

2.3 Renaturalización de arroyos urbanos e Infraestructura Azul y Verde (IAV): una propuesta de desentubamiento en la Región Metropolitana de Buenos Aires

Daniel Kozak [0000-0003-3118-8950], Universidad de Buenos Aires & Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires, Argentina. daniel.kozak@fadu.uba.ar

Hayley Henderson [0000-0002-0342-6846], The Australian National University, Canberra, Australia. hayley.henderson@anu.edu.au

Demián Rotbart, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. demian.rotbart@fadu.uba.ar

Rodolfo Aradas, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. raradas@fi.uba.ar

Resumen - *El concepto relativamente reciente de Infraestructura Azul y Verde remite al reconocimiento de las capacidades innatas del espacio verde y el agua, y de los ecosistemas en que están inmersos, de producir beneficios ambientales y de calidad de vida. En oposición al manejo histórico y convencional de los excedentes hídricos, con énfasis en la infraestructura gris, la nueva Infraestructura Azul y Verde responde a una demanda tanto para mejorar la calidad ambiental en las ciudades, como para dar una respuesta a las limitaciones de las soluciones tradicionales, mediante el aprovechamiento de los rasgos geomórficos propios de los sistemas naturales. Nuestro estudio de caso se enfoca en la pregunta: ¿hasta qué punto la implementación de Infraestructura Azul y Verde es factible en el entorno denso de la trama urbana de la Región Metropolitana de Buenos Aires como una forma más sostenible de gestionar el drenaje pluvial urbano, incluyendo el desentubamiento de cursos de agua? Si bien encontramos desafíos netamente político-institucionales, sostenemos que, complementariamente a las soluciones convencionales de infraestructura gris, es posible y beneficioso implementar Infraestructura Azul y Verde, inclusive en contextos de alta densidad poblacional y ocupación del suelo. Nuestras conclusiones también procuran establecer relaciones con la coyuntura actual en cuanto a la pandemia de COVID-19.*

Palabras clave - Infraestructura azul y verde, sistemas urbanos de drenaje sostenible, soluciones basadas en la naturaleza, renaturalización de arroyos, Región Metropolitana de Buenos Aires

Resumo - O conceito relativamente recente de Infraestrutura Verde e Azul refere-se ao reconhecimento das capacidades inatas dos espaços verdes e de água e dos ecossistemas nos quais fazem parte, para produzir benefícios ambientais e de qualidade de vida. Em oposição à gestão histórica e convencional dos excedentes hídricos, com ênfase na infraestrutura cinza, a nova Infraestrutura Verde e Azul responde a uma demanda para melhorar tanto a qualidade ambiental nas cidades, quanto para responder às limitações das soluções tradicionais, através do uso de sistemas geomorfológicos característicos dos sistemas naturais. Nosso estudo de caso focaliza a questão: Em que medida é viável a implantação da Infraestrutura Verde e Azul no ambiente denso da malha urbana da Região Metropolitana de Buenos Aires como uma forma mais sustentável de gestão da drenagem pluvial urbana, incluindo o destamponamento de cursos de água? Embora encontremos claramente desafios político-institucionais, argumentamos que, além das soluções convencionais de infraestrutura cinza, é possível e benéfico implementar a Infraestrutura Verde e Azul, mesmo em contextos de alta densidade populacional e ocupação do solo. Nossas conclusões também buscam estabelecer relações com a conjuntura atual em relação à pandemia de COVID-19.

Palavras-chave - Infraestrutura azul e verde, sistemas urbanos de drenagem sustentável, soluções baseadas na natureza, renaturação de córregos, Região Metropolitana de Buenos Aires

1. INTRODUCCIÓN Y DEFINICIONES

El concepto relativamente reciente de Infraestructura Azul y Verde (IAV)¹ remite al reconocimiento de las capacidades innatas del espacio verde y el agua, y los ecosistemas en que están inmersos, de producir beneficios ambientales y de calidad de vida. En oposición al manejo histórico y convencional de los excedentes hídricos, con énfasis en la infraestructura gris,² la nueva IAV responde tanto a una demanda para mejorar la calidad ambiental en las ciudades como para dar una respuesta a las limitaciones de las soluciones tradicionales, mediante el aprovechamiento de los rasgos geomórficos propios de los sistemas naturales.

A partir de una revisión bibliográfica en profundidad y un estudio de caso en la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA), buscamos aquí³ echar luz sobre la definición de IAV e

¹ También designado como BGI por sus siglas en inglés.

² Denominamos aquí *infraestructura gris*, en contraste a la *verde* o *azul y verde*, a la infraestructura pluvial convencional, generalmente subterránea e impermeable.

³ Este texto constituye una versión adaptada del capítulo “Beneficios y desafíos en la implementación de Infraestructura Azul y Verde: una propuesta para la RMBA” Kozak, D.; Henderson, A.; Rotbart, D. y Aradas, R. (2021), que a su vez retoma algunos de los temas desarrollados en el Documento de Trabajo del Lincoln Institute of Land Policy “Implementación de Infraestructura Azul y Verde (IAV) a través de mecanismos de captación de plusvalía en

identificar beneficios y desafíos para su implementación en territorios densamente poblados y con altos porcentajes de ocupación e impermeabilización del suelo, según criterios técnicos, financieros, ambientales y de gobernanza. Nuestro estudio de caso se enfocó en la pregunta: ¿hasta qué punto la implementación de IAV es factible en el entorno denso de la trama urbana de la RMBA como una forma más sostenible de gestionar el drenaje pluvial urbano, incluyendo el desentubamiento de cursos de agua? Si bien encontramos desafíos netamente político-institucionales, sostenemos que, complementariamente a las soluciones convencionales de infraestructura gris, es posible y beneficioso implementar IAV, inclusive en contextos de alta densidad poblacional y ocupación del suelo. Nuestras conclusiones también procuran establecer relaciones con la coyuntura actual en cuanto a la pandemia de COVID-19.

