno puede superar los 3° (Zapperi, 2012). La altura varía de mayor a menor en sentido norte-sur y los barrios ubicados en esta zona se encuentran en un nivel de terraza que supera los 60 m (Ferrelli, 2016). El trazado de las calles es coincidente con la dirección de la pendiente, lo que contribuye con los procesos erosivos que son generados a partir de la escorrentía (Zapperi, 2012).

En cuanto a las características edafológicas, los Molisoles, suelos modernos y de evolución moderada, son los que presentan mayor distribución regional (Amiotti et al., 2010). En particular, en el área de estudio, los suelos corresponden a Haplustoles, Argiudoles y Argiustoles y presentan mayormente buen drenaje. La presencia de un horizonte petrocálcico o capa de carbonato de calcio, conocido localmente como tosca, a escasa profundidad es un rasgo distintivo de la región. Su presencia en las zonas de lomas, generalmente a profundidades inferiores a los 30 cm, ocasiona que la evolución de los suelos en estas áreas sea incipiente (Amiotti et al., 2010), constituyendo un factor poco favorable para la infiltración de agua debido a la baja permeabilidad por fisuración (González Uriarte, 2010).

La vegetación del área ha sido profundamente modificada por la acción antrópica. Según la clasificación fitogeográfica propuesta por Cabrera (1951), el área de estudio pertenece al Dominio Chaqueño. A su vez, se trata de una zona de ecotono, donde confluyen las provincias fitogeográficas del Espinal, del Monte y la Pampeana (Cabrera, 1976 en Benedetti y Campo de Ferreras, 2007). Si bien se hallan remanentes de monte y espinal, la formación dominante es la Pampeana, donde los matorrales xerófilos y la pradera herbácea constituyen la vegetación natural (Petagna y Zinger, 1986 en Benedetti y Campo de Ferreras, 2007). Los remanentes de espinal están representados por comunidades donde la especie predominante es el chañar (*Geoffroea decorticans*), que crece bajo la morfología de arbusto cuando se presenta en grupos. También pueden encontrarse especies arbóreas exóticas vinculadas a las arboledas de las principales vías de acceso a la ciudad como el eucalipto (*Eucalyptus rostrata*) y el pino (*Pinus sp.*).

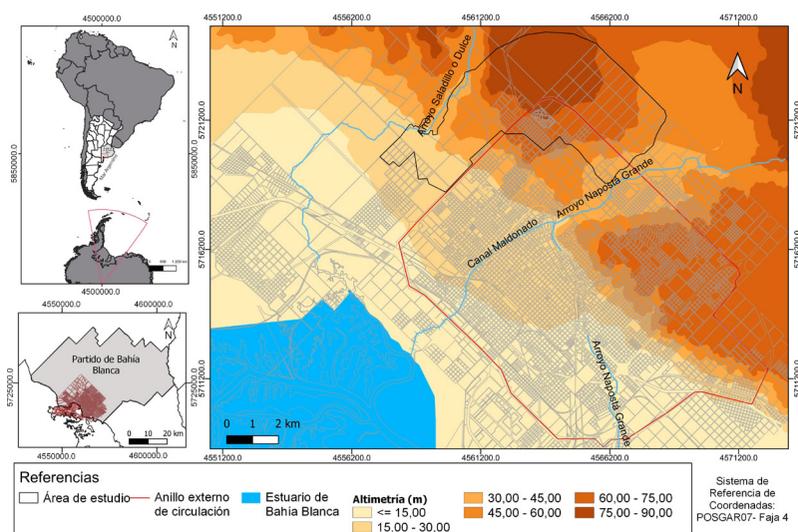


Figura 1. Ubicación geográfica y delimitación del área de estudio

Fuente: elaboración personal sobre la base del Plano de Catastro de la Municipalidad de Bahía Blanca y de la Carta de suelos de la provincia de Buenos Aires del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria)

DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS

Para la caracterización del fenómeno de sellado urbano del suelo desde la escala microlocal, se consideraron en primer término las áreas construidas y se discriminaron según la existencia o no del uso residencial. Las áreas residenciales se clasificaron según la zonificación establecida por el Código de Planeamiento Urbano de Bahía Blanca, que emplea como criterio la densidad de ocupación y los usos habilitados (tabla 1).

Categoría	Tipología residencial	Distrito de zonificación	Barrio (Bo.)	
Área construida residencial	Residencial suburbano	Periurbano Calificado (PUC)	Altos de la Carrindanga	
		Suburbano recreativo (SURE)	Las Lomitas	
		Suburbano residencial (SUR2)	Los Muñecos	
	Residencial unifamiliar baja densidad	Residencial Parque (RP1)		Los Chañares
				Las Lomitas
				Paihuén
				El Maitén
				Parque Norte
				La Cañada
				Las Calandrias
Residencial cerrado	Barrio cerrado	Club de campo	Bosque Alto	
			Solares Norte	
			La Reserva	
Área construida no residencial	-	-	-	

Tabla 1. Unidades de análisis

Fuente: elaboración personal sobre la base del Código de Planeamiento Urbano de Bahía Blanca (Municipalidad de Bahía Blanca, 2016)

Asimismo, estas áreas se agruparon en función de la tipología residencial que representan: i) residencial suburbano, correspondiente a áreas aptas para vivienda unifamiliar de carácter suburbano; ii) residencial unifamiliar de baja densidad, áreas con traza de barrio parque y características de tejido abierto, usos recreativos de esparcimiento, así como áreas de reserva paisajística; y iii) residencial cerrado, diferenciado tanto por sus características en relación al sellado del suelo, como por su carácter privado y las implicancias de este en la implementación de los instrumentos de planificación urbana. Por último, la unidad de análisis se conformó a partir de cada uno de los barrios presentes en el área de estudio (figura 2).

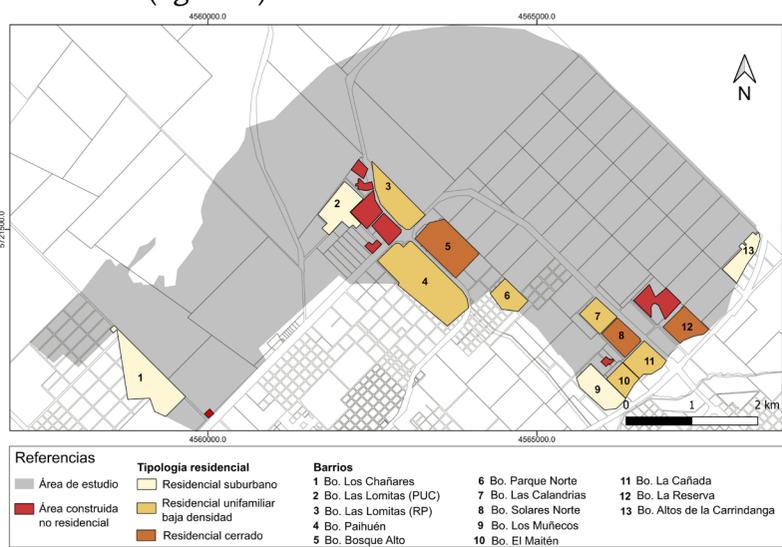


Figura 2. Ubicación de las unidades de análisis

Fuente: elaboración personal sobre la base de datos abiertos de la Municipalidad de Bahía Blanca

