

## **TENDENCIAS EN LA GESTIÓN DE CURSOS DE AGUA URBANOS: CASO DE ESTUDIO “PROYECTO ARROYOS VIVOS RAFAELA”**

**Corina Aimo<sup>1,4</sup>, Edgardo Pero<sup>1,6</sup>, Rocío Cordero<sup>2</sup>, Mauro Williner<sup>3</sup>, Matías Martínez Sella<sup>4</sup>, Ana Paula Rosillo<sup>4</sup>, Claudia Visintini<sup>5,6</sup>, Edgardo Pic<sup>6</sup>, Darío Rossi<sup>7</sup>, Alejandro Welschen<sup>8</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Transferencia (CIT) Rafaela, Universidad Nacional de Rafaela (UNRaf) – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>2</sup>Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de Córdoba (FAUD – UNC)

<sup>3</sup>Facultad de Arquitectura Planeamiento y Diseño – Universidad Nacional de Rosario (DAPyD– UNR)

<sup>4</sup>Acción de Defensa Animal y Protección Ambiental (ADAPA), Rafaela

<sup>5</sup>Takku Arboretum de Especies Nativas

<sup>6</sup>Club de Observadores de Aves (COA) Calandria Rafaela – Aves Argentinas

<sup>7</sup>Fundación Co-Crear

<sup>8</sup>Instituto de Ecología, Genética y Evolución de Buenos Aires (IEGEB) – CONICET

Tel. 03492 - 501155 – e-mail: [corinaaimo@santafe-conicet.gob.ar](mailto:corinaaimo@santafe-conicet.gob.ar)

**RESUMEN:** En la ciudad de Rafaela se han venido ejecutando obras públicas de revestimiento y entubado en sus cursos de agua pluviales, que se encuentran conectados a la red hídrica de arroyos naturales. Estos proyectos van en línea con el antiguo paradigma preponderante del siglo XX en el manejo de los cursos de agua urbanos, que consistía en rectificaciones y canalizaciones de ríos mediante grandes obras civiles, con el fin de permitir un drenaje rápido y completo del agua. En las últimas décadas, muchas ciudades en diferentes partes del mundo, con una visión de futuro sobre sus desarrollos urbanos, están tendiendo a dejar de entubar los arroyos y ríos urbanos; más aún, se evidencia una propensión a desentubarlos. Estas prácticas son un cambio de paradigma desde una mirada de infraestructura gris, centrada exclusivamente en la funcionalidad hidráulica, a una más integral y socio-ecosistémica de infraestructura azul-verde (Blue-green infrastructure), basada en revalorizar el contacto con los ecosistemas acuáticos y todos los beneficios que tienen para la sociedad. En este trabajo se presentan antecedentes del nuevo paradigma, y avances y resultados preliminares desarrollados en el marco de un proyecto impulsado por organizaciones civiles y académicas, cuyo principal objetivo es generar y revitalizar espacios verdes de calidad asociados a los cursos de agua de la ciudad de Rafaela. Las principales conclusiones subrayan la importancia de adoptar un enfoque integral que combine esfuerzos de restauración ecológica con educación ambiental y participación ciudadana, para lograr una gestión sostenible de estos espacios.

**Palabras clave:** rehabilitación, infraestructura azul-verde, restauración ecológica y planificación urbana.

### **INTRODUCCIÓN**

Actualmente, se ha llegado a un nivel de reconocimiento relevante sobre los cambios ambientales abruptos, y en ocasiones irreversibles, que muchas actividades humanas pueden ocasionar (Steffen et al., 2015). Las sociedades enfrentan serios desafíos que derivan del cambio climático, tales como extremos meteorológicos, el mantenimiento de la seguridad alimentaria, la provisión de agua segura y un mayor riesgo de desastres naturales y pandemias.

Durante el siglo XX, el enfoque predominante en la gestión de cursos de agua urbanos se centró en una visión puramente hidráulica. Esto implicaba intervenciones como el entubado y revestimiento de arroyos

y ríos en las ciudades, con el objetivo principal de facilitar un drenaje rápido de las precipitaciones. Si bien estas medidas lograron proteger contra inundaciones y reducir vectores de enfermedades, también generaron consecuencias negativas, como la torrencialización de los cursos de agua, la disminución de la recarga natural de napas freáticas, la interrupción e invisibilización de corredores verdes, y la pérdida de beneficios ecosistémicos (Booth et al., 2015).

En las últimas décadas, muchas ciudades en diferentes partes del mundo han ido abandonando el viejo paradigma hidráulico de infraestructuras grises para dar paso a uno socio-ecosistémico, basado en revalorizar el contacto con los ecosistemas acuáticos para aprovechar todos los beneficios que tienen para la sociedad, el ambiente y la biodiversidad. Esta transición hacia el concepto de infraestructuras azul-verde implicó dejar de entubar y revestir los arroyos y ríos urbanos y hasta en algunos casos revertir dichas obras. Dicha tendencia fue impulsada principalmente debido a los desafíos urgentes que la humanidad tiene en el siglo XXI con respecto al manejo integral de los ecosistemas y, en particular, a la lucha contra el cambio climático. Estas iniciativas, que consisten en la rehabilitación y en ocasiones en la remediación de los cursos de agua (Feijoó et al. 2021), buscan mejorar la calidad de vida de los habitantes, promover la biodiversidad en las ciudades, mejorar la calidad del agua por purificación biológica natural, fomentar la actividad física y crear entornos urbanos más atractivos y sostenibles, en resumen, mantener e incrementar el acceso de las personas a servicios ecosistémicos (SE).

