



ESTADO PLURINACIONAL DE  
**BOLIVIA**

MINISTERIO DE  
MEDIO AMBIENTE Y AGUA

MEMORIAS DE LAS JORNADAS

# SUDS

SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE  
COMO UNA MEDIDA DE ADAPTACIÓN FRENTE  
AL CAMBIO CLIMÁTICO



Financiado por:



Liderado por:



En alianza con:



**CONDESAN**  
Consortio para el Desarrollo Sostenible  
de la Ecorregión Andina

# Memoria de las Jornadas: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) como una medida de adaptación frente al cambio climático

Autora:  
**Alejandra Melfo**

Revisión y aportes:  
**Ana Lía Gonzáles - Líder Técnico Nacional**  
**Fabiola Azcuña Castro - Asistente Técnico Nacional**

Diseño y diagramación:  
**Julián Marcel Toro**

Fotografías:  
Fotos libres de derechos y cortesía de los expositores

Año de publicación:  
**2023**

Esta publicación ha sido realizada con el apoyo del “Proyecto Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en Recursos Hídricos de los Andes (AICCA)”. El cual es financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial(FMAM/GEF), implementado por el banco de Desarrollo de América Latina (CAF) y ejecutado por el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina(CONDESAN).

El proyecto AICCA en Bolivia es ejecutado en alianza con el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) a través del Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB).

Cómo citar:  
Proyecto AICCA Bolivia. 2023. Memoria de las Jornadas: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) como una medida de adaptación frente al cambio climático. CONDESAN-Proyecto AICCA/MMAyA VAPSB. La Paz.


Las publicaciones de CONDESAN contribuyen con información para el desarrollo sostenible de los Andes y son de dominio público. Los lectores están autorizados a citar o reproducir este material en sus propias publicaciones. Se solicita respetar los derechos de autor de los investigadores y CONDESAN y enviar una copia de la publicación en la cual se realizó la cita o publicó el material a nuestras oficinas.

LIMA – PERÚ  
Av. Codornices 253 – Surquillo +511 6189400

QUITO – ECUADOR  
Calle Juan Ramírez 141 y Germán Alemán  
+593 2248495

condesan@condesan.org  
www.condesan.org

 /CONDESANandes

 condesanandes

 \_CONDESAN

 CondesanAndes

MEMORIAS DE LAS JORNADAS

# SUDS

SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE  
COMO UNA MEDIDA DE ADAPTACIÓN FRENTE  
AL CAMBIO CLIMÁTICO

5	<b>PRESENTACIÓN</b>
6	<b>OBJETIVOS</b>
7	<b>FICHA DEL EVENTO</b>
8	<b>AGENDA</b>
10	SUDS: las ciudades se adaptan al cambio climático
11	Desafíos del agua en las ciudades
12	SUDS: cambiar de paradigma en planificación urbana
13	Principales tipos de SUDS
<b>14</b>	<b>LA EXPERIENCIA EN LATINOAMÉRICA</b>
15	Introducción a los SUDS: Problemática, conceptos y experiencias
17	Mantenimiento, monitoreo y evaluación del desempeño de los SUDS
18	Experiencia de la aplicación de SUDS en Brasil
19	Experiencia de la aplicación de SUDS en Colombia: Herramientas de Planificación
20	La experiencia en Mérida, México
21	Desafíos y retos en la implementación de los SUDS

## 22 LA EXPERIENCIA EN BOLIVIA

- 23 Implementación de la obra piloto de SUDS en el Parque Cretácico de Sacaba en el Departamento de Cochabamba
- 24 DUSA: Desarrollo Urbano Sensible al Agua. Desafíos en Bolivia
- 26 Experiencia de la aplicación de SUDS en Bolivia: Sistemas de cosecha de agua de lluvia

## 27 LA EXPERIENCIA EN ESPAÑA

- 28 Beneficios y ventajas de la utilización de SUDS
- 29 Experiencia de aplicación de SUDS en Barcelona - España
- 30 Experiencia de aplicación de SUDS en Madrid - España
- 31 Experiencia de aplicación de SUDS en Sevilla - España
- 32 Experiencia de aplicación de SUDS en Valencia - España

## 33 ¿QUÉ NOS DEJAN LAS JORNADAS?

- 34 Aprendizajes clave
- 35 Retos y Desafíos en implementación de SUDS
- 36 Temas Pendientes en la agenda SUDS
- 37 Buenas prácticas a replicar a partir de las experiencias
- 38 Información complementaria