El término *Blue-Green Infrastructure* apareció por primera vez en el mundo angloparlante en la década de 2000 (Lamond y Everett, 2019, p.1), más o menos al mismo tiempo que el concepto de *Trame Verte et Bleue* surgió en Francia, como una política de conservación integrada centrada en el resguardo, la consolidación y la producción de corredores de biodiversidad a lo largo de los cursos de agua y espacios verdes que atraviesan las ciudades y regiones metropolitanas (Vimal, Mathevet y Michel, 2012). Algunos de los componentes IAV son, por ejemplo, parques, reservas naturales, corredores verdes, ríos, arroyos, lagunas, humedales, reservorios de biorretención y plazas o parques inundables. Incluyen desde elementos urbanos tradicionales simples, como bulevares arbolados y jardines, hasta más sofisticados –pero aun así *low-tech*– como superficies constituidas por depresiones vegetadas diseñadas para capturar y filtrar aguas pluviales (Tayouga y Gagné, 2016, p.2-3), cunetas verdes (*green swales*) y otros dispositivos de bioinfiltración (Zellner *et al.*, 2016, p.116-117). Pueden ser de acceso público o restringido, a la vez que pueden asentarse sobre tierras públicas o privadas. Una de sus principales características es que brindan servicios ecosistémicos o socioambientales, como la morigeración del efecto de Isla de Calor y la regulación de la temperatura en general; mejoras en la calidad del aire mediante el uso de la capacidad fitorremediadora de la vegetación urbana; reducción del ruido; captura de CO₂; restitución o instauración de corredores de biodiversidad; y –nuestro principal interés aquí– un mayor control en el manejo de la escorrentía de aguas pluviales y la calidad del agua; entre muchas otras prestaciones.

Particularmente, la caja de herramientas que despliegan las IAV en la planificación y gestión de las aguas urbanas plantea uno de los aspectos más innovadores de este abordaje. Existe un creciente consenso acerca de las limitaciones de las soluciones tradicionales para resolver los drenajes urbanos (e.g. Castro Fresno, *et al.*, 2005; CIRIA, 2015; CIWEM, 2007). El abordaje tradicional de la ingeniería hidráulica se ha concentrado históricamente en el volumen de agua a desplazar, con el objetivo de desalojarla lo más rápido y lejos posible de

la Región Metropolitana de Buenos Aires. El caso de la Cuenca del Arroyo Medrano” (Kozak *et al.*, 2020a), cuyos resultados preliminares fueron publicados en “Blue-Green Infrastructure (BGI) in Dense Urban Watersheds. The Case of the Medrano Stream Basin (MSB) in Buenos Aires” (Kozak *et al.*, 2020b).

la ciudad, sin priorizar su calidad ni capacidad para construir espacio público y amenidad urbana. Las respuestas desde la infraestructura gris al avance de la urbanización no sólo aumentaron la contaminación en los cursos de agua entubados, disminuyeron el reabastecimiento de acuíferos y descuidaron el potencial inherente de los ríos y arroyos para brindar servicios ecosistémicos y amenidad (Dhakal y Chevalier, 2016), sino que también han generado a menudo problemas de inundación en las cuencas bajas por la aceleración de los tiempo de desagüe y en la cuencas altas como resultado de obstrucciones en los entubamientos (CIWEM, 2007, p.2).

Las respuestas contemporáneas a estas problemáticas apuntan a un cambio fundamental en el diseño y la gestión del drenaje urbano. Buscan replicar los mecanismos naturales de absorción, retención y expansión,⁴ con el objetivo de resolver el drenaje pluvial más cerca del sitio de origen, y a menudo incluyen proyectos de desentubamiento –es decir, la reapertura de cursos de agua que fueron canalizados y sellados o entubados– y distintos grados de renaturalización de los lechos y las márgenes de los ríos y arroyos.

2. HACIA UNA RED IAV EN LA RMBA

A pesar de haber comenzado su desarrollo a la vera de varios cursos naturales de agua, la RMBA es un claro ejemplo de un modelo de urbanización cuya visión de progreso, desde fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX, impulsó un rápido avance sobre ellos, mediante la materialización de entubamientos y el aumento generalizado de la impermeabilización que sepultó los rasgos naturales del sistema en pos del desarrollo de barrios, infraestructura y servicios. De modo tal que el desarrollo de este modelo de urbanización fue postergando a los cursos de agua, borrándolos del imaginario colectivo y sesgando el análisis del aprovechamiento hídrico de las zonas próximas a los sistemas fluviales hacia un abordaje casi exclusivo de problemática de inundaciones y mitigación (Figura 1). Ello se ve complejizado por una tradición político-institucional que se asigna como objetivo la búsqueda de soluciones bajo un marco conceptual hídrico de construcción de resistencia –es decir, aumentar la capacidad de evacuación de las aguas– y no de convivencia con sus sistemas naturales.