MEDICIÓN DEL PORCENTAJE DE SELLADO DEL SUELO

La caracterización de la cobertura se llevó a cabo a través del análisis visual de una imagen satelital obtenida del *software* libre Google Earth Pro con fecha del 23 de agosto de 2020. Con herramientas del *software* libre QGis 3.10, se vectorizaron las coberturas permeables e impermeables para cada parcela ocupada por construcción. A su vez, en la porción permeable, se diferenció la vegetación herbácea de la leñosa. Estas clasificaciones se realizaron considerando los criterios de interpretación visual de imágenes: brillo y color (criterio espectral), forma, tamaño y textura (criterio espacial simple) y sombras y contexto (criterio espacial complejo) (Chuvienco, 2008). Los resultados obtenidos fueron verificados con trabajo de campo.

A partir de esta información, se calculó, para cada unidad analizada, el porcentaje de sellado del suelo (%). Este valor se obtuvo de la relación entre la superficie impermeable y la superficie total. También se adaptó el índice propuesto por Salvati (2014), denominado INT (Intensidad de sellado del suelo), para ser calculado en las tres tipologías en las que se agruparon las áreas residenciales. Este corresponde al promedio ponderado de la superficie impermeable de cada unidad de análisis dentro las categorías definidas.

ANÁLISIS DE VARIABLES ASOCIADAS AL PROCESO DE SELLADO DEL SUELO

Para analizar las características del proceso de sellado del suelo en las zonas residenciales del área de estudio, se seleccionaron como posibles variables relacionadas con el

mismo: i) las disposiciones del Código de Planeamiento Urbano de Bahía Blanca, representadas por los indicadores urbanísticos FOS (Factor de Ocupación del Suelo) y FOT (Factor de Ocupación Total) y la superficie de subdivisión de parcelas; ii) la densidad de ocupación, aplicando el indicador propuesto por Cabrera-Jara et al. (2015), denominado Densidad Urbana de Viviendas. Este mide la densidad neta de viviendas por hectárea y se calcula como el cociente entre el número de viviendas y la superficie efectiva neta (superficie total menos la superficie destinada a vías y equipamientos); iii) el grado de consolidación de las áreas residenciales, tomando como indicador el porcentaje de lotes vacantes presentes en cada una; y iv) el perfil paisajístico del área residencial, representado por el porcentaje de vegetación leñosa presente, calculado como el cociente entre la superficie ocupada por vegetación leñosa respecto de la superficie total.

Sobre la base de Salvati (2014), se puso a prueba la normalidad de los datos a través del test de Shapiro-Wilk. Seguidamente, la correlación entre el sellado del suelo y las variables seleccionadas se testeó por medio de pruebas de rango de Spearman no paramétricas, empleando el *software* estadístico INFOSTAT, versión 2020. En todos los casos, el nivel de significancia fue $p < 0,05$.

DETERMINACIÓN DE LOS GRUPOS HIDROLÓGICOS DEL SUELO

Dado que el interés de estudiar el proceso de sellado del suelo en un área periurbana, radica en sus potenciales efectos sobre la capacidad del ecosistema de atenuar los flujos de agua provenientes de precipitaciones, se incorporaron como variable de análisis las características hidrológicas de los suelos del área de estudio. Para ello, se vectorizaron con herramientas de QGis 3.10 las unidades cartográficas de las hojas 3963-11-3 (Estación Vitícola), 3963-11-4 (Estación Corti) y 3963-17 (Bahía Blanca) de la carta de suelos de la provincia de Buenos Aires 1:50.000 del INTA. La caracterización de las unidades cartográficas se realizó a partir de la información disponible en las fichas descriptivas de las series del suelo que componen dichas unidades. Complementariamente, se delimitaron las zonas con presencia del horizonte petrocálcico cerca de la superficie, a partir de la interpretación visual de imágenes de Google Earth Pro (González Uriarte, 2010).

La clasificación de los suelos se realizó a partir de la categorización propuesta por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos para describir el comportamiento hidrológico de los suelos, según su tasa mínima de infiltración (Cronshey et al., 1986), que define cuatro GHS (grupos hidrológicos del suelo). La asignación de los GHS se realizó tomando como base la profundidad y la textura del horizonte menos permeable de la serie principal de cada unidad cartográfica.

RESULTADOS

SELLADO DEL SUELO EN EL PERIURBANO

Las áreas construidas ocupan el 9% del área de estudio, mientras que las áreas selladas corresponden solo al 1,7% de la misma. No obstante, si se focaliza en las unidades de análisis, los valores de sellado del suelo varían entre 6,7% y 47,34%. Lo que da muestra de una situación diversa en cuanto a la impermeabilización alcanzada por las distintas tipologías residenciales, constituyéndose en algunos casos en focos de sellado.

En la figura 3 se presenta la distribución de los tipos de cobertura en función de tres categorías: superficies impermeables, vegetación herbácea y vegetación leñosa. Se observa un predominio de las superficies permeables en las áreas residenciales suburbanas

como los barrios Los Chañares y Los Muñecos y un cambio gradual hacia las superficies impermeables al pasar a la tipología residencial unifamiliar de baja densidad, con su máxima expresión en los barrios cerrados, como La Reserva y Solares Norte. Las áreas construidas no residenciales presentan un sellado del 18%.