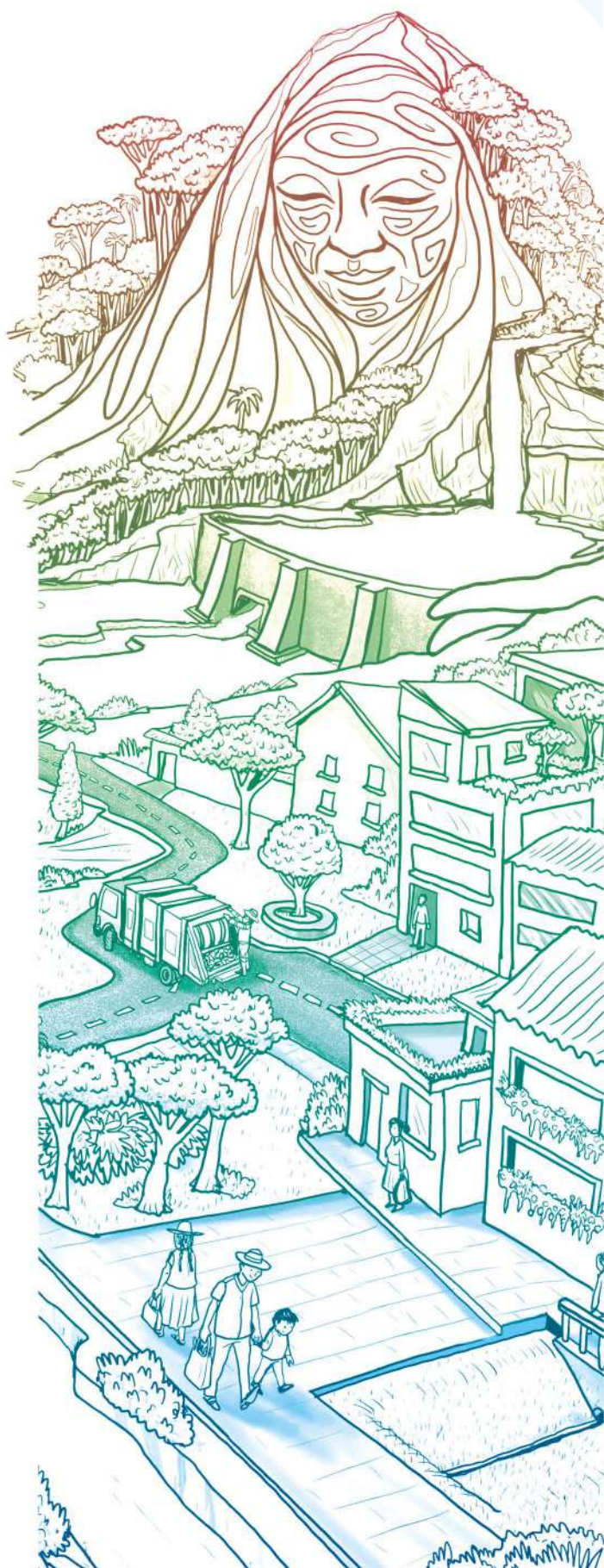
# PRESENTACIÓN

El Proyecto Adaptación a los impactos del Cambio Climático en recursos hídricos en los Andes AICCA, es una iniciativa financiada por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM/GEF) liderado por CAF-banco de desarrollo de América Latina. Es ejecutado por el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), en coordinación con las autoridades ambientales de los gobiernos de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia.

En Bolivia, el proyecto AICCA se enfoca en el subsector de Agua y Saneamiento, con especial énfasis en el control de inundaciones en las zonas urbanas y la prevención de pérdida de infraestructura clave para el sector. En colaboración con las autoridades locales y las comunidades, AICCA ha venido implementando medidas de adaptación al cambio climático para el sector de agua potable y saneamiento básico, con énfasis en fuentes de abastecimiento de agua y drenaje pluvial, abordando cuestiones clave de vulnerabilidad a los riesgos climáticos.

El Proyecto de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en el Parque Cretácico del Municipio de Sacaba, en Cochabamba, es una de las medidas piloto más significativas emprendidas con el apoyo de AICCA. Los SUDS son reconocidos a nivel global como un nuevo paradigma en el planeamiento urbano; un enfoque innovador para el manejo del agua de lluvia en las ciudades basado en la naturaleza, que responde a la adaptación al cambio climático. En Latinoamérica, sin embargo, son pocos aún los ejemplos de su implementación y el conocimiento sobre la temática es limitado.

En este contexto, AICCA ha generado un espacio de diálogo y fortalecimiento de conocimientos sobre SUDS, tanto a nivel teórico como de experiencias prácticas, en un evento internacional que ha reunido expertos de diversos países. Las Jornadas internacionales: los SUDS como una medida de adaptación frente al cambio climático fueron una oportunidad de intercambio de saberes, de recopilación de aprendizajes y de reflexión sobre los retos y desafíos para el futuro de las ciudades. En estas Memorias, se condensan los puntos más relevantes de la experiencia brindada por las Jornadas.