Diferentes reportes e informes de organismos internacionales han destacado la relación entre el bienestar humano y la integridad de los ecosistemas (Rice et al., 2018) y consideran al concepto de SE como clave para analizar esta relación. Por ejemplo, los ecosistemas de agua continental brindan una amplia gama de SE que contribuyen al bienestar humano, tales como la provisión de alimento (peces) y fibras; abastecimiento y purificación de agua; regulación del clima y de caudales; recreación y turismo. Sin embargo, en los últimos años se ha determinado que un 80 % de la población mundial está expuesta a altos niveles de amenaza para la seguridad del agua de consumo y existen hábitats asociados a un 65 % de los sistemas fluviales continentales clasificados como moderados a altamente amenazados (Vörösmarty et al., 2010). Entre los objetivos de la Agenda del Desarrollo Sustentable 2030 de las Naciones Unidas (ONU) se incluye asegurar la disponibilidad, el acceso a agua segura y el manejo sustentable de la misma y para ello uno de los sub-objetivos planteados es restaurar ecosistemas relacionados al agua, entre ellos bosques, humedales y ríos. En ese marco, la ONU ha declarado la década de la restauración de ecosistemas al decenio 2021-2030. La restauración ecológica (RE) es el proceso de asistencia a un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (SER, 2004). El objetivo de este proceso es recuperar la estructura, funcionamiento, diversidad y dinámica del ecosistema especificado. La RE de ecosistemas fluviales y sus riberas puede ser una opción de SBN para la resolución de diversos problemas en sistemas socioecológicos asociados a las ciudades, como por ejemplo inundaciones, pérdida de suelo por erosión de márgenes, contaminación del agua, entre otros.

En los últimos años, han surgido estudios principalmente en el Norte Global (NG) sobre los ecosistemas fluviales (ríos, arroyos y canales) que atraviesan zonas urbanas (Walsh et al, 2005; Booth et al., 2015). En general, se han determinado una serie de cambios en los ecosistemas fluviales producto de su paso por las zonas urbanas, los cuales en conjunto se han denominado como “Síndrome de Ríos Urbanos”. Este síndrome incluye crecidas más fuertes, elevada concentración de nutrientes y contaminantes, alteraciones de la morfología del canal, reducción de la riqueza biológica con incremento de la dominancia de especies tolerantes y principalmente reducción en la absorción de nutrientes por parte de las comunidades biológicas. Sin embargo, los factores causantes de estos cambios ambientales pueden variar en gran medida entre las diferentes regiones climáticas y geográficas del planeta (Hale et al., 2015).

En el Sur Global (SG), los ríos urbanos han sido poco estudiados. Un trabajo pionero en la temática es el de Wantzen et al (2019), en el que se presenta una revisión cualitativa detallada sobre la situación en Sudamérica, aplicando una versión ampliada del enfoque DPSIR (Sigla en inglés de: Fuerzas Motrices, Presiones, Estado, Impacto y Respuestas). Este estudio subraya la necesidad de continuar investigando los ríos y arroyos urbanos en nuestra región, no solo para mejorar la gestión y calidad de vida en las

ciudades, sino también para enriquecer el conocimiento sobre el funcionamiento de estos ecosistemas en diferentes contextos locales.

Partiendo de esta premisa, los objetivos de este trabajo son:

- Presentar experiencias internacionales en proyectos de restauración de cursos de agua urbanos, con un enfoque especial en la situación de nuestra región.
- Analizar el caso de estudio de la ciudad de Rafaela, donde se está desarrollando el proyecto interorganizacional "Arroyos Vivos Rafaela (AVR): Revalorización Ambiental y Social del Paisaje Fluvial Urbano".
- Promover el estudio de esta temática en la Provincia de Santa Fe y proponer enfoques y protocolos de acción para la resolución de problemas.

Este trabajo pretende articular información clave para analizar la situación de los cursos de agua urbanos en nuestra región y destacar las acciones en el marco del proyecto AVR. En una ciudad como Rafaela, donde predomina una concepción puramente hidráulica del manejo de los cursos pluviales, este proyecto representa una novedad al fomentar un enfoque de restauración ecosistémica a través de un esfuerzo colectivo entre diversos actores sociales.

## METODOLOGÍA

El desarrollo del trabajo se basa en una revisión bibliográfica sobre el tema, opiniones de expertos de diferentes disciplinas como la biología, la ingeniería, la geografía social, la arquitectura y la planificación urbana. Además, el proyecto AVR está basado en numerosos debates y reuniones con los diversos actores claves involucrados: organizaciones civiles socioambientales de Rafaela y la región, docentes investigadores, ciudadanos/as particulares y profesionales involucrados en la temática y personal técnico y político del gobierno municipal.

## RESULTADOS

### *Proyectos pioneros a nivel mundial*

Existen numerosos proyectos de restauración de cursos de agua urbanos, cuyos objetivos principales han sido sanearlos, generar un ambiente verde y sano e incrementar la biodiversidad en torno a los mismos. En la Tabla 1 se resumen algunos casos de éxito con las correspondientes referencias.

*Tabla 1: Listado de proyectos de restauración de cursos de agua urbanos.*

| Lugar                      | Periodo           | Breve descripción del proyecto   | Referencia                                     |
|----------------------------|-------------------|--|--|
| California, Estados Unidos | 1984              | Es considerado un caso pionero de restauración de arroyos, impulsado por el paisajista Douglas Wolfe. El proyecto consistió en transformar un patio ferroviario abandonado en un parque natural, liberando al arroyo "Strawberry Creek" en Berkeley, California. El parque cuenta con canchas de juego, colinas ajardinadas, prados verdes, árboles nativos y 60 metros de arroyo natural. | (Pinkham, 2000).                               |
| Valencia, España           | 1980- actualidad  | Se realizó un proceso de limpieza y descontaminación del Río Turia, y se creó un nuevo cauce de 12 kilómetros. El antiguo cauce del río Turia fue transformado en el Jardín del Turia, un extenso parque lineal de 9 km que recorre la ciudad de Valencia.   | (Pita da Veiga y Nogueira)                     |
| Madrid, España             | 1990 - actualidad | Recuperación de costas del Río Manzanares construyendo un gran parque lineal. Se plantaron 34.000 nuevos árboles y 471.000 nuevos arbustos, y se lograron 211.000 m <sup>2</sup> de pradera.   | (Pita da Veiga y Nogueira; Gobierno de España) |
| Bilbao, España             | 1990 - actualidad | Restauración y creación de un parque lineal aledaño al Río Nervión, lo que logró reactivar el empleo y el turismo.   | (Pita da Veiga y Nogueira; Pouso, 2020)        |