De esta manera, la gestión del espacio urbano comenzó a moldear la disciplina hídrica, impulsando la construcción de importantes obras de infraestructura bajo el mandato del desarrollo de una red de desagües pluviales con una concepción claramente evacuatoria. La observación del desarrollo de estas obras en el tiempo, apelando al caso de la RMBA, nos interpela sobre la necesidad de un cambio de paradigma de la gestión hídrica del territorio urbano que sea más comprehensivo de sus recursos naturales con el fin último de proteger la ciudad de las inundaciones, pero al mismo tiempo de aprovechar el potencial de los cursos de agua para la mejora de su espacio público.

⁴ En otras palabras, buscan recuperar la interacción natural del lecho del curso de agua con sus geoformas naturales, típicamente las llanuras aluviales y sus formas asociadas.

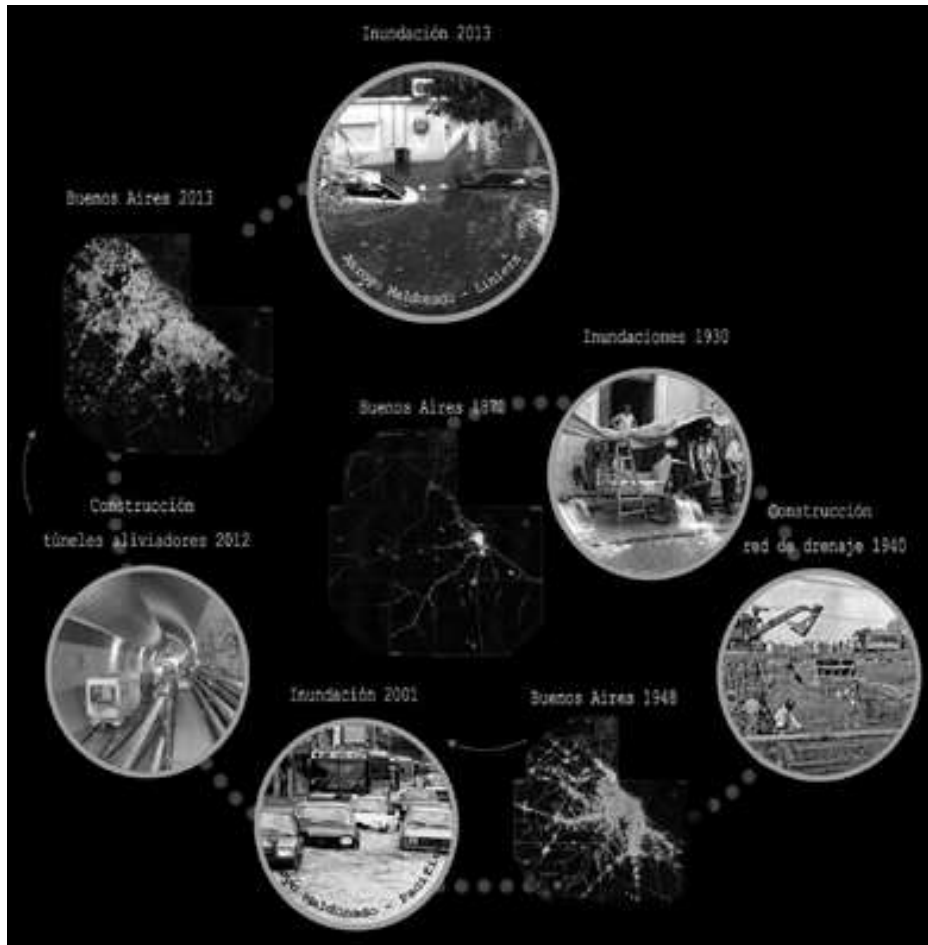


Figura 1: Ciclo histórico de aumento de impermeabilización de las cuencas, inundaciones y aumento de infraestructura gris.

Fuente: Elaboración propia, incluyendo imágenes de: AGN; Archivo AySA; Página 1 2; GCBA.

2.1. Desentubar arroyos urbanos en la RMBA

La presencia de arroyos a cielo abierto en ciudades como Buenos Aires, constituidas principalmente por planicies aluviales, era o bien entendida como una potencial amenaza —la de la inundación— o como el sitio de la marginalidad, el lugar de “orilleros” y “malandras”. En este modelo histórico, el lugar de los arroyos urbanos era el de sitio postergado a la espera del progreso. El modelo actual de infraestructura hidráulica en Buenos Aires, y en la mayoría de las ciudades de nuestra región, se concentra principalmente en la evacuación del agua, sin priorizar su calidad ni capacidad para construir espacio público —tal como describimos más arriba—. Nuestra propuesta plantea la implementación de un Plan IAV para la RMBA, que incluya el paulatino desentubamiento de cursos de agua y su restauración junto con la recuperación de superficie absorbente y capacidad de retención en las cuencas urbanas, lo que implica la creación de nuevos espacios públicos dentro de las cuencas intervenidas (Figuras 2 y 3).



Figura 2: Fotomontaje con propuesta de incremento de capacidad de absorción y retención de agua mediante SUDS y ampliación de espacio público para modos no motorizados (izq.) y superficie absorbente y reservorios propuestos para la Cuenca del Arroyo Medrano (CAM) (der.). Fuente: Elaboración propia.



Figura 3: Modelos histórico, actual y deseado, según nuestra propuesta de desentubamiento de arroyos urbanos para la RMBA, fotografías y fotomontaje para el caso del Arroyo Maldonado. Fuente: Elaboración propia, incluyendo imágenes del AGN (fotografías 1891, 1925 y 1937).