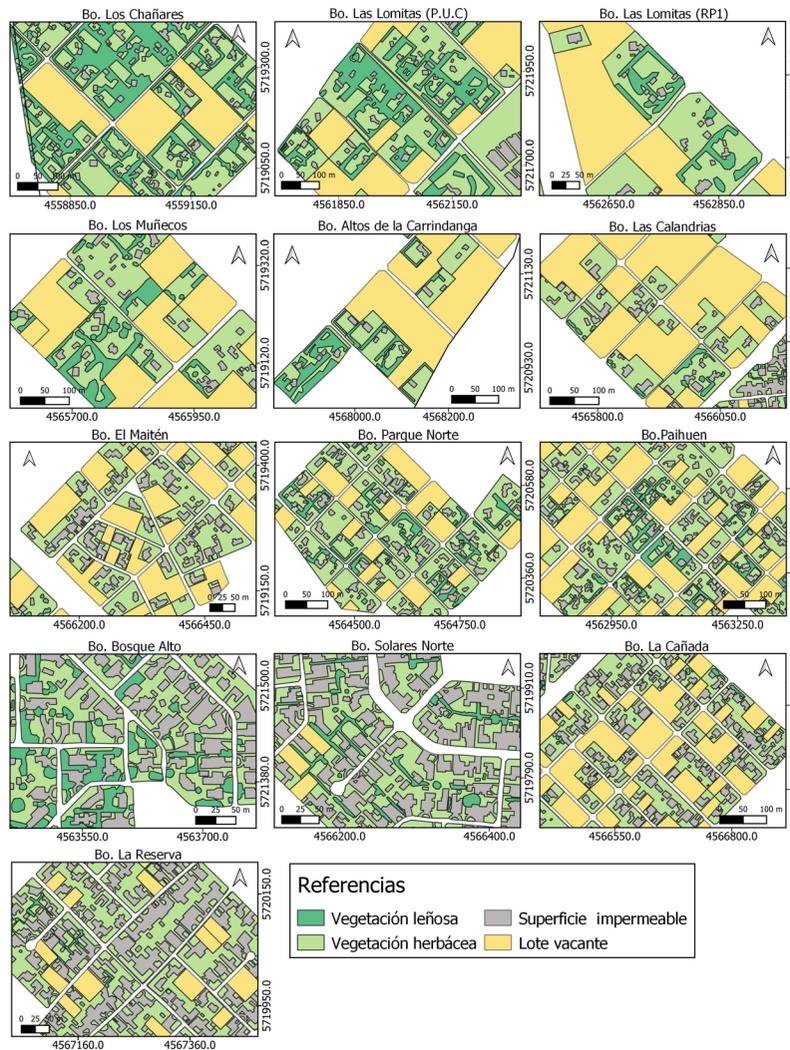


Figura 3. Distribución de los tipos de cobertura en los barrios estudiados
Fuente: elaboración personal sobre la base de imagen satelital de Google Earth Pro. Año 2020

En cuanto al proceso de sellado en relación con los tipos hidrológicos del suelo, el grupo hidrológico C ocupa el 83,86% del área analizada, en tanto que el grupo hidrológico D corresponde al 16,14%. Sin embargo, el 96,14% de la superficie sellada se encuentra sobre GHS C y solo el 3,86% se encuentra sobre GHS D (figura 4).

En la figura 5 se muestran los porcentajes de cada tipo de cobertura, diferenciando en términos de superficie impermeable, cobertura herbácea y leñosa, para cada unidad de análisis. Los menores porcentajes de impermeabilización se presentan en los barrios asociados a la tipología residencial suburbana, donde los usos permitidos por el Código de Planeamiento Urbano de Bahía Blanca se encuentran orientados a las tipologías residenciales de muy baja densidad de ocupación. Estos son los barrios Las Lomitas, Altos de la Carrindanga, Los Chañares y Los Muñecos.

Al analizar el porcentaje de suelo sellado en los barrios pertenecientes a la tipología residencial unifamiliar de baja densidad, el rango de variación es notable. Sin embargo, el valor más bajo de impermeabilización corresponde al sector del barrio Las Lomitas, un loteo que comprende dos distritos de zonificación (Periurbano Calificado -1-) y Residencial Parque -1-) separados por la ruta nacional n° 33. El comportamiento del sellado en esta zona, que difiere en al menos nueve puntos con respecto al resto de los barrios, puede deberse a que creció bajo las tipologías de menor densidad de ocupación propias del periurbano, en correspondencia con lo que ocurre en el sector del barrio ubicado en la zona definida como Periurbano Calificado. En el resto de los barrios de este tipo, los porcentajes de suelo sellado varían entre 17% y 35% de la superficie analizada. Los máximos valores de suelo sellado por impermeabilización se hallan en los barrios cerrados Bosque Alto, La Reserva y Solares Norte, con 35,76%, 46,42% y 47,34%, respectivamente.

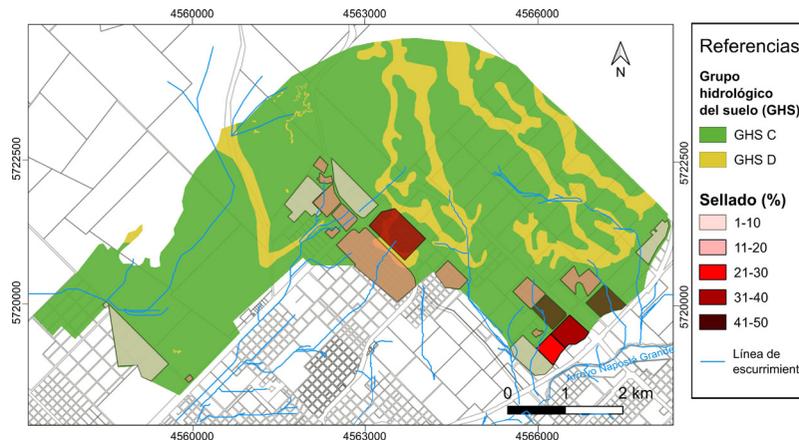


Figura 4. Distribución de las unidades de análisis sobre los GHS (grupos hidrológicos del suelo) en función de los porcentajes de sellado del suelo
Fuente: elaboración personal

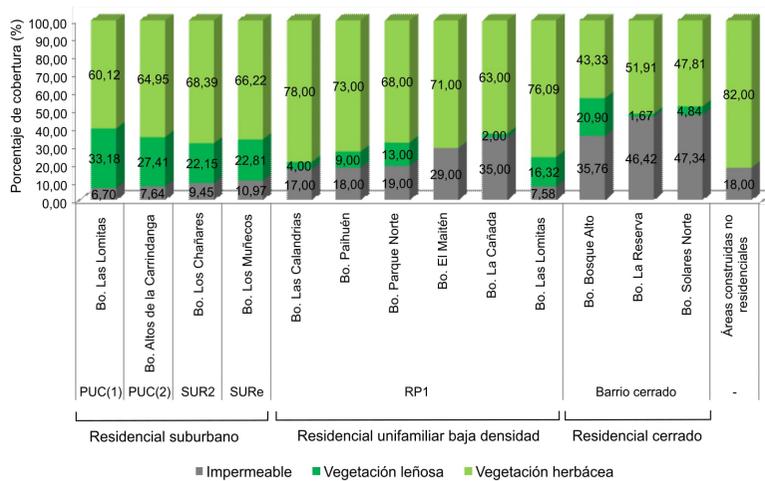


Figura 5. Cobertura de las unidades de análisis por superficie impermeable, vegetación herbácea y leñosa
Fuente: elaboración personal

Un punto interesante surge al analizar la composición de la superficie permeable en las áreas estudiadas. Tal como se observa en las figuras 3 y 5, existe una gran variabilidad en la proporción de vegetación herbácea y leñosa que conforman las áreas per-

meables. En todos los casos, la vegetación de tipo herbácea prevalece sobre la leñosa. Los porcentajes más altos de cobertura leñosa se dan en los barrios pertenecientes a la tipología residencial suburbana, con valores entre el 22% y el 33% de la superficie total, lo que se corresponde con los barrios que presentan los porcentajes más bajos de suelo sellado. En la tipología residencial unifamiliar de baja densidad se destaca el caso del barrio El Maitén, en donde los ejemplares de especies arbóreas no presentan una frondosidad que permita su detección a través del análisis visual. En cuanto a los barrios cerrados Solares Norte y La Reserva, exhiben valores muy bajos de cobertura leñosa, con 1,67% y 4,84% de la superficie total.