|                       |                 |   |  |
|-----------------------|-----------------|---|--|
| Sheffield, Inglaterra | 1990-2000       | Restauración del Río Porter Brook para devolverle su valor ecológico, aumentar la biodiversidad y crear un entorno más saludable para la vida acuática y las comunidades locales.   | (The Sheaf and Porter Rivers Trust)        |
| Munich, Alemania      | 2000-2011       | Se eliminaron las estructuras de canalización de un tramo de 8 km del Río Isar, para su rehabilitación. Para la playa pública se instalaron plantas de tratamiento con luz ultravioleta. Resultados muy positivos con el río totalmente integrado en la ciudad. | (Porta, 2013)                              |
| Ontario, Canadá       | 2002-actualidad | Gestión integral y adaptativa de planificación y diseño para la gestión de cursos de agua en la provincia de Ontario.   |  |
| Seúl, Corea del Sur   | 2003-2005       | Se recuperó y restauró el Río Cheonggyecheon, que había sido entubado y recubierto con una autopista. Resultó ser un proyecto ejemplar a nivel mundial de planificación estratégica y renovación urbana sobre las bases de historia, cultura y naturaleza.      | (Shin y Lee, 2005, 2006; Sadik-Khan, 2014) |

### ***Situación en Sudamérica***

La situación de los humedales y arroyos urbanos en los países del Sur Global (SG) revela un enfoque predominantemente hidráulico, centrado en la gestión de escorrentías y el vertido de aguas residuales, en su mayoría no tratadas. Estos ecosistemas de agua dulce, que originalmente proporcionaban servicios ecosistémicos como transporte, alimento y suministro de agua, son ignorados o eliminados en los planes de desarrollo urbano a medida que las ciudades se expanden. Como resultado, muchos de estos cuerpos de agua han sido transformados en canales de hormigón o embalses, incluso hay casos que han sido enterrados y cubiertos por asfalto para dar paso a infraestructuras de transporte. Las orillas se usan como vertederos, y las comunidades cercanas, y generalmente más pobres, perciben estos lugares de manera negativa debido al mal olor, la apariencia del agua y la posibilidad de albergar vectores de enfermedades (Wantzen et al., 2019; Walteros y Ramírez, 2020).

Los principales hallazgos del artículo de revisión de (Wantzen et al., 2019) son: i) los cursos de agua del SG enfrentan un "síndrome del hidrosistema urbano del sur" único debido a un entorno distintivo en cuanto aspectos geográficos y sociopolíticos, lo que implica desarrollar enfoques de restauración innovadores, creativos e interdisciplinarios. ii) Las restauraciones exitosas en estos contextos requieren no solo soluciones técnicas, sino también la participación y aceptación de las comunidades locales, vinculando la restauración a beneficios culturales y de salud pública. iii) Además, se sugiere que, al integrar la "cultura fluvial" en la planificación, se puede revitalizar la relación entre las personas y los ríos, promoviendo una identidad urbana que respete y valore los ecosistemas acuáticos. iv) Finalmente, se destaca la importancia de documentar y analizar proyectos de restauración en esta región para fomentar un intercambio de conocimientos y soluciones a nivel global, subrayando la necesidad de integrar la sostenibilidad ambiental y social en la gestión de estos ecosistemas para evitar su deterioro futuro y mejorar la calidad de vida de las comunidades ribereñas. En este trabajo se podrá encontrar un análisis enfocado a proyectos de restauración aplicados principalmente en Brasil. En el presente documento, con el objetivo de regionalizar aún más el análisis de antecedentes, presentaremos dos proyectos de restauración de cursos de agua urbanos en desarrollo de Argentina: Proyecto Hábitat Claypole y Parque-Canal Arroyo "El Gato" La Plata.

### ***Proyecto Hábitat Claypole Claypole, Arroyo San Francisco, Argentina***

El crecimiento descontrolado del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) en las últimas seis décadas ha generado graves problemas ambientales, especialmente en los cuerpos de agua, como el arroyo San Francisco en Claypole, que ha sufrido modificaciones drásticas y contaminación. La situación alcanzó un punto crítico en 2007 con una grave inundación que causó una muerte y movilizó a la comunidad a exigir soluciones. A partir de las movilizaciones vecinales, se delineó el "Proyecto Hábitat Claypole" (PHC) para abordar las inundaciones mediante la preservación de espacios verdes, la construcción de reservorios de agua, la reforestación con plantas nativas, la limpieza del arroyo y la evitación de su canalización. El proyecto también promueve la participación comunitaria en el manejo del arroyo.



*Figura 1: Estado actual del arroyo San Francisco, Claypole Argentina, y regreso de aves acuáticas.*

En 2017, se formó la "Asamblea Basta de Inundaciones Claypole" y el consolidó el PHC, con el objetivo de crear corredores verdes urbanos, establecer un humedal para mitigar las inundaciones y desarrollar una Reserva Ecológica-Deportiva. Se ha trabajado en conjunto con la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la UBA, el Instituto Nacional del Agua (INA) y la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional Buenos Aires (Argentina.gob, 2022). El proyecto ha seguido creciendo y consolidándose, con actividades de mantenimiento de plantas nativas, intervención en los campos y construcción de infraestructura. Se busca la participación activa de la comunidad en la planificación y construcción de un mejor hábitat en Claypole (ver [@proyectohabitatclaypole](https://twitter.com/proyectohabitatclaypole)).