La red de IAV que proponemos, nuestro modelo deseado, opera mediante tecnología modular que permite sumar niveles de sofisticación sobre las intervenciones y ampliar su capacidad para lograr mayor resiliencia en el tiempo. Se puede combinar con tecnologías convencionales y se complementa con la infraestructura existente. Puede comenzar por micro-intervenciones a escala de una cuadra y ser escalado en red hasta llegar a la totalidad de la cuenca a partir de micro y macro proyectos combinados. En el mismo sentido, la etapabilidad de las obras es más operativa comparada con las de la infraestructura gris. Puede ser descentralizada, y adaptarse a presupuestos acotados y entornos construidos variables.

Este modelo también aumenta el espacio público en las áreas de intervención, donde usualmente es más necesario. En muchas ciudades de nuestra región, las cuencas bajas y zonas inundables están habitadas por la población más vulnerable, en viviendas con altos niveles de hacinamiento y barrios con escaso espacio verde público. Particularmente, el déficit crítico de espacio verde que existe en Buenos Aires ha sido subrayado durante la actual crisis de COVID-19; especialmente en los barrios de menores recursos, pero también en toda la ciudad donde la demanda para realizar actividades al aire libre con distanciamiento constituye un nuevo reto. La Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) cuenta con menos de 6m² de espacio verde por habitante⁵ –muy por debajo de las recomendaciones de la OMS– y su distribución es considerablemente desigual. Nuestra propuesta aumenta la superficie verde pública, y contribuye a que sea más accesible y esté distribuida de forma más equitativa. También brinda la oportunidad de democratizar la gobernanza urbana a escala metropolitana al involucrar distintos actores gubernamentales y no gubernamentales. Los comités de cuenca –que tendrían el mandato de gestionar los arroyos desentubados– cuentan, por definición, con la potencialidad de expandir la colaboración intersectorial para incluir actores no gubernamentales y mejorar la coordinación horizontal entre gobiernos locales, y vertical entre los tres niveles de gobierno.

Una red robusta de IAV disminuye el riesgo de inundaciones y mejora la calidad del agua en los sistemas pluviales y sus desembocaduras, a la vez que potencia la movilidad sostenible y contribuye a la mejora de la calidad ambiental mediante la prestación de servicios socioambientales. Las ciudades con mejores redes de IAV, *ceteris paribus*, cuentan con más recursos para sobrellevar la actual pandemia. En primer lugar, por la alta correlación entre calidad ambiental y letalidad del COVID-19, particularmente en cuanto a la contaminación atmosférica.⁶ Pero también en términos de disponibilidad de contacto con entornos naturales para favorecer la salud mental de la población;⁷ más aún si los espacios verdes y azules conforman una red de movilidad para peatones y ciclistas. La construcción de la IAV y su mantenimiento demandan tecnología simple y de desarrollo local, disminuyendo la dependencia de importación de componentes, participación de empresas extranjeras y consumo de divisas. Tienen una mayor incidencia de la mano de obra⁸ con relación al costo total de las inversiones, ayudando a generar empleo. Además, la mano de obra es contratada a nivel local, por lo general mediante contratos de construcción y prestación de servicios de mantenimiento, incluyendo a la comunidad y las cooperativas locales para realizar diversas tareas, desde jardinería hasta limpieza. Por otra parte, la reducción o control de inundaciones genera ahorros por la disminución de daños.

⁵ Ver: <https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/?p=27349>

⁶ Ver, por ejemplo, Bhaskar, A. et al. (2020). Más allá de la actual pandemia, ya era bien conocida la magnitud de los efectos nocivos en la salud de la polución atmosférica –principalmente producida por la emisión de los motores de combustión interna– en términos de incidencia en el aumento de enfermedades respiratorias, trastornos en el desarrollo cognitivo y muertes prematuras.

⁷ El acceso a los espacios verdes reduce en los niños el riesgo de desarrollar un amplio abanico de trastornos durante la adolescencia y en los adultos. Es una intervención importante en la edad temprana para reducir el riesgo de la depresión, la ansiedad y el abuso de drogas. Ver, por ejemplo, Engemann, K. et al. (2019).

⁸ Ésta a su vez es menos calificada, permitiendo brindar trabajo a las comunidades locales, y consecuentemente contribuyendo a la recuperación económica pospandemia.

Una red IAV de estas características impulsa la posibilidad de producir valorización del suelo por dos vías en entornos urbanos con riesgo hídrico: 1) la relacionada con la disminución del riesgo de inundación; y 2) la que se genera a partir de las mejoras en el espacio público y las cualidades ambientales del entorno urbano. De forma comparativa, el abordaje hidráulico tradicional opera solo sobre la primera variable. Esta valorización doble habilita la aplicación de instrumentos de captación de plusvalía por parte del Estado con un alto grado de efectividad y podría financiar parte de las obras, reduciendo la necesidad de financiamiento o generando un flujo financiero que permita devolver créditos iniciales.

2.2. Ejemplo de aplicación del Plan IAV para Buenos Aires: el caso de la Cuenca del Arroyo Medrano (CAM)

Con el fin de ejemplificar la aplicación del Plan IAV propuesto, sintetizamos algunos resultados de un estudio en profundidad que realizamos recientemente (Kozak *et al.*, 2020a). Partimos del estudio de proyectos antecedentes en los que la disminución del riesgo hídrico y las mejoras en el espacio verde público produjeron incrementos en el valor del suelo, con el fin de modelar el comportamiento esperable del mercado inmobiliario local a partir de la implementación de medidas IAV en la Cuenca del Arroyo Medrano (CAM), nuestro caso de estudio. Finalmente, evaluamos la implementación de herramientas que permitirían recuperar parte de esta valorización inmobiliaria, junto con la posibilidad de mejorar el funcionamiento hidráulico de la cuenca en base a IAV, calculando las obras necesarias y considerando la factibilidad política de la implementación del plan.