# OBJETIVOS

## Objetivo General

Generar un espacio de conocimientos y diálogo de alcance nacional e internacional sobre los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) como una solución basada en la naturaleza (SbN) y medida de adaptación frente al cambio climático.

## Objetivos específicos

- Visibilizar la problemática de la gestión de drenaje pluvial en un contexto de cambio climático y la importancia de buscar medidas de adaptación, utilizando como ejemplo la aplicación de SUDS que se integra a la funcionalidad de los sistemas de drenaje convencional.
- Presentar los aspectos básicos, beneficios y las ventajas de la aplicación de SUDS.
- Compartir las experiencias nacionales e internacionales de aplicación de técnicas de SUDS.



*“Si bien los SUDS son técnicas muy extendidas en Estados Unidos o Europa, en Sudamérica y particularmente en los Andes son en general propuestas nuevas. Por ello, estas jornadas tienen como objetivo contribuir al conocimiento de su potencial y sus limitaciones, así como los desafíos pendientes para su implementación”*

**María Argüello, Directora Ejecutiva de CONDESAN**

FICHA DEL EVENTO	
Modalidad	Evento virtual
Fecha y lugar	Del 27 al 29 de octubre de 2022, Bolivia
Organizadores	- Ministerio de Medio Ambiente y Agua en Bolivia (MMAyA), a través del Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB). - Proyecto AICCA en Bolivia – CONDESAN
Número de Profesionales Expositores	17 ponentes
Número de participantes	198 participantes
Actividades	Presentaciones y preguntas
Moderadores	- Ana Lía González Carrasco - Fabiola Azcuña Castro

# AGENDA

DÍA

1

## INTRODUCCIÓN A LOS SUDS, ESTADO DE SITUACIÓN Y EXPERIENCIAS EN LATINOAMÉRICA

Jueves 27 de octubre		
19:00 – 19:10	Inauguración	<p>Carmelo Valda Duarte <b>Viceministro de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB) -MMAyA.</b></p> <p>María Argüello <b>Directora Ejecutiva de CONDESAN</b></p>
19:10 – 20:10	Introducción a los SUDS: Problemática, conceptos y experiencias	<p>José Alejandro Martínez, Jorge Burgos Moran y Juliana Robles Rivera</p> <p><b>Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) en Colombia</b></p>
20:10 – 20:40	Mantenimiento, monitoreo y evaluación del desempeño de los SUDS	<p>Néstor Alonso Mancipe <b>Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia</b></p>
20:40 – 21:10	Experiencia de la aplicación de SUDS en Brasil	<p>Priscilla Macedo Moura <b>Departamento de Ingeniería Hidráulica y de Recursos Hídricos de la Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil</b></p>
21:10 – 21:40	Experiencia de la aplicación de SUDS en Colombia: Herramientas de Planificación	<p>Juan Pablo Rodríguez Sánchez <b>Universidad de los Andes, Colombia</b></p>
21:40 – 22:00	Cierre de jornada	<b>Equipo AICCA Bolivia</b>

## EXPERIENCIAS DE IMPLEMENTACIÓN DE SUDS EN LATINOAMÉRICA

Viernes 28 de octubre		
19:00 – 19:10	Bienvenida a la segunda jornada	Equipo AICCA Bolivia
19:10 – 19:40	Experiencia de la aplicación de SUDS en México	Edgardo Bolio Arceo y Said Chuc Yam <b>Instituto Municipal de Planeación de Mérida, México</b>
19:40 – 20:10	Implementación de la obra piloto de SUDS en el Parque Cretácico de Sacaba en el Departamento de Cochabamba	Carla Argandoña Rojas <b>Proyecto AICCA en Bolivia (VAPSB - MMAyA)</b>
20:10 – 20:40	DUSA: Desarrollo Urbano Sensible al Agua. Desafíos en Bolivia	José Luis Montaña García <b>Instituto de Hidráulica e Hidrología de la Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia</b>
20:40 – 21:10	Experiencia de la aplicación de SUDS en Bolivia: Sistemas de cosecha de agua de lluvia	Pablo Ernesto Mansilla Salinas <b>Empresa Ecofractal - Universidad Mayor de San Simón, Bolivia</b>
21:10– 21:40	Desafíos y retos en la implementación de los SUDS	Sandra Galarza Molina <b>Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Colombia</b>
21:40 – 22:00	Cierre de jornada	Equipo AICCA Bolivia