En relación con la intensidad de sellado del suelo (tabla 2), existe una tendencia ascendente en la intensidad de sellado del suelo al considerar las categorías residencial suburbano, unifamiliar de baja densidad y residencial cerrado. Esta última tipología, duplica y cuadruplica la intensidad de sellado de las categorías residencial unifamiliar y suburbano, respectivamente. Ello, sumado a que estos barrios son los únicos que presentan la totalidad de su trazado viario pavimentado, hace que se identifiquen como los focos de sellado del suelo en el área de estudio.

Tipología residencial	Residencial suburbano	Residencial unifamiliar baja densidad	Residencial cerrado
Intensidad de sellado (INT)	8,94 %	19,77 %	41,32 %

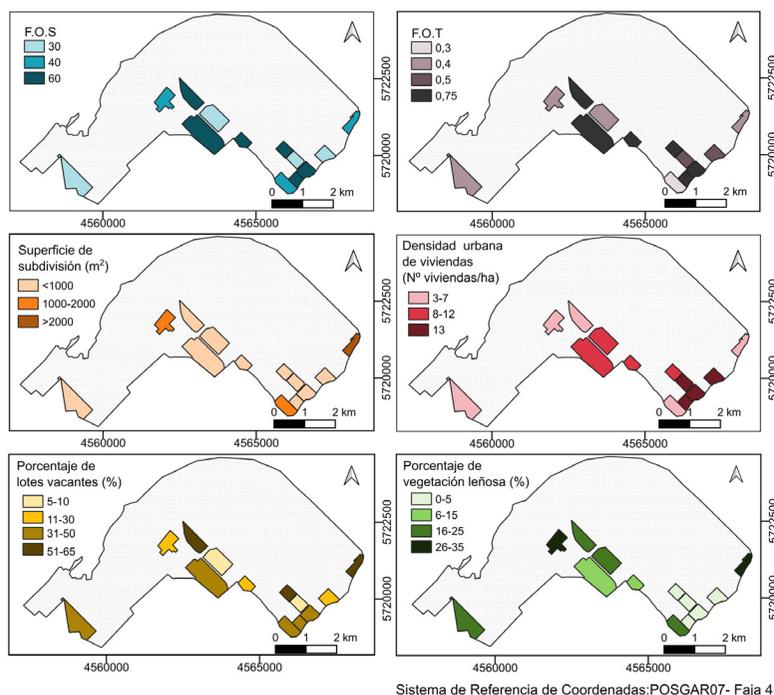
Tabla 2. Intensidad de sellado del suelo de las tipologías residenciales presentes en el área de estudio
Fuente: elaboración personal

RELACIÓN ENTRE EL SELLADO DEL SUELO Y LAS VARIABLES SELECCIONADAS

En la figura 6 se representa la distribución en el espacio de las variables seleccionadas para el análisis de correlación con el sellado del suelo para cada una de las unidades de análisis. El FOS varía entre 30% y 60%, lo que implica que se admite la construcción máxima de las parcelas en los porcentajes indicados. Notoriamente, en las áreas residenciales cerradas que presentan valores de sellado del suelo por encima del 35%, se establece un FOS del 30%. Esto muestra la particularidad de este tipo de área residencial, en donde se estaría edificando y, por consiguiente, impermeabilizando el suelo, por encima de lo establecido por la normativa de planificación urbana vigente.

Otro aspecto para resaltar viene dado por la densidad urbana de viviendas, indicadora de la densidad de ocupación. Esta presenta una variación de entre 3 y 13 viviendas por hectárea y los valores máximos se concentran al sureste del área de estudio, en unidades de análisis correspondientes a zonas residenciales cerradas (barrios La Reserva y Solares Norte) y de tipo residencial de baja densidad (barrios El Maitén y La Cañada).

En la tabla 3 se presentan los resultados del análisis de la relación entre el sellado del suelo y las cuatro variables seleccionadas, con sus respectivos indicadores. Se halló correlación significativa para $p < 0,05$ con la densidad urbana de viviendas, como indicadora de la densidad de ocupación ($p = 0,04$), con el porcentaje de vegetación leñosa, representando el perfil paisajístico de cada barrio ($p = 0,000024$) y con el porcentaje de lotes vacantes, como indicador del grado de consolidación de las áreas residenciales ($p = 0,01$).



Sistema de Referencia de Coordenadas:POSGAR07- Faja 4

Figura 6. Distribución espacial de las variables seleccionadas

Fuente: elaboración personal

Variable	Disposiciones del Código de Planeamiento Urbano		Superficie de subdivisión	Densidad urbana de viviendas	Grado de consolidación	Perfil paisajístico
	FOS	FOT				
Indicador	FOS	FOT	Superficie de subdivisión	Densidad urbana de viviendas	Porcentaje de lotes vacantes	Porcentaje de vegetación leñosa
Porcentaje de suelo sellado	-0,25	0,22	-0,30	0,90	-0,58	-0,70
Valor p	0,41	0,46	0,32	0,04	0,01	0,000024

Tabla 3. Resultados del análisis de correlación entre sellado del suelo y variables seleccionadas

Nota: Los valores en cursiva indican correlación significativa a $p < 0,05$

Fuente: elaboración personal

En cuanto a la densidad urbana de viviendas, se obtuvo una correlación positiva, que indica que las densidades de ocupación más altas se relacionan con porcentajes de suelo sellado más elevados. En cambio, en el caso de los dos últimos indicadores, se trata de correlaciones negativas. Esto implica que áreas con menor porcentaje de suelo sellado se asociarían con zonas que presentan mayores superficies ocupadas por vegetación de tipo leñosa. De igual forma, un menor porcentaje de lotes vacantes, que representaría un grado de consolidación del área residencial más avanzado, daría lugar a valores de suelo sellado mayores. Cabe aclarar que, el sellado solo fue cuantificado en los lotes que presentaban algún tipo de edificación, por lo que esta relación con el grado de consolidación no se refiere al obvio incremento del sellado debido al avance de las

construcciones, sino al aumento de la impermeabilización en lotes que, al momento de medir el sellado, ya se encontraban construidos.