#### ***Parque-Canal Arroyo “Del Gato” La Plata, Buenos Aires***

Existen muchos proyectos en torno a este arroyo, cuyos objetivos son la construcción y aplicación de propuestas de valoración e intervención, para contribuir a la formulación de estrategias de tratamiento integral del caso de estudio y generar aportes para otras cuencas de la Región Metropolitana de Buenos Aires (Rotger, 2017). La propuesta de intervención de Sessa et al., (2018) consiste en la instalación de un espacio verde en un tramo canalizado del Arroyo dentro del ejido urbano. Este espacio funcionará canalizando de manera superficial las aguas de lluvias, permitiendo obtener espacios inundables controlados cuyas superficies, una vez retiradas las aguas, se utilizan como áreas verdes de uso público. El proyecto pretende aminorar los efectos negativos que genera el hormigonado de cauces de cursos fluviales.



*Figura 2: Propuesta de intervención de vivienda colectiva y espacio público. Elaboración: Laboratorio de Investigación LITPA – FAU – UNLP*



### ***Contexto y análisis de situación del caso de estudio***

La ciudad de Rafaela está ubicada en la llanura Chaco-Pampeana sobre una unidad geomorfológica conocida como el Bloque de San Guillermo que es caracterizada por su planicie con escasa pendiente y propensa a anegamientos en las depresiones del terreno. Históricamente, la ciudad ha optado por construir canales artificiales en casi toda su superficie, ya que la actividad principal es la agrícola - ganadera y se buscó eliminar el problema de los anegamientos en época de lluvias. La ciudad cuenta con varios canales pluviales (Canal Noroeste, Canal Norte, Canal Brasil, y Canal Sur), construidos para drenar rápidamente el agua durante las precipitaciones.



*Figura 3: Bloque Geomorfológico de San Guillermo. Derivación del Canal Sur en el Arroyo natural Las Prusianas.*

El Canal Sur se construye con la finalidad de recoger y escurrir las aguas del bajo Amancay, una zona naturalmente deprimida del terreno ubicada al sudoeste de la ciudad, en donde se producía el almacenamiento de excedentes hídricos superficiales. Hoy este canal, al igual que el resto, se conecta a la red hídrica natural, elimina de manera rápida el agua que llega de las lluvias y donde antes había un microhábitat asociado a suelos momentáneamente anegados (bajos y cañadas), hoy se redujo gran parte de la flora y fauna asociada.



*Figura 4: Obra de entubado tipo cajón y revestimiento del Canal Sur en el tramo que atraviesa el predio del Club Sportivo Ben Hur, de la ciudad de Rafaela.*

Cuando comenzó el desarrollo industrial de la ciudad, los canales se convirtieron en el lugar destinado a recibir los efluentes de las industrias. Los procesos de urbanización también han avanzado sobre ambos canales. De este modo, la contaminación empezó a construirse no solo como un problema ambiental, sino también como una problemática social. El Canal Norte es el epicentro de un histórico problema de contaminación, que afecta a la ciudad de Rafaela desde hace más de 30 años. Actualmente, la principal fuente de contaminación en este curso pluvial tiene que ver con el desecho de basura sólida urbana y por conexiones clandestinas para el desecho de efluentes cloacales.

Desde su creación hasta la actualidad los canales han sido intervenidos con considerables obras civiles de revestimiento y entubado en relación con el rol funcional que se le otorga dentro del ejido urbano. La obra más reciente fue realizada durante el 2023 en el tramo del Canal Sur cercano Club Sportivo Ben

Hur; según lo informado por el gobierno local a los medios, los objetivos de esta obra fueron “sanear” el espacio verde de la ciclovía, mejorar el escurrimiento del agua y prevenir la probabilidad de desmoronamientos en una zona puntual a las cercanías del club.

Estas intervenciones continúan reflejando un enfoque tradicional de infraestructura gris, característico del siglo pasado, que prioriza la funcionalidad hidráulica por sobre la sostenibilidad ecológica. Sin embargo, el entubamiento o revestimiento de los canales no garantiza la reducción de los efluentes contaminantes que circulan por la ciudad. Las aguas que atraviesan varios barrios están a menudo expuestas a rotura de desagües con una consecuente contaminación posterior con efluentes cloacales, sumado a la detección de niveles elevados de poblaciones de bacterias coliformes, y la constante contaminación por residuos sólidos, lo que plantea serios desafíos tanto para la salud pública como para la protección del medio ambiente. Tal como se presentó anteriormente, en las últimas décadas, muchas ciudades en diferentes partes del mundo, con una visión de futuro sobre sus desarrollos urbanos, están tendiendo a dejar de entubar los arroyos y ríos urbanos; más aún, se evidencia una propensión a desentubarlos, debido principalmente a los desafíos urgentes que la humanidad tiene en el siglo XXI con respecto al manejo integral de los ecosistemas y, en particular, a la lucha contra el cambio climático. Estas prácticas son un cambio de paradigma desde una mirada de infraestructura gris, centrada exclusivamente en la funcionalidad hidráulica, a una de socio-ecosistemas, basada en revalorizar el contacto con los ecosistemas acuáticos y todos los beneficios que tienen para la sociedad. En ese sentido, se desarrolló la propuesta de gestión integral y ecosistémica de los cuerpos de agua pluviales que circulan y atraviesan la ciudad de Rafaela, cuyos objetivos y plan de trabajo se presentan en la siguiente sección.

