

Del bosque esponja a la ciudad esponja

Por qué proteger una ciudad de las inundaciones exige retener, ralentizar y descontaminar el agua desde la cabecera de la cuenca hasta cada calle.

Alain Bélanger, ingeniero forestal
Iniciativa Mundial para Cuencas Regenerativas

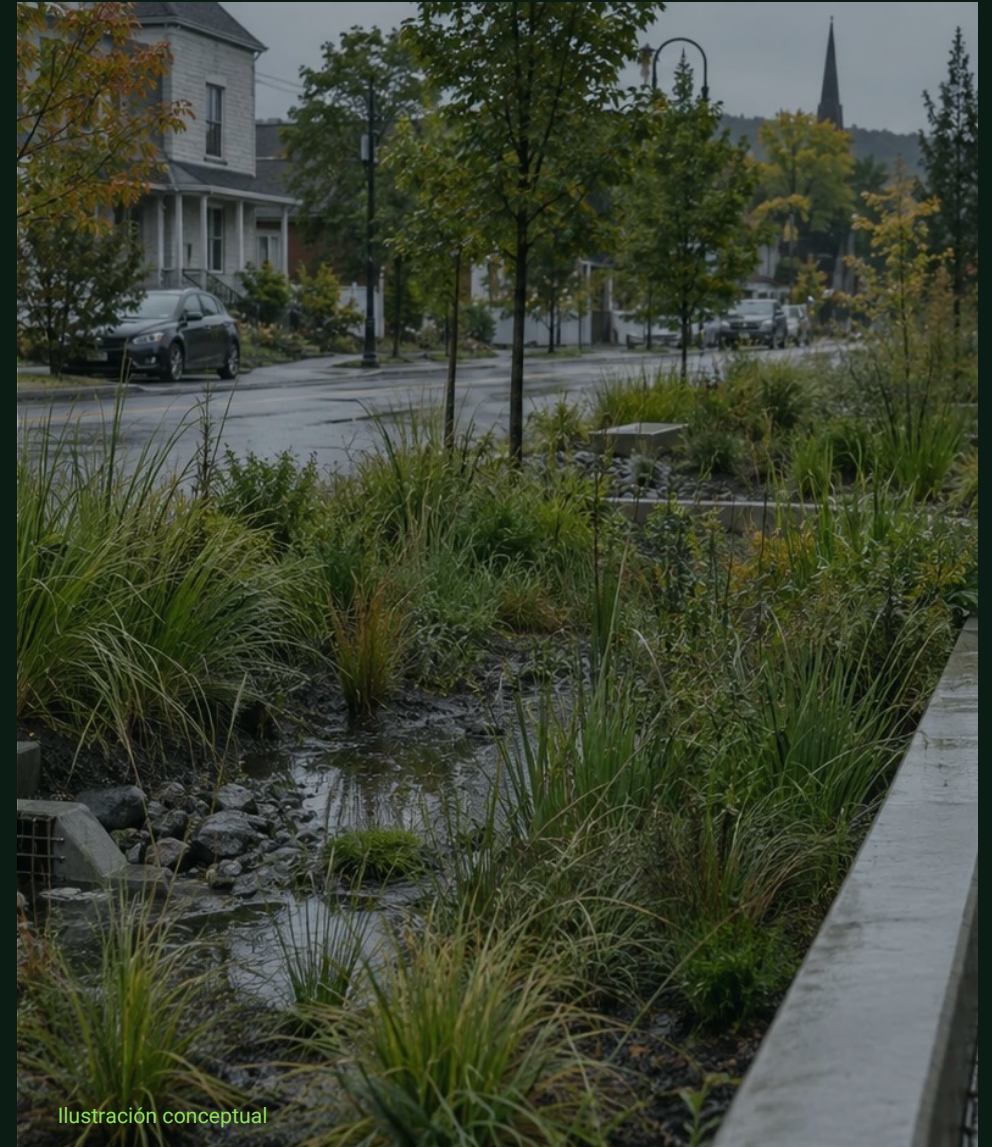


Ilustración conceptual

La crecida puede comenzar lejos de la ciudad.

Parte del agua pudo caer horas -o incluso días- antes sobre bosques, campos, humedales y caminos situados aguas arriba.

La cuenca ignora los límites municipales.

La lluvia puede terminar. La onda de crecida sigue avanzando.

El retraso depende de la pendiente, los suelos, los humedales, los lagos, la saturación inicial y la rapidez con que carreteras, cunetas y alcantarillas transfieren el agua aguas abajo.

Una red vial también puede convertirse en una red hidrológica.

57 %

de la red vial estudiada
actuaba como vía de escurrimiento

+46 %

de caudal máximo para
una red antigua cerca de arroyos

<2 %

para una red reciente
alejada de los arroyos

Mismo territorio. Dos configuraciones. Dos efectos muy diferentes sobre la velocidad y la concentración del agua.

Resultados de cuencas específicas; no constituyen una regla universal.