232

2.2.1 Estudio de seis variables en tres escenarios

Para poner a prueba nuestra principal hipótesis de trabajo, llevamos adelante un estudio de seis variables con el fin de cuantificar aspectos financieros, de riesgo hídrico y ambientales, en tres escenarios comparativos: I) Gran infraestructura gris - IAV menor;⁹ II) Infraestructura gris menor - Gran IAV; y III) Gran infraestructura gris - Gran IAV.

En el Escenario I contábamos con las variables Costo de Producción (CP), Valorización de Suelo (VS) y Nivel de Protección (NP), y calculamos Costo de Producción Recuperable (CPR) como un porcentaje entre la acumulación de la Recuperación de Plusvalía Acumulada en 30 años (RPA) —también calculada para este trabajo— sobre el costo de producción. La cuantificación de la variable Áreas Potencialmente Tratadas (APT) contribuye a la evaluación de la eficiencia en el tratamiento de calidad de agua. En el Escenario II mantuvimos fijo el NP —en una recurrencia de 10 años, como en el Escenario I— para facilitar la comparación de las otras variables. Finalmente, en el Escenario III recalculamos las variables CP, VS, CPR y APT, repitiendo el procedimiento a partir de la obtención de

⁹ El Escenario I refleja el reciente “Plan Maestro de Drenaje Urbano de la Cuenca del Arroyo Medrano” (PMDU CAM) de CH2M Hill Argentina (2019), financiado con recursos de la Comisión Europea a través de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), presentado al Comité Interjurisdiccional de la Cuenca del Arroyo Medrano (CICAM) en febrero de 2019.

la nueva variable NP que surge como resultado de la superposición de las características hidráulicas y físico-espaciales del Escenario I por debajo del nivel del suelo y del Escenario II a cielo abierto (Tabla I y Figura 4).

Tabla I: Síntesis del estudio de seis variables para tres escenarios en la CAM.

Fuente: Elaboración propia.

	Escenario I	Escenario II	Escenario III
1. Costo de Producción (CP)	USD 441 millones*	USD 393 millones** 	USD 573 millones** 
2. Valorización del Suelo (VS)	USD 192 millones*	USD 438-684 millones** 	USD 457-703 millones** 
3. Recuperación de Plusvalía Acumulada en 30 años (RPA)	USD 257 millones**	USD 334-430 millones** 	USD 428-524 millones** 
4. Costo de Producción Recuperable (CPR)	58 %	85-110 % 	75-92 % 
5. Nivel de Protección (NP)	10 años de recurrencia	10 años de recurrencia 	50 años de recurrencia 
6. Áreas Potencialmente Tratadas (APT)	1.429 Ha	2.945 Ha 	2.945 Ha 

*Valores redondeados obtenidos del PMDU CAM / ** Valores redondeados

233



Figura 4: Secciones esquemáticas para el Arroyo Medrano en los tres escenarios analizados.

Fuente: Elaboración propia.

La escalabilidad de las IAV permite plasmar una estrategia de implementación diferenciada en cuanto a escala de intervención, beneficiarios y objetivos. Entre los principales atributos de las IAV se encuentra su carácter distribuido, localizado y con un marcado uso de elementos naturales que permite plantear una estrategia modular y progresiva que, si bien debe basarse en una tutela técnica e institucional a nivel de cuenca, su implementación puede llevarse a cabo a nivel comunal con un fuerte empoderamiento de la población, tanto en la definición del proyecto como en su posterior mantenimiento. Esta lógica tiene un sustento en el concepto técnico de gestionar el agua en un entorno puntual o de fuente que permite

tener una rápida respuesta a nivel de la comunidad que ve un abordaje a problemas tangibles y próximos (como es el caso de la acumulación de agua de lluvia) al mismo tiempo que genera una puesta en valor de su entorno urbano barrial.

Cuando este mecanismo se escala a nivel de corredor fluvial –por ejemplo, en el tratamiento de tramos de margen o desentubamiento de los cursos de agua– o a nivel de cuenca, cuando estas medidas alcanzan la mayor parte de la red hídrica urbana, los beneficios comunales se sinergizan para lograr un estándar de protección frente a las inundaciones, mejorar la calidad de agua en los cuerpos de agua receptores (en el caso del Arroyo Medrano, el Río de la Plata) y una importante valorización del suelo. Para calcular la valorización que pueden generar las obras en la CAM trabajamos con dos tipos de mejoras, la mitigación de inundaciones que ocurriría en todos los escenarios propuestos y la mejora de la calidad urbano ambiental presente en los Escenarios II y III (basados en IAV), que a su vez puede dividirse en obras de desentubamiento del curso principal del Medrano y reacondicionamiento y creación de espacio público.

Las tres condiciones de valorización estudiadas se combinan en función de las características de los tres escenarios propuestos, permitiendo calcular la valorización total esperada en cada escenario. Para el Escenario I la valorización está determinada sólo por la reducción de inundaciones. En el Escenario II se suma a la valorización presente en el Escenario I la generada por las obras de IAV, tanto las relacionadas con el desentubamiento como por el tratamiento del espacio público. Por último en el Escenario III a la valorización del caso anterior se le suma un adicional por el aumento de la protección contra las inundaciones, que se eleva de una recurrencia de 10 años a una de 50 años (ver Tabla I y Figura 5).