### ***Objetivos del proyecto y plan de trabajo***

Sobre la base de los antecedentes descritos y referenciados anteriormente, que consisten en proyectos de rehabilitación de cursos de agua urbanos cuyos resultados demostraron brindar múltiples beneficios ambientales y sociales, además de lograr acciones efectivas de mitigación contra el cambio climático, se plantea como objetivo del presente documento generar y renaturalizar espacios verdes de calidad asociados a los cursos de agua urbanos en la Ciudad de Rafaela, sobre la base del cuidado ambiental y la conservación de la biodiversidad.

En este marco, los objetivos generales son:

- Mitigar la contaminación urbana de los cursos de agua que atraviesan la Ciudad de Rafaela.
- Diseñar, crear e implementar espacios verdes asociados a los cursos de agua urbanos.
- Conservar y aumentar la biodiversidad acuática y de ribera en cursos de agua urbanos.
- Promover prácticas de convivencia ciudadana respetuosas del ambiente y la biodiversidad urbana.

Objetivos específicos:

1. Generar un diagnóstico a partir de una evaluación de la calidad ecológica (química y biológica) del agua de cursos fluviales urbanos (arroyos y canales) en zonas con márgenes de ribera en diferentes estados de conservación y de calidad (márgenes de ribera en buena, mediana calidad o degradados).
2. Realizar un censo de aves acuáticas y asociadas a los cursos fluviales urbanos de Rafaela.
3. Estimar servicios ecosistémicos brindados por la vegetación de ribera en cursos de agua urbanos e identificar los beneficios producidos para la comunidad rafaelinea.
4. Mapear los cursos de agua urbanos y sus márgenes de ribera, clasificar sus tramos de acuerdo con su calidad ecológica para poder establecer áreas con necesidad de restauración ecológica.
5. Identificar la situación de la propiedad de terrenos en los márgenes de ribera de los cursos pluviales urbanos.
6. Proponer proyectos de restauración ecológica para las áreas con márgenes de ribera degradados y analizar su factibilidad.
7. Incorporar Soluciones Basadas en la Naturaleza como los humedales construidos para mejorar la calidad del agua.
8. Realizar talleres de educación ambiental y difusión gráfica y web sobre la biodiversidad de ríos urbanos y la problemática de su contaminación.

### ***Plan de trabajo***

1. Objetivo específico 1: Colecta de datos y muestreo en los sitios seleccionados a través de trabajo de campo realizando una visita en cada estación hídrica (aguas bajas y aguas altas) durante el año de

duración del proyecto. En cada visita se colectarán 3 muestras cuantitativas (red Surber de 0,25 mm) y 1 cualitativa (red D y de pateo). Las muestras de bentos serán procesadas e identificadas a nivel de género en laboratorio utilizando microscopio estereoscópico y guías regionales de identificación [25]. En cada sitio se relevará la vegetación de ribera a través de transectas paralelas al cauce principal de los ríos (2 por sitio) registrando la identidad (especie), altura y perímetro a la altura del pecho de cada espécimen leñoso. Se calculará el índice de calidad de bosque de ribera adaptado para la región [26] a fin de determinar la calidad y estado de conservación de los márgenes de ribera de cada sitio. En cada sitio además se registrarán diferentes variables ambientales: físico-químicas (temperatura del agua, pH, conductividad eléctrica, turbidez, total de sólidos disueltos, oxígeno disuelto, concentración de sales inorgánicas, concentración de nutrientes, metales pesados y análisis bacteriológicos); e hidrológicas (caudal, potencia y ancho del área de inundación).

2. Objetivo específico 2: Se realizarán transectas de avistamiento de aves en los tramos y sitios de los canales y arroyos a visitar. En grupos de 4 o 5 personas se recorrerán los tramos de arroyo o canal en un tiempo determinado contabilizando la cantidad de especies de aves identificadas y un estimado de sus abundancias (cantidad de avistamientos). Se realizarán visitas a los sitios en cada estación del año (primavera, verano, otoño e invierno) durante un año para tener representada la variabilidad estacional. Luego se analizarán los datos obtenidos a través de curvas de rango-abundancia para analizar la estructura y composición de los ensambles de aves en cada sitio.

3. Objetivo específico 3: Estimar servicios ecosistémicos brindados por la vegetación de ribera en cursos de agua urbanos e identificar los beneficios producidos para la comunidad rafaeline. Según las clasificaciones actuales de servicios ecosistémicos provistos por cuerpos de agua y vegetación ribereña se enlistan los principales identificados para zonas urbanas. Con esa información se diseñará una encuesta de valoración para realizar a vecinos/as de la ciudad, cercanos a los canales y arroyos y alejados de los mismos para evaluar la valoración vecinal de estos ecosistemas según la distancia a la que viven de los mismos y poder contar con una aproximación a la opinión vecinal.

4. Objetivo específico 4: Mapear los cursos de agua urbanos y sus márgenes de ribera, clasificar sus tramos de acuerdo a su calidad ecológica para poder establecer áreas con necesidad de restauración ecológica. Una vez recolectados y analizados los datos de calidad ambiental (agua, invertebrados, vegetación y aves) se clasificarán los sitios evaluados según índice integral que abarque todos los aspectos evaluados. Luego, a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG, QGis) y la plataforma *Google Earth Engine* (<https://earthengine.google.com/>) se realizará un mapa de la ciudad y sus cuerpos de agua fluviales clasificados según la categorización previa en base a su calidad ambiental. Se identificarán zonas de mayor y menor calidad ambiental y zonas con necesidad de restauración o rehabilitación.