Fuentes: Wemple et al. · Surfleet et al. / Caspar Creek

La “oleada de agua” se forma por acumulación.

01

La lluvia cae aguas arriba

02

**Carreteras y cunetas
aceleran el traslado**

03

**Surgencias y arroyos
pequeños se llenan**

04

Los tributarios se reúnen

05

**La onda de crecida
desciende**

06

**La lluvia local puede llegar
al mismo tiempo**

07

**La ciudad recibe la suma del
sistema**

Una solución puede funcionar para la carretera y aun así trasladar el riesgo hacia el punto más bajo de la cuenca.

Una ciudad no puede ser una esponja si aguas arriba sigue siendo un embudo.

Bosques · suelos · turberas · humedales · lagos · llanuras de inundación · caminos desconectados de arroyos

Estos paisajes almacenan agua temporalmente, reducen ciertos picos y sostienen caudales durante los periodos secos.

La ciudad puede recibir dos picos al mismo tiempo.

ONDA DE CRECIDA DESDE AGUAS ARRIBA

Agua que cayó antes
sobre la cuenca

LLUVIA LOCAL SOBRE LA CIUDAD

Techos · calles · estacionamientos
red pluvial

CIUDAD EN PICO HIDRÁULICO

Río ya alto + red urbana saturada = riesgo mayor

El momento exacto varía según la cuenca, pero la superposición de picos debe modelarse.

¿Bosque esponja o ciudad embudo?

BOSQUE ESPONJA

- El dosel intercepta
- La hojarasca ralentiza
- Las raíces abren vías
- El suelo vivo almacena
- Los humedales regulan

CIUDAD EMBUDO

- Los techos concentran
- El asfalto impermeabiliza
- Los bordillos canalizan
- Los sumideros aceleran
- Las tuberías trasladan el riesgo

El problema no es la ciudad. Es un sistema que convierte demasiado rápido la lluvia en caudal.

Cada escala debe gestionar su parte de lluvia.

1

CUENCA

Ralentizar antes de la ciudad

Bosques · humedales · caminos

2

MUNICIPIO

Planificar los picos

Redes · parques · llanuras

3

BARRIO

No transferir todo aguas abajo

Techos · lotes · estacionamientos

4

CALLE

Retener, filtrar, infiltrar

Árboles · medios · aliviaderos

Evacuar solo el excedente, después de retener, ralentizar, reutilizar o filtrar lo que pueda gestionarse localmente.

La calle puede convertirse en infraestructura climática.

Ralentizar

Almacenar

Filtrar

Infiltrar

**Evacuar el
excedente**

Una calle regenerativa no retiene ciegamente toda el agua. Primero devuelve tiempo al territorio.

El agua vial también transporta la contaminación de la carretera.

Partículas de neumáticos y microplásticos

6PPD y 6PPD-quinona

Polvo de frenos y metales

Hidrocarburos · aceites · sales de deshielo

El objetivo no es trasladar la contaminación del río al acuífero.

El tratamiento en la fuente es posible.

>90 %

de reducción de la carga de 6PPD-Q
en la mayoría de las lluvias típicas

Celda madura de biorretención

>96 %

de retención de la masa
de partículas de neumáticos

Pavimento permeable

68 %

de reducción media
de la masa de 6PPD-Q

Pavimento permeable

Resultados de configuraciones experimentales precisas. El desempeño real depende del volumen, los medios, el mantenimiento y los desbordamientos en tormentas extremas.

Fuentes: Environmental Science & Technology Letters · Science of the Total Environment

Cuando falta agua, las pérdidas atraviesan toda la economía.

~1 %

del PIB de la Unión Europea
en 2026

~180 mil M€

de pérdida económica
estimada

-1,4 puntos

de crecimiento potencial
para Francia

Agricultura · energía · transporte · productividad · salud · servicios ecosistémicos

Estas cifras describen el costo del calor y la sequía, no un costo atribuible a las carreteras.

Fuente: Triodos Bank, Hot Summer Economics, 8 de agosto de 2026

Una carretera inteligente no debería limitarse a contar vehículos.

TRÁFICO

Velocidad
Carga
Vibración
Seguridad

AGUA · CALOR · CONTAMINACIÓN

Lluvia
Humedad del suelo
Calidad del agua
Saturación de filtros

La ciudad esponja comienza en el bosque, continúa en cada barrio y se vuelve mensurable en cada calle.

Para saber más

Las referencias completas y los enlaces están incluidos en el artículo largo.

1. Carreteras y cuencas

roadsforwater.org

3. Inundaciones urbanas

epa.gov

5. Biorretención y 6PPD-Q

pubs.acs.org

7. Resiliencia hídrica europea

commission.europa.eu

2. Caspar Creek

sciencedirect.com

4. Calles verdes

epa.gov

6. Pavimentos permeables

sciencedirect.com

8. Hot Summer Economics

triodos.com

Leer el artículo completo