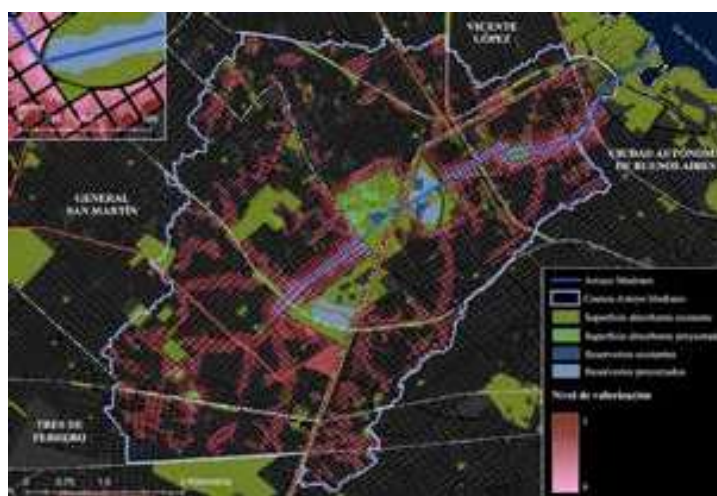


Figura 5: Nivel de valorización máxima de las parcelas en la CAM combinando las tres variables.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluamos la posibilidad de recuperar parte o toda la valorización generada por las obras proyectadas para la CAM, en los distintos escenarios y la pertinencia y factibilidad de aplicación de distintas herramientas de recuperación de valorización que permitirían financiar parcial o totalmente las intervenciones propuestas y/o su mantenimiento: 1) venta de derechos de construcción; 2) contribución por mejoras; y 3) impuesto inmobiliario. En este sentido proponemos combinar formas tradicionales de financiación de obras hidráulicas, como presupuestos locales de obra pública y créditos de organismos multilaterales, con recursos provenientes de la valorización generada por las propias obras. Al combinar las distintas herramientas de recuperación de valorización se pueden calcular los ingresos combinados por escenario y evaluar el impacto relativo de cada una, como así también comparar los montos recuperables con relación al costo de las obras y la valorización total generada. Respecto al costo de producción, el Escenario I permite recuperar el 58%; el Escenario II entre el 85 y el 110%; mientras que el Escenario III estaría en el orden del 75 a 92% (Tabla 1). En este sentido el único escenario en que se recupera el total del costo de las obras es el Escenario II en el extremo superior del rango, teniendo la mejor relación costo de producción-recuperación. Esto se debe a que el costo de obra es el más bajo de los tres escenarios, al tiempo que genera una gran valorización sobre las parcelas afectadas, por lo que es el escenario con mayor porcentaje de recuperación asociado al cobro sobre la constructibilidad e incremento del Impuesto Inmobiliario.

Dentro de este esquema de recuperación de valorización verificamos la ausencia de posibles casos de doble o triple imposición, lo que sucedería si se aplicara más de un tributo o herramienta sobre la misma parcela y por el mismo hecho imponible. También consideramos la capacidad contributiva o principio de la capacidad de pago (Villegas, 1993) de los propietarios involucrados, proponiendo una solución que evite generar impactos económicos negativos en la población residente en la cuenca, característicos en muchos procesos de valorización de suelo¹⁰.

3. DESAFÍOS DE LA IAV EN LA GESTIÓN DE AGUAS URBANAS

Como ha sido demostrado en la literatura internacional (e.g. Thorne et al., 2018) y en nuestro caso de estudio en la RMBA, llevar un enfoque IAV al manejo de aguas urbanas no sólo es factible desde una perspectiva de ingeniería hidráulica, sino que también ofrece oportunidades de diseño urbano, beneficios ambientales y nuevas posibilidades para financiar la infraestructura. Sin embargo, existen considerables desafíos para avanzar en esta transformación desde la gobernanza. Varios de ellos fueron subrayados durante entrevistas semi-estructuradas en profundidad que realizamos a funcionarios de los tres niveles de gobierno y representantes de los bancos multilaterales que financian las grandes obras de hidráulicas en la RMBA.

¹⁰ Para el desarrollo extendido de este estudio ver Kozak et al., 2020a.

El primer desafío es la necesidad de una priorización política de la IAV: contar con una gestión relativamente estable a largo plazo –con un acuerdo bipartidista o que pueda sobrevivir a los cambios en administración– que a su vez pueda manejar las micro-escalas y las dispersiones de las intervenciones de la IAV, a diferencia, por ejemplo, de un manejo de cuenca a partir de una o pocas obras de entubamiento. Según algunos funcionarios entrevistados, las “diferencias de signo político” entre las jurisdicciones involucradas en la gestión del agua urbana pueden producir diferencias en prioridades que son difíciles de manejar para pensar y financiar estrategias a largo plazo.

Segundo, la limitación de recursos de las instituciones públicas implica que se vean forzados a “responder a emergencias” y es difícil generar apoyo y recursos para la planificación de proyectos de largo plazo. Tercero, la contraparte del péndulo de la política pública es una inercia de elegir lo seguro, de ir por el camino de siempre –también presente en otros contextos (ver Dhakal y Chevalier, 2016)–, incluyendo la replicación de la ingeniería de gran escala vinculado a intereses privados muy concentrados y la necesidad de encajar en los marcos de los préstamos de organizaciones multilaterales.