5. Objetivo específico 5: plantear actividades enfocadas en la investigación, recopilación de información y mapeo de los terrenos ubicados en los márgenes de ribera de los canales, incluyendo el uso actual de la tierra, su titularidad, condiciones legales y restricciones existentes. Establecer diálogos con los propietarios y las comunidades cercanas, gestionar conflictos y alcanzar acuerdos para comprender sus necesidades, intereses y preocupaciones, e involucrarlos en el proceso de revalorización de estos espacios. Integrar toda esta información en un plan territorial que asegure un desarrollo coherente y sostenible en las zonas de los canales y sus márgenes de ribera. Asimismo, considerar la creación de áreas protegidas para su restauración y conservación para amparar la biodiversidad y la calidad ambiental. Integrar estas actividades en un marco Colaboración Interinstitucional, trabajando en conjunto con autoridades locales, instituciones gubernamentales, instituciones civiles no gubernamentales y organizaciones privadas.

6. Objetivo específico 6: Proponer proyectos de restauración ecológica para las áreas con márgenes de ribera degradados y analizar su factibilidad. En base a los diagnósticos y mapas realizados se planificará una propuesta de restauración ecológica para los sitios evaluados. Para la misma se seguirán los estándares y principios de restauración de ecosistemas establecidos por la Sociedad Internacional para la restauración ecológica y la ONU Decana de la Restauración 2021-2030 [27].



7. **Objetivo específico 7:** Las actividades para incorporar Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) son las siguientes: Diseño y construcción de humedales artificiales en diferentes puntos de los canales para filtrar y purificar el agua, eliminando contaminantes y mejorando su calidad. En torno a estos desarrollos realizar monitoreo regular de la calidad del agua para medir la efectividad de los humedales construidos. Organización de jornadas de limpieza y gestión de residuos en los canales para reducir la contaminación y mejorar la salud del ecosistema acuático. Reforestación promoviendo la plantación de vegetación ribereña nativa en las orillas de los canales para estabilizar los bancos, reducir la erosión, proporcionar refugio para la fauna local y mejorar la calidad del agua. Planificación y desarrollo coherente con la preservación ambiental de senderos y áreas recreativas a lo largo de los canales para fomentar el acceso público y la conexión con la naturaleza, alentando a la comunidad a disfrutar y cuidar estos espacios. Impulsar actividades educativas y de investigación y desarrollo para mejorar las técnicas de restauración y manejo de los cursos de agua urbanos con enfoque en SBN.

8. **Objetivo específico 8:** Talleres educativos: Paralelamente y en coordinación con las tareas de investigación, se llevarán adelante talleres educativos en escuelas cercanas a los sitios de muestreo. Los talleres consisten en entre tres o cuatro encuentros con estudiantes entre los cuales se incluyen salidas de campo para colecta de invertebrados acuáticos y posterior identificación en el aula con lupas y guías de identificación de uso sencillo para calcular de forma muy sencilla un índice de calidad ecológica del agua de ríos y arroyos (<http://ibn-conicet.gob.ar/recursos-didacticos/>). De esta manera se espera empoderar a los/as estudiantes y docentes a fin de que ellos/as mismos/as sean capaces de monitorear la calidad del agua de ríos, arroyos o canales cercanos a sus escuelas y/u hogares. Este monitoreo podrá ser coordinado y facilitado por los/as investigadores/as del proyecto para asegurar su continuidad y articular los datos registrados en las distintas áreas. Se realizarán también talleres de avistaje de aves para profundizar el conocimiento de la fauna local y monitorear sus poblaciones.

## **IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO: AVANCES Y ESPECTATIVAS**

### ***Acciones realizadas***

Diversas organizaciones civiles ambientales, ciudadanos y profesionales venían expresado desde hace tiempo su preocupación por el estado y tratamiento de los cursos de agua en la Ciudad de Rafaela, preocupación que se fue profundizando con el inicio de las obras de entubado y revestimiento de ambos canales de la ciudad. El primer indicio de desarrollo de un proyecto colectivo comenzó con una actividad de observación de aves en la Universidad Nacional de Rafaela (UNRaf), donde se encontraron los primeros actores claves para impulsar el proyecto.

En abril de 2023, se inició la formulación de un proyecto formal para presentar al municipio como un trabajo conjunto entre Club de Observadores de Aves de Rafaela (COA Calandria), Acción de Defensa Animal y Protección Ambiental (ADAPA) e investigadores del Centro de Investigación y Transferencia de Rafaela (CIT, UNRaf - CONICET). El 16 de septiembre de 2023 se llevó a cabo un operativo de limpieza del Canal Norte en el marco del Día Mundial de la Limpieza. Esta actividad atrajo a más organizaciones al proyecto, como la Fundación Co-crear y Arboretum Takku. Además, para esta actividad participaron activamente la vecinal del barrio Virgen del Rosario, vecinas/os, la Escuela Laboral N° 2082 brindando todas las herramientas necesarias para el operativo, y un trabajador autónomo que ofreció su camión para transportar la basura, mientras que la municipalidad facilitó un contenedor. En esta jornada, se extrajeron dos toneladas de basura del canal con la participación de 20 a 30 voluntarios, trabajando de 14 a 18 horas. La logística proporcionada por el camión fue crucial, ya que un solo contenedor no habría sido suficiente. Esta actividad recibió amplia difusión en los medios de comunicación, convirtiéndose en un punto de inflexión en la consideración del proyecto por parte de las autoridades gubernamentales. La limpieza expuso nuevamente, después de varios años, la situación crítica del Canal Norte y los barrios adyacentes, poniendo sobre la mesa nuevamente el potencial problema de salud pública debido a la gran cantidad de basura sólida urbana arrojada al canal y el estado del agua.



*Figura 5: Operativo de limpieza del Canal Norte impulsado por las organizaciones civiles socioambientales.*

El 17 de noviembre de 2023 investigadores del CIT Rafaela y representantes de las organizaciones civiles presentaron el proyecto "Arroyos Vivos" en la última reunión del Consejo Ambiental de la municipalidad de Rafaela. En dicha reunión se contó con la presencia de representantes de diversas organizaciones que conforman el consejo, autoridades políticas y personal técnico de la municipalidad del área de medio ambiente. El 29 de diciembre del 2023 se llevó a cabo el primer "Taller de Mapeo Socioambiental Colectivo" entre las organizaciones impulsoras del proyecto. En este taller se realizó un relevamiento de actores clave, intereses y expectativas de la situación. Finalmente, se elaboró un plan de acción para el año siguiente.