No se halló correlación significativa entre el sellado del suelo y las disposiciones que establece la normativa de planificación urbana vigente en el área de estudio, representadas por el FOS, el FOT y la superficie de subdivisión de parcelas. Asimismo, los resultados obtenidos en relación con la densidad de ocupación indican que esta no se condice con la superficie de subdivisión de parcelas establecida por el Código de Planeamiento Urbano.

DISCUSIÓN

Tal como se presentó en los resultados, los valores de suelo sellado dentro del sector estudiado del periurbano de Bahía Blanca varían entre 6,7% y 47,34%, considerando las distintas unidades de análisis y tipologías residenciales. Al respecto, en Alemania, Strohbach et al. (2019) detectaron valores de superficie impermeable de entre 43% y 53% en desarrollos inmobiliarios considerados de baja densidad; mientras que García-Alvarado et al. (2018) determinaron para el área de expansión urbana de Madrid, España, que entre el 36% y el 54% de la superficie se encontraba sellada, lo que describen como valores que minimizan los impactos negativos de la impermeabilización del suelo. Estos autores proponen algunas categorías para evaluar el proceso de sellado, en función del porcentaje de suelo impermeabilizado: un porcentaje inferior al 20% se categoriza como deseable, entre 20% y 40% como tolerable, entre 40% y 60% admisible, de 60% a 80% se clasifica como grave y más del 80% como inasumible. Según estos criterios, todos los sectores analizados presentarían valores admisibles, tolerables y, en algunos casos, deseables de suelo sellado, según la unidad de análisis considerada. No obstante, la evaluación del proceso de sellado no puede restringirse únicamente al porcentaje de suelo impermeabilizado en sí. La definición de categorías que permitan evaluar integralmente el fenómeno, debería contemplar las características del suelo sobre el que avanza la ciudad, así como variables asociadas con la topografía e hidrografía del área e incluso, orientarse a la consideración de la cuenca hidrográfica como la unidad básica de gestión en la planificación urbana (Kauffmann y da Silva, 2005).

Para el caso de Bahía Blanca, se advirtió que las áreas residenciales de baja densidad en su fase consolidada, pueden alcanzar porcentajes de sellado cercanos al 50% (Zapperi et al., 2020). Sumado a ello, la correlación negativa hallada entre el sellado y el porcentaje de lotes vacantes de los barrios analizados, indica que la superficie impermeabilizada se incrementaría a medida que avance el proceso de consolidación de las áreas, incluso en lotes que actualmente ya se encuentran ocupados con construcciones. Es así que se hace esperable que la ocupación futura del sector se manifieste en un aumento del suelo sellado, con patrones similares a los de las áreas residenciales consolidadas en el interior del anillo externo de circulación. Esta tendencia guarda correspondencia con lo que Zalechak et al. (2017) encontraron al estudiar la evolución del sellado en cuencas urbanas de Argentina y a partir del cual detectaron que cada diez años se da un crecimiento promedio del 10% de la impermeabilidad. En este sentido, y tal como señalan Langella et al. (2020), resulta necesario orientar los esfuerzos hacia el seguimiento espacial y temporal del proceso de sellado del suelo. El monitoreo de este fenómeno permitiría construir herramientas de planificación urbana para la proyección, limitación y/o mitigación del sellado del suelo en sus fases iniciales, que eviten la degradación de los mismos en las áreas periurbanas de las ciudades.

Otro de los aspectos sobre el cual se relacionó el avance del sellado del suelo es la densidad de ocupación. Al respecto, es interesante lo que sostiene Salvati (2014) quien en su estudio a escala local identificó que una expansión urbana caracterizada por asentamientos dispersos de baja densidad determina una mayor intensidad de sellado del suelo. Estos resultados no se confirman en el presente trabajo dado que las zonas con menor sellado corresponden a las áreas con la densidad de ocupación más baja. Sin embargo, es importante aclarar que en este caso se adoptó una escala de análisis micro-local que permitiera la incorporación de los distintos barrios como unidades de análisis. Es necesario tener en cuenta que la evaluación del fenómeno de sellado del suelo es escala-dependiente, por lo que esta ejercerá influencia sobre los resultados obtenidos (García-Alvarado et al., 2014). De esta manera, queda planteada la continuidad del trabajo hacia un análisis interescalar que permita la incorporación de otros elementos del espacio urbano y la identificación de patrones de ocupación de las áreas periurbanas.

Si bien no se obtuvo una correlación significativa entre los indicadores urbanísticos analizados (FOS, FOT y superficie de subdivisión de parcelas) y el sellado, la normativa de planificación urbana local podría estar ejerciendo influencia sobre el fenómeno. Esto es debido a que las tipologías residenciales de baja densidad de ocupación, que a su vez conducen a porcentajes de impermeabilización bajos, surgieron a partir del establecimiento de una faja de baja densidad de ocupación a través de la Ordenanza Municipal 14.994/2008. Si bien desde la perspectiva del sellado del suelo, esto podría ser considerado como un factor positivo, estas mismas tipologías refuerzan la tendencia de la periferia de la ciudad hacia un modelo de extensión (Urriza, 2018; Díaz, 2019), consumiendo y, así, ocasionando la pérdida de nuevas áreas de suelo con importancia socioeconómica y ecosistémica. De esta manera, se plantea el interrogante de si es posible alcanzar un modelo de urbanización compacta que sea compatible con bajos porcentajes de suelo sellado.

Díaz (2019) sostiene que la extensión de la ciudad de Bahía Blanca en forma discontinua se dio de acuerdo a la dinámica del mercado inmobiliario y a las posibilidades de acceso al suelo. Este tipo de crecimiento ha sido calificado como “producción superflua de ciudad”, dado que no se justifica por razones demográficas, sino que atiende a las demandas del mercado (Capel, 2003, en Jiménez et al., 2018). Una de las evidencias de este proceso es la presencia de tres barrios privados en el área de estudio, donde fueron identificados los focos de sellado, que además, superan los límites constructivos admitidos por el FOS, indicador establecido por el Código de Planeamiento Urbano. En este punto, es necesario destacar que los emprendimientos residenciales cerrados forman parte de la competencia política y administrativa de los municipios que los contienen, pero la competencia en materia de planificación es sustituida por actores privados (Malizia, 2011). Es así que se evidencian los distintos actores sociales que se ven involucrados en el proceso de sellado del suelo y cómo las consecuencias que se observan en el territorio no vienen dadas necesariamente por las disposiciones de la planificación urbana estatal. No obstante, como señalan Jiménez et al. (2018), el Estado debería asumir su responsabilidad como intermediario cuando se facilita el consumo insostenible del territorio.