Respecto a la gobernanza, un cuarto desafío para la gestión del agua en general –tanto en IAV como en infraestructura gris– es la construcción de una estructura de gobernanza adecuada para el manejo integral de las cuencas y los cursos de agua. En el contexto de la RMBA, muchas veces se requiere un trabajo interjurisdiccional entre tres niveles de gobierno, con una asimetría institucional muy marcada entre ellos. En el caso de la CAM, existe una estructura de gestión interjurisdiccional desde 2016 para su gestión, el Comité Interjurisdiccional de la Cuenca del Arroyo Medrano (CICAM), que ha funcionado como foro para un intercambio entre los funcionarios de las respectivas jurisdicciones para consensuar algunos aspectos del Plan Maestro. El CICAM opera en función de una obra predeterminada y sin competencias para contemplar alternativas en la planificación estratégica de la CAM. Por otra parte, la participación de los municipios de la Provincia en su mesa técnica es infrecuente y tampoco cuenta con una participación no gubernamental por parte de los interesados privados, académicos y de la sociedad civil. La IAV como estrategia estructural para una cuenca requeriría la participación de dichos actores para su diseño y gestión. Como comentó un funcionario: “lo difícil de una propuesta IAV grande es que son más atomizadas que las propuestas tradicionales; son más complicadas que una única obra con un único financiamiento”¹¹.

Más allá de la estructura general de gobernanza, también existen desafíos con relación a la dimensión institucional. Específicamente, el conjunto actual de normas y procesos administrativos para la gestión hídrica es muy complejo, e involucra un amplio espectro de organismos públicos con distintos plazos y fuentes para su asesoramiento, financiamiento e implementación. También es necesario recopilar y sistematizar datos relevantes a la gestión hídrica para el diseño y la gestión de la IAV (y de la infraestructura gris), y una mayor fluidez en el inter-

¹¹ Entrevista semi-estructurada en profundidad a funcionario del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires (Kozak et al., 2020a, p.124).

cambio de información entre áreas y niveles de gobierno (y con el público). Finalmente, la IAV no está ampliamente contemplada dentro de las normas y procesos existentes y –como en otros lugares del mundo (ver Staddon *et al.*, 2018)– hay una ausencia de estándares generales para guiar su diseño y gestión. En este sentido, el sistema actual funciona para reforzar una gestión hídrica muy dominada por una mirada tradicional de la ingeniería hidráulica, con las mismas medidas aplicadas para evaluar la eficacia de la IAV y la infraestructura gris, lo cual desalienta algunas propuestas que demostrarían beneficios no contemplados (por ejemplo, en la salud de la población y la contribución de áreas verdes).

4. CONCLUSIONES

Uno de los aspectos que quedan claros a partir de la actual crisis del COVID-19 es la importancia de los servicios socioambientales en las ciudades y la necesidad de conferirle entidad a la principal red que los provee: la red IAV. La pandemia ha puesto de manifiesto la necesidad de contar con más espacio verde público y de mayor calidad, aumentar el contacto con entornos naturales en nuestras ciudades, en forma de plazas, parques, reservas naturales, y corredores azules y verdes. No sólo es vital incrementar la cantidad de superficie verde pública por habitante, sino lograr que su distribución sea equitativa y principalmente asegurar su accesibilidad. La red IAV amplía el espacio público de la ciudad, construye corredores de biodiversidad, enlaza espacios verdes y azules distantes, brinda soporte para la movilidad no-motorizada y presta servicios socioambientales, como un mayor control en el manejo de la escorrentía de aguas pluviales y la calidad del agua.

El abordaje que proponemos en cuencas altamente urbanizadas apunta a comenzar por agotar todas las instancias y oportunidades de inclusión de IAV, principalmente en términos de aumento de la capacidad de retención y absorción del sistema. Una vez establecida la máxima contribución de IAV estimada, y determinado el nivel de protección frente al riesgo hídrico al que se aspira, se dimensiona la infraestructura gris (por ej. túneles aliviadores) para alcanzar ese nivel de protección. Así fue calculado el Escenario II de nuestro trabajo, en donde la mayoría de los eventos hídricos serían resueltos por IAV, lo que permitiría mejorar en gran medida la calidad del agua en la desembocadura del Arroyo Medrano en el río de la Plata. La infraestructura gris –los túneles aliviadores– cumplirían la función de un sistema de alivio que se activaría sólo en los casos en que la capacidad de la IAV se viera superada. Ello implica que el funcionamiento de la infraestructura subterránea no debería ocurrir por vasos comunicantes, como usualmente se proyecta, sino por desborde, una vez que estén saturadas la absorción y retención del sistema. Es decir, no sería parte del manejo cotidiano del agua pluvial de la cuenca. En el mejor de los casos, cumpliría un rol solamente en lluvias excepcionales muy distanciadas en el tiempo. El diseño de estos sistemas requeriría estructuras complejas de desborde, con la dificultad que implica establecer un nivel óptimo para transferir agua del sistema existente al túnel aliviador. Sin embargo, reducirían significativamente la contaminación en la boca del cauce.

Por otra parte, cabe recordar que el tipo de evento en donde funcionarían los túneles aliviadores para absorber el caudal excedente sería notablemente menos contaminante que la polución cotidiana que arrastra la escorrentía superficial en los sistemas convencionales de infraestructura gris.