Durante los primeros meses de 2024, con el cambio de gobierno, se iniciaron nuevas tratativas para analizar la posibilidad de implementar el proyecto como una colaboración entre el estado, organizaciones civiles, académicas y la ciudadanía. Se llevaron a cabo varias reuniones con diversas áreas de la municipalidad, gracias a la apertura e interés de funcionarios puntuales del Instituto para el Desarrollo Sustentable (IDSR), quienes facilitaron la presentación de las ideas del proyecto al personal de las áreas de ambiente, desarrollo urbano y obras públicas. El 23 de abril de 2024 se presentó el proyecto en el evento internacional "The Nature of Cities Festival". El domingo 5 de mayo de 2024 se organizó un "Taller de Debate Ambiental" en la vecinal del barrio Virgen del Rosario, seguido de una plantación de 25 ejemplares de timbó en la plaza.

Durante todo este período, las distintas organizaciones continuaron cooperando en diversas actividades para alcanzar los objetivos del proyecto, tales como censos de aves, muestreo y análisis (físico-químico, bacteriológico y biológico) de los cursos de agua en Rafaela y otros sitios de la cuenca, a través de la articulación con otro proyecto de investigación (Restauración de ecosistemas ribereños de la cuenca lechera del Espinal santafesino en busca de su sustentabilidad: diagnóstico socio-ambiental, UNRaf Expediente N° 0036/2024) para potenciar el enfoque de cuenca hídrica en ambos proyectos. También se realizó difusión en redes sociales, medios de comunicación y entornos educativos y académicos. Esta colaboración ha dado lugar a la creación de la "Red Ambiental del Oeste Santafesino", con el objetivo de unir los esfuerzos atomizados de diversas ONGs, particulares y profesionales de la región para alcanzar objetivos comunes en torno al cuidado de la naturaleza y los ecosistemas.

### ***Expectativas y potencial impacto***

Se espera poder aplicar acciones concretas comenzando por zonas pilotos de los Canales Norte y Sur de la Ciudad de Rafaela en el marco de un convenio entre CONICET, las organizaciones civiles impulsoras y la municipalidad. La concreción de un convenio de este tipo permitirá definir un plan de trabajo claro, establecer los equipos responsables, y formalizar las acciones, responsabilidades y el seguimiento del proyecto, asegurando así una ejecución eficiente y coordinada. Además, se espera que la experiencia acumulada durante el desarrollo de este proyecto sirva como base para:

- Elaboración de un Protocolo de Acción: Consolidar toda la información generada en un "protocolo de acción" que guíe el desarrollo de proyectos de restauración y rehabilitación de cursos de agua urbanos, abarcando aspectos técnicos, ambientales y sociales.
- Coordinación y Unificación de Criterios: Colaborar con grupos de investigación y organizaciones regionales para estandarizar la recolección de datos y metodologías, así como diseñar

indicadores que permitan generar conjuntos de datos integrales. Esto facilitará el desarrollo de análisis cuantitativos y la creación de herramientas precisas para la evaluación, predicción y toma de decisiones estratégicas.

## CONCLUSIONES

El proyecto de rehabilitación de los cursos de agua en Rafaela se erige como una respuesta integral a la problemática ambiental que afecta a la ciudad. Iniciado en el ámbito de la sociedad civil y luego fortalecido por la colaboración con el ámbito académico, el proyecto ha logrado un primer posicionamiento en la agenda política local, impulsando una alternativa de tratamiento más sostenible de los cuerpos de agua urbanos. Los antecedentes estudiados subrayan la necesidad de adoptar enfoques integrados y colaborativos que involucren a las comunidades locales, organizaciones civiles y a las autoridades locales, integrando la educación ambiental y la participación ciudadana en los proyectos de gestión de recursos naturales, con el fin de garantizar su sostenibilidad a largo plazo. La evaluación de la calidad del agua, junto con el censo de aves acuáticas y la estimación de los servicios ecosistémicos, permitirá identificar áreas prioritarias para la restauración, desarrollar estrategias efectivas de intervención y calcular indicadores de mejora. El Proyecto Arroyos Vivos Rafaela busca equilibrar las necesidades hidráulicas con la preservación ambiental, promoviendo un enfoque que integra lo técnico, lo social y lo ambiental. La aplicación de estas estrategias en zonas piloto, en el marco de convenios formales, permitirá generar datos e indicadores que fortalezcan la base científica y técnica para futuros proyectos similares, contribuyendo así al estudio y manejo de los cursos de agua en la región y Sudamérica.