Si bien la contrastación entre los resultados obtenidos y distintos antecedentes podría dar lugar a considerar que en el periurbano de la ciudad de Bahía Blanca el fenómeno de sellado del suelo no reviste grandes impactos por sus valores de impermeabilización, esto debe analizarse en función de las características naturales del área. A pesar

de que los grupos hidrológicos del suelo característicos del sector no corresponden a aquellos con mayor potencial de absorción de precipitaciones, como parte del monitoreo del proceso de sellado del suelo, resulta útil conocer qué tipos de suelos estarían siendo modificados debido al avance de la urbanización. Al mismo tiempo, cabe resaltar que es necesario el desarrollo de estudios sobre el efecto de dicho proceso sobre las propiedades físicas de los suelos que influyen sobre su comportamiento hidrológico, dado el posible surgimiento de suelos antropogénicos en el ámbito urbano (Lehmann y Stahr, 2007). De esta manera, el suelo es considerado como una variable significativa en la regulación hídrica de los ecosistemas (Jullian et al., 2018), cuya capacidad se ve afectada por la impermeabilización. Por ejemplo, el estudio de Gioppo y Fiori (2008), mostró que un sellado del 30% de la cuenca del río Atuba, ubicada en el sur de Brasil, elevó el caudal máximo en un 73%.

En el ámbito de las ciudades, debe tenerse en cuenta que esta capacidad no se circunscribe únicamente al espacio público, sino también al privado. Resulta interesante el análisis llevado a cabo por Maragno et al. (2018), en el que determinaron que, en la mayoría de los casos analizados, las propiedades privadas generaron más escorrentía que las áreas públicas. Frente a esto, plantean la posibilidad de propiciar un mecanismo basado en incentivos para propietarios con el objetivo de promover el aumento de superficies permeables y espacios verdes. Por otra parte, en cuanto a los tipos de cobertura de las áreas permeables, en el área de estudio, las zonas con menores porcentajes de suelo sellado se correspondieron con porcentajes mayores de cobertura arbórea. No obstante, esta relación puede encontrar múltiples explicaciones dados los diversos factores económicos, sociológicos, culturales y climáticos que influyen en el perfil paisajístico de un área dada (Morote Seguido y Hernández Hernández, 2016). Si bien el presente estudio no abordó interrelaciones entre las variables seleccionadas para analizar el proceso de sellado del suelo, Reyes-Paecke y Meza (2011) mencionan que la vegetación presente en un área residencial puede estar mediada por el tamaño de parcela que, a la vez, se relaciona con el nivel de ingresos de la población. Esta es una línea que podría analizarse en futuros trabajos, tomando como antecedentes los estudios mencionados, para profundizar la comprensión del proceso de sellado del suelo.

CONCLUSIONES

El análisis de la cobertura de las áreas construidas permitió caracterizar el área de estudio desde el punto de vista del sellado del suelo por impermeabilización. Asimismo, la determinación de los grupos hidrológicos permitió conocer qué tipo de suelos se verían modificados por el avance de la urbanización. La caracterización del proceso de sellado a través de su relación con distintas variables seleccionadas posibilitó la identificación de correlaciones significativas con la densidad urbana de viviendas, indicadora de la densidad de ocupación así como con el porcentaje de lotes vacantes representando el grado de consolidación de las áreas residenciales y con el porcentaje de vegetación leñosa presente.

Los focos de sellado del suelo fueron identificados en las áreas residenciales cerradas, a partir del indicador de intensidad de sellado del suelo. De esta manera, se evidencia que en el proceso de sellado del suelo no solo se ven involucrados factores relacionados con la planificación urbana. También estarían ejerciendo influencia actores privados ligados a desarrollos inmobiliarios, así como cuestiones asociadas con la configuración

particular de los distintos tipos de áreas residenciales. Estos son aspectos a tener en cuenta a la hora de buscar herramientas y alternativas para la gestión del sellado del suelo en un área periurbana.

Se resalta la importancia de analizar este proceso a distintas escalas y la utilidad de incorporar la escala microlocal como perspectiva de análisis, teniendo en cuenta que permitió caracterizar desde distintos puntos de vista el proceso de sellado del suelo dentro de la ciudad. Esto resulta útil como herramienta de identificación de las posibles vías de acción que desde la planificación urbana debieran llevarse adelante para gestionar eficientemente un proceso que constituye el producto de múltiples fenómenos, variables, intereses y actores.

Finalmente, como ya han señalado distintas autoras para el área de estudio y para otras zonas de la ciudad (Aldalur, 2010; Zapperi, 2012; González, 2018), se sugiere regular la impermeabilización del suelo público y privado, para reducir los efectos de este proceso en la generación de escorrentías. En este sentido, deberían considerarse las características hidrológicas de los suelos sobre los que avanza la urbanización e incentivar porcentajes altos de superficies libres de sellado en aquellos que presentan una respuesta más favorable a las precipitaciones. Es decir, sería necesario transformar la representación actual del suelo como una superficie soporte de edificaciones e infraestructura y pasar a una visión que contemple sus múltiples aportes en relación al funcionamiento de los ecosistemas y el impacto del crecimiento urbano sobre estos.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo se desarrolló en el marco del PGI Geografía física aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas a diversas escalas temporo-espaciales (24/ZG78), financiado por la SGCyT, Universidad Nacional del Sur.

REFERENCIAS

- Aldalur, N. B. (2010). *Inundaciones y anegamientos en Ingeniero White: aplicación de tecnologías de la información geográfica para la planificación y gestión de la hidrología urbana*. Tesis doctoral en Geografía. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, Bahía Blanca. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2604>
- Aliaga, V. S.; Ferrelli, F. y Piccolo, M. C. (2017). Regionalization of climate over the Argentine Pampas. *International Journal of Climatology*, 37(S1), 1237-1247. <http://doi: 10.1002/joc.5079>
- Amiotti, N.; Blanco, M. C.; Schmidt, E. y Díaz, S. (2010). Variabilidad espacial de los suelos y su relación con el paisaje. En J. D. Paoloni (ed.). *Ambientes y Recursos Naturales del Partido de Bahía Blanca: Clima, Geomorfología, Suelos y Aguas* (pp 128-173). Bahía Blanca, Argentina: EdiUNS.
- Argañaraz, J. P. y Lorenz, G. (2010). Contribución de las áreas verdes urbanas a la regulación del balance de agua en Santiago del Estero, Argentina. *Bosque (Valdivia)*, 31(3), 231-242. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002010000300007>
- Benedetti, G. y Campo de Ferreras, A. (2007). Arbolado de alineación: el mapa verde de un barrio en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. *Papeles de Geografía*, (45-46), 27-38.
- Cabrera, A. L. (1951). Territorios fitogeográficos de la República Argentina. *Boletín de la sociedad Argentina de botánica*, 4(1-2).
- Cabrera-Jara, N. E.; Hermida-Palacios, M. A.; Orellana-Vintimilla, D. A. y Osorio-Gue-