Nuestras primeras hipótesis de trabajo y la revisión bibliográfica inicial nos impulsaron a abordar este estudio de un modo multidisciplinar, abordando coordinadamente las dimensiones ambientales, de ingeniería hidráulica, proyectual, financiera y político-administrativa. De este modo, intentamos contrastar un enfoque unidimensional predominante –en donde la gran mayoría de la inversión está dirigida a asegurar un paisaje seco– con una propuesta en donde la distribución de la inversión económica tiene como objetivo buscar formas de incluir el ciclo hidrológico en la ciudad de forma segura y no invisibilizar el agua de la vida urbana. Empezar este camino no es una tarea fácil, especialmente en entornos urbanos densos donde es difícil reemplazar superficie impermeable por suelos absorbentes a gran escala, entre otras limitaciones. Los mayores beneficios de este abordaje y la generación de más valorización urbana, que podría usarse en parte para financiar las intervenciones, podrían ser un aliciente para intentarlo. Por otra parte, es fundamental conseguir apoyo político para abordar los cambios en las estructuras institucionales para poder guiar este tipo de transformaciones. Hay indicios claros y un creciente consenso académico sobre los beneficios de seguir en esta dirección.

238

Agradecimientos - Esta investigación fue financiada por el Programa para América Latina y el Caribe del *Lincoln Institute of Land Policy* (Grant L24Q001-LHH091418); el Proyecto CONEXUS en el marco del Programa de Investigación e Innovación *Horizon 2020* de la Unión Europea (Grant Agreement ID 867564); el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; y la Universidad de Buenos Aires. Agradecemos a Gabriel Olivares por su contribución en el análisis del desempeño hidráulico. También a Andrés Juan y Luis Baer por sus aportes metodológicos para el análisis del valor de la tierra, y a Camila Lennon, Pilar Costa, Natalia Felder, Eliana Ghia y Paula Romano por producir las imágenes que ilustran este texto.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bhaskar, A. et al. (2020). Air pollution, SARS-CoV-2 transmission, and COVID-19 outcomes: A state-of-the-science review of a rapidly evolving research area. *medRxiv*

Castro Fresno, D., Rodríguez Bayón, J., Rodríguez Hernández, J., y Ballester Muñoz, F. (2005). Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS). *Interciencia*, (30), 5, 255-260. Disponible en: www.scielo.org.ve.

CH2M Hill. (2019). *Plan Maestro de Drenaje Urbano de la Cuenca del Arroyo Medrano (PMDU CAM)*. Buenos Aires: CH2M Hill.

CIRIA. (2015). *The SuDS Manual 2015*. London: Construction Industry Research and Information Association (CIRIA).

- CIWEM. (2007). *Policy Position Statement on Deculverting of Water courses*. London: Chartered Institution of Water & Environmental Management.
- Dhakal, K.P., y Chevalier, L.R. (2016). Urban Stormwater Governance: The Need for a Paradigm Shift. *Environ. Manag.* (57), 1112–1124.
- Engemann, K. et al. (2019). Residential green space in childhood is associated with lower risk of psychiatric disorders from adolescence into adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, (116), 11, 5188.
- Kozak, D., Henderson, H., de Castro Mazarro, A., Rotbart, D., y Aradas, R. (2021). *Beneficios y desafíos en la implementación de Infraestructura Azul y Verde: una propuesta para la RMBA*. En: Zunino Singh, D.; Gruschetsky, V. y Piglia, M. Eds. 'Pensar las infraestructuras en Latinoamérica', Buenos Aires: Editorial Teseo, 223-244.
- Kozak, D., Henderson, H., de Castro Mazarro, A., Rotbart, D., y Aradas, R. (2020a) Implementación de Infraestructura Azul y Verde (IAV) a través de mecanismos de captación de plusvalía en la Región Metropolitana de Buenos Aires. El caso de la Cuenca del Arroyo Medrano. *Documento de Trabajo*. Massachusetts, Estados Unidos: Lincoln Institute of Land Policy.
- Kozak, D., Henderson, H., de Castro Mazarro, A., Rotbart, D., y Aradas, R. (2020b). Blue-Green Infrastructure (BGI) in Dense Urban Watersheds. The Case of the Medrano Stream Basin (MSB) en Buenos Aires. *Sustainability*, (12), 6. <https://doi.org/10.3390/su12062163>.
- Lamond, J., y Everett, G. (2019). Sustainable Blue-Green Infrastructure: A Social Practice Approach to Understanding Community Preferences and Stewardship. *Landsc. Urban Plan*, (191). <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103639>.
- Staddon, C., Ward, S., De Vito, L., Zuniga-Teran, Gerlak, A.K., Schoeman, y., Hart, A., y Booth, G. (2018). Contributions of green infrastructure to enhancing urban resilience. *Environment Systems and Decisions*, 38(3), 330-338.
- Tayouga, S.J., Sara, A., y Gagné, S.A., (2016). The Socio-Ecological Factors that Influence the Adoption of Green Infrastructure. *Sustainability*, (8), 3–17.
- Thorne, C. R., Lawson, E. C., Ozawa, C., Hamlin, S. L., y Smith, L. A. (2018). Overcoming uncertainty and barriers to adoption of Blue-Green Infrastructure for urban flood risk management. *Journal of Flood Risk Management*, (11), 960-972.
- Vimal, R., Mathevet, R., y Michel, L. (2012). Entre expertises et jeux d'acteurs: La trame verte et bleue du Grenelle de l'environnement. *Nat. Sci. Soc.*, (20), 415–424, <https://doi.org/10.1051/nss/2012043>.
- Villegas, H. B. (1993). *Curso de finanzas, derecho financiero y tributario*. CABA: Depalma.
- Zellner, M., Massey, D., Minor, E., y Gonzalez-Meler, M. (2016). Exploring the effects of green infrastructure placement on neighborhood-level flooding via spatially explicit simulations. *Computers, Environment and Urban Systems* (59), 116–128. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2016.04.008>.