## REFERENCIAS

- Booth, D. B., Roy, A. H., Smith, B., & Capps, K. A. (2016). Global perspectives on the urban stream syndrome. *Freshwater Science*, 35(1), 412-420.
- Feijoó, C., Giorgi, A., & F. Sabater. (2021). Teoría de la restauración fluvial, 121-136. En: Feijoó (Ed) .2021. Conservación, Manejo y Restauración de Sistemas Fluviales. Una aproximación ecológica. 1era edición, Lujan: Libros del INEDES. 182 pp.
- Hale, R. L., Scoggins, M., Smucker, N. J., & Suchy, A. (2016). Effects of climate on the expression of the urban stream syndrome. *Freshwater Science*, 35(1), 421-428.
- Restauración fluvial del Río Manzanares en el entorno del Real Sitio de El Pardo [En línea], Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Gobierno de España. Dirección URL:<<https://restauracionfluvialriomanzanares.es/>>
- Naciones Unidas 2018. The 2030 Agenda for Sustainable Development. A/Res/70/1.
- Pinkham, R. (2000). Daylighting: new life for buried streams. 1º Edición, Rocky Mountain Institute, Old Snowmass, Colorado.
- Pita da Veiga, C. y Nogueira R., [En línea] Cómo Tres Ciudades Se Reconciliaron Con Sus Ríos, El Español. Dirección URL:<[https://www.elespanol.com/porfolio/20230318/cambiaron-madrid-bilbao-valencia-ciudades-reconciliaron-rios/1002995770394\\_32.html](https://www.elespanol.com/porfolio/20230318/cambiaron-madrid-bilbao-valencia-ciudades-reconciliaron-rios/1002995770394_32.html)>
- Porta P.S. (2013). Recuperación del paisaje en la ciudad: Las riberas urbanas en las cuencas de los ríos Garona e Isar, Facultad de Filosofía y Letras - Universidad de Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/12767/files/TAZ-TFM-2013-1027.pdf>
- Pouso, S., Borja, Á., y Uyarra, M. C. (2020). An interdisciplinary approach for valuing changes after ecological restoration in marine cultural ecosystem services. *Frontiers in Marine Science*, 7, 715. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00715>
- “Proyecto Hábitat Claypole” (PHC), [En línea]. Dirección URL:<<https://linktr.ee/proyectohabitatclaypole>>
- “Rehabilitación de arroyos urbanos e implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en Argentina,” 7 Enero 2022. [En línea]. Dirección URL:<<https://www.argentina.gob.ar/noticias/rehabilitacion-de-arroyos-urbanos-e-implementacion-de-soluciones-basadas-en-la-naturaleza>>
- Rice, J., Seixas, C. S., Zaccagnini, M. E., BedoyaGaitán, M., Valderrama, N., Anderson, C. B., ... & Farinaci, J. S. (2018). Summary for policymakers of the regional assessment report on biodiversity

- and ecosystem services for the Americas of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES book.
- Rotger, D. V. (2017). Paisaje fluvial y planificación del territorio: Perspectivas de integración en la Región Metropolitana de Buenos Aires.
- Sadik-Khan J., [En línea]. Global Designing Cities Initiative, Island Press, 2014. Dirección URL:<<https://globaldesigningcities.org/publication/global-street-design-guide/streets/special-conditions/elevated-structure-removal/case-study-cheonggyecheon-s>>
- SER [En línea]. Society for Ecological Restoration 2004. Dirección URL:< [www.ser.org](http://www.ser.org)>
- Sessa, E. T., Pace L. R., Martin; M. A. [en línea]. Arroyo "el gato" La Plata – Pcia de Buenos Aires. Funcionalidad Hídrica+Parque-Cana+Espacio Público+Continuidad de Trama Urbana. Dirección URL:<<https://www.dropbox.com/scl/fi/hap167qpcc1yvjsx16qf/PROYECTO-ARROYO-ELGATO-Ideas-for-Action.pdf?rlkey=0cpx59pgbsu2xlyhpet6s0oti&e=1&dl=0>>
- Shin, J. H., Lee, Y. H., Kwon, W. T. K., & Kim, Y. J. (2005). A large scale demolition in a densely populated urban area—a case study. *11–13 April 2005* (pp. 195-202). Thomas Telford Publishing.
- Shin, J. H., & Lee, I. K. (2006, November). Cheong Gye Cheon restoration in Seoul, Korea. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering* (Vol. 159, No. 4, pp. 162-170). Thomas Telford Ltd.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *science*, 347(6223), 1259855. DOI: [10.1126/science.1259855](https://doi.org/10.1126/science.1259855)
- The Sheaf and Porter Rivers Trust, [En línea]. Dirección URL:<<https://www.sheafportertrust.org/projects>>
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., ... & Davies, P. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *nature*, 467(7315), 555-561.
- Walteros, J. M., & Ramírez, A. (2020). Urban streams in Latin America: Current conditions and research needs. *Revista de Biología Tropical*, 68, 13-28.
- Walsh, C. J., Roy, A. H., Feminella, J. W., Cottingham, P. D., Groffman, P. M., & Morgan, R. P. (2005). The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society*, 24(3), 706-723.
- Wantzen, K. M., Alves, C. B. M., Badiane, S. D., Bala, R., Blettler, M., Callisto, M., ... & Zingraff-Hamed, A. (2019). Urban stream and wetland restoration in the Global South—A DPSIR analysis. *Sustainability*, 11(18), 4975.

## **TRENDS IN URBAN WATERFLOW MANAGEMENT: CASE STUDY “RAFAELA LIVING STREAMS PROJECT”**

**ABSTRACT** In the city of Rafaela, public lining and piping works have been carried out in its storm watercourses, which are connected to the water network of natural streams. These projects are in line with a predominant paradigm of the 20th century in the management of urban watercourses, which consisted in rectifications and channeling of rivers, to allow rapid and complete drainage of water. In recent decades, many cities of the world, are tending to stop piping urban streams and rivers; Furthermore, there is a tendency to extubate them. These practices are a paradigm shift from a view of gray infrastructure, focused exclusively on hydraulic functionality, to a more comprehensive and socio-ecosystemic blue-green infrastructure, based on revaluing contact with aquatic ecosystems, and all the benefits they have for society. This work presents background information on the new paradigm and preliminary results developed within the framework of a project promoted by civil and academic organizations, whose main objective is to restore quality green spaces associated with the water courses of the city of Rafaela. The main conclusions highlight the importance of a comprehensive approach that combines ecological restoration efforts with environmental education and citizen participation to achieve sustainable management of urban watercourses.

**Keywords:** rehabilitation, blue-green infrastructure, ecological restoration and urban planning.