- rrero, P. E. (2015). Evaluando la sustentabilidad de la densificación urbana. Indicadores para el caso de Cuenca (Ecuador). *Bitácora Urbano Territorial*, 25(2), 21-34. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v2n25.49014>
- Capelli de Steffens, A.; Piccolo, M. C. y Campo de Ferreras, A. (2005). *El clima urbano de Bahía Blanca*. Buenos Aires, Argentina: Dunken.
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección ambiental*. Barcelona: Ariel, S.A.
- Cronshey, R. G.; Roberts, R. T. y Miller, N. (1986). Urban hydrology for small watersheds (TR-55 Rev.). En *Hydraulics and hydrology in the small computer age* (pp. 1268-1273). ASCE.
- De Tomás, A.; Salas, F. J.; Santos, C.; Garzón, A. y Moreno, V. (2010). Estimación del sellado del suelo mediante técnicas de análisis espectral. *Serie Geográfica*, 16, 81-92. <http://hdl.handle.net/10017/14241>
- Díaz, L. A. (2019). Conceptualizaciones en torno a la propiedad del suelo en las políticas urbanas recientes de la ciudad de Bahía Blanca y su instrumentación. *XIII Jornadas de Sociología*. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires. <https://cdsa.aacademica.org/000-023/153.pdf>
- Ferrelli, F. (2016). *Análisis del clima local y micro-local de la ciudad de Bahía Blanca*. Tesis doctoral en Geografía. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, Bahía Blanca. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2698>
- García-Alvarado, J. M.; García-Rodríguez, M. P. y Pérez-González, M. E. (2018). Evaluación y medida del sellado de suelos en el Norte de Madrid (España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (76), 1-19. <https://doi.org/10.21138/bage.2513>
- García-Alvarado, J. M.; Pérez-González, M. E., y García-Rodríguez, M. D. P. (2014). Revisión del concepto de sellado de suelos y propuesta de tipología urbana. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, (34), 87-103. Universidad Complutense de Madrid. http://dx.doi.org/10.5209/rev_AGUC.2014.v34.n1.45193
- Gioppo Nunes, F. y Fiori, A. P. (2008). Análise da impermeabilização dos solos e aumento dos picos de vazão de cheias em bacias hidrográficas urbanas. *Boletim Paranaense de Geociências*, 62.
- González, M. (2018). *Hidrogeomorfología de la cuenca del arroyo Saladillo de García aplicada al ordenamiento del periurbano de Bahía Blanca*. Tesis de grado. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. https://www.researchgate.net/publication/331020831_Hidrogeomorfologia_de_la_cuenca_del_arroyo_Saladillo_de_Garcia_aplicada_al_ordenamiento_del_periurbano_de_Bahia_Blanca
- González, M. A.; Gentili, J. O. y Gil, V. (2020). Cambios en la red hidrográfica en un sector del periurbano noroeste y oeste de Bahía Blanca debido a la influencia urbana. *Geográfica digital*, 17(33), 17-28.
- González Uriarte, M. (2010). Geomorfología aplicada a la gestión ambiental. En J. D. Paoloni (ed.). *Ambientes y recursos naturales del partido de Bahía Blanca: clima, geomorfología, suelos y aguas* (pp. 91-120). Bahía Blanca, Argentina: EdiUNS.
- Gutiérrez, M. Á. y Ayala, A. R. (2000). *Hidrología urbana: Efectos de la Impermeabilización en las Cuencas Urbanas de la Ciudad de Posadas*. Posadas: Entidad Binacional Yacyretá. <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/tecnológicas>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010*. https://www.indec.gov.ar/ftp/censos/2010/CuadrosDefinitivos/P2-D_6_56.pdf

- Jiménez, V.; Hidalgo, R.; Campesino, A. J. y Alvarado, V. (2018). Normalización del modelo neoliberal de expansión residencial más allá del límite urbano en Chile y España. *EURE*, 44(132), 27-46. <http://dx.doi.org/10.4067/s0250-71612018000200027>
- Joly, F. (1982). *La Cartografía*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Jullian, C.; Nahuelhual, L.; Mazzorana, B. y Aguayo, M. (2018). Evaluación del servicio ecosistémico de regulación hídrica ante escenarios de conservación de vegetación nativa y expansión de plantaciones forestales en el centro-sur de Chile. *Bosque*, 39(2), 277-289. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002018000200277>
- Justino, E. A.; Martins de Paula, H. y Paiva, E. C. R. (2011). Análise do efeito da impermeabilização dos solos urbanos na drenagem de água pluvial do município de Uberlândia-MG. *Espaço em revista*, 13(2).
- Kauffmann, M. O. y da Silva, L. P. (2005). Taxa de impermeabilização do solo: um recurso para a implementação da bacia hidrográfica como unidade de planejamento urbano integrado à gestão dos recursos hídricos. *XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional*. Universidad Candido Mendes, Río de Janeiro, Brasil.
- Langella, G.; Basile, A.; Giannecchini, S.; Moccia, F. D.; Mileti, F. A.; Munafó, M.; Pinto, F. y Terribile, F. (2020). Soil Monitor: an internet platform to challenge soil sealing in Italy. *Land Degradation & Development*, 31(18), 2883-2900. <https://doi.org/10.1002/ldr.3628>
- Lehmann, A. y Stahr, K. (2007). Nature and significance of anthropogenic urban soils. *Journal of Soils and Sediments*, 7(4), 247-260. <https://doi.org/10.1065/jss2007.06.235>
- Malizia, M. (2011). Enfoque teórico y conceptual para el estudio de las urbanizaciones cerradas. *Andes*, 22. <https://www.redalyc.org/pdf/127/12719967014.pdf>
- Maragno, D.; Gaglio, M.; Robbi, M.; Appiotti, F.; Fano, E. A. y Gissi, E. (2018). Fine-scale analysis of urban flooding reduction from green infrastructure: An ecosystem services approach for the management of water flows. *Ecological Modelling*, 386, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.08.002>
- Mastrandrea, A. y Pérez, M. I. (2020). Representaciones sociales del riesgo hídrico en el sector inferior de la cuenca del arroyo Napostá Grande: un abordaje histórico-ambiental (1828-2018). *Investigaciones Geográficas*, (74), 197-222. <https://doi.org/10.14198/INGEO2020.MP>
- Montico, A.; Zapperi, P. A.; Zilio, M. I. y Gil, V. (2019). Identificación de servicios ecosistémicos urbanos en la ciudad de Bahía Blanca y su aplicación al análisis de la seguridad hídrica. *Revista Estudios Ambientales*, 70(1), 56-78. <https://ojs2.fch.unicen.edu.ar/ojs-3.1.0/index.php/estudios-ambientales/article/view/415>
- Morote Seguido, Á. F. y Hernández Hernández, M. (2016). Jardines y patrones de ajardinamiento en las urbanizaciones del litoral de Alicante. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (70).
- Municipalidad de Bahía Blanca (2016). *Código de Planeamiento Urbano del Partido de Bahía Blanca*.
- Ordenanza Municipal 14.994 de 2008 (2008, 2 de octubre). *Planeamiento urbano: participación ciudadana*. <https://www.bahia.gob.ar/decretosyresoluciones/ordenanza/14994/>
- Ortiz-Moreno, J. A. y Vieyra-Medrano, A. (2018). Periurbanización y sus efectos en el ambiente y la calidad de vida: análisis en dos localidades socioeconómicamente contrastantes de Morelia, Michoacán. En A. Vieyra, Y. Méndez y J. Hernández (eds). *Pro-*

- cesos periurbanos: desequilibrios territoriales, desigualdades sociales, ambientales y pobreza* (pp. 61-88). Morelia, México: UNAM-CIGA.
- Osmond, P. (2003). Micro-scale analysis of urban form: towards a sustainability toolkit. *Seminario Internacional de Formato Urbano*. Trani, Italia. https://www.researchgate.net/profile/Paul-Osmond/publication/265051095_Microscale_analysis_of_urban_form_towards_a_sustainability_toolkit/links/5589e00208ae2affe7152928/Micro-scale-analysis-of-urban-form-towards-a-sustainability-toolkit.pdf
- Reyes-Paecke, S. y Meza, L. (2011). Jardines residenciales en Santiago de Chile: Extensión, distribución y cobertura vegetal. *Revista chilena de historia natural*, 84(4), 581-592.
- Salvati, L. (2014). The spatial pattern of soil sealing along the urban-rural gradient in a Mediterranean region. *Journal of Environmental Planning and Management*, 57(6), 848-861. <https://doi.org/10.1080/09640568.2013.770730>
- Sequeira, M. (2006). Determinación de la relación entre la intensidad, la duración y la frecuencia de las precipitaciones en Bahía Blanca. *Actas de las IV Jornadas Interdisciplinarias del Sudoeste Bonaerense*. Universidad Nacional del Sur (pp. 69-78). Bahía Blanca, Argentina.
- Shao, Z.; Fu, H.; Li, D.; Altan, O. y Cheng, T. (2019). Remote sensing monitoring of multi-scale watersheds impermeability for urban hydrological evaluation. *Remote Sensing of Environment*, 232, 111338. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111338>
- Simón, M.; Morán, N.; Zazo, A. y Rodríguez, R. (2013). *Urbanismo y sistemas agrarios periurbanos*. Madrid, España: Marea.
- Strohbach, M. W.; Döring, A. O.; Möck, M.; Sedrez, M.; Mumm, O.; Schneider, A. K. y Schröder, B. (2019). The “hidden urbanization”: trends of impervious surface in low density housing developments and resulting impacts on the water balance. *Frontiers in Environmental Science*, 7(29). <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00029>
- Tombolini, I.; Munafò, M. y Salvati, L. (2016). Soil sealing footprint as an indicator of dispersed urban growth: a multivariate statistics approach. *Urban Research & Practice*, 9(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/17535069.2015.1037340>
- Urriza, G. (2018). Expansión urbana en ciudades intermedias de crecimiento demográfico bajo: el caso de Bahía Blanca, Argentina. *X Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo*. Barcelona-Córdoba, Junio 2018. Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. <http://hdl.handle.net/2117/134596>
- Urriza, G. y Garriz, E. (2014). ¿Expansión urbana o desarrollo compacto? Estado de situación en una ciudad intermedia: Bahía Blanca, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 23(2), 97-123. <https://www.redalyc.org/pdf/3832/383239105003.pdf>
- Valera-Lozano, A.; Añó-Vidal, C. y Sánchez-Díaz, J. (2011). Crecimiento urbano (1956-2005) y sellado antropogénico del suelo en el municipio de Alacant. *Serie Geográfica*, 17, 97-108. <http://hdl.handle.net/10261/43161>
- Villarreal, E. L. y Bengtsson, L. (2005). Response of a Sedum green-roof to individual rain events. *Ecological Engineering*, 25(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2004.11.008>
- Zapperi, P. A. (2012). *Hidrografía urbana de Bahía Blanca*. Tesis doctoral en Geografía. Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geografía y Turismo. Bahía Blanca. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/485/1/Tesis%20P.%20Zapperi.pdf>

- Zapperi, P. A.; Montico, A. y Santanafessa, E. (2020). Sellado de suelo y planeamiento urbano: análisis de su relación en la ciudad de Bahía Blanca. *Geograficando*, 16(2). <https://doi.org/10.24215/2346898Xe075>
- Zalechak, R. J.; Basualdo, R. H. y Ruberto, A. R. (2017). Estudio de la evolución de la impermeabilidad y su impacto hidrológico en la cuenca urbana de la laguna Arazá, Resistencia, Chaco. *XXVI Congreso Nacional del Agua*. Ciudad de Córdoba, Argentina.
- Zinger, S.; Del Pozo, O y De Gaetano, R. (1990). Bahía Blanca: análisis de la aptitud del medio natural para la expansión urbana. *Revista Universitaria de Geografía*, 4(1), 79-97.

Anabella Montico es Técnica en Medio Ambiente. Licenciada en Ciencias Ambientales egresada de la Universidad Nacional del Sur. Actualmente se desempeña como becaria doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y forma parte del Grupo de Geografía Física Aplicada (GGFA). Su investigación se centra en los efectos de los cambios de uso del suelo, tanto en el ámbito rural como en el urbano, sobre la dinámica hídrica superficial desde el enfoque de los servicios ecosistémicos. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur. Calle 12 de octubre 1198, 4° piso, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, anabella.montico@uns.edu.ar, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4618-2992>

Paula Andrea Zapperi es Licenciada y Doctora en Geografía egresada del Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur. Se desempeña como asistente de docencia en las cátedras de Hidrografía Continental y Marina y Cartografía Temática del mismo departamento y es Investigadora Asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). También participa como investigadora de diferentes proyectos de investigación subsidiados por organismos nacionales (UNS, FONCYT) e internacionales (IPGH, IAI). Desde el año 2011 participa en convenios de asesorías y colaboración con instituciones gubernamentales. Sus líneas de investigación se centran principalmente en ramas de la Geografía Física y en la aplicación de estos conocimientos al análisis del impacto del crecimiento urbano sobre las condiciones hídricas naturales y la dinámica hidrográfica. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur. Calle 12 de octubre 1198, 4° piso, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, paula.zapperi@uns.edu.ar, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0783-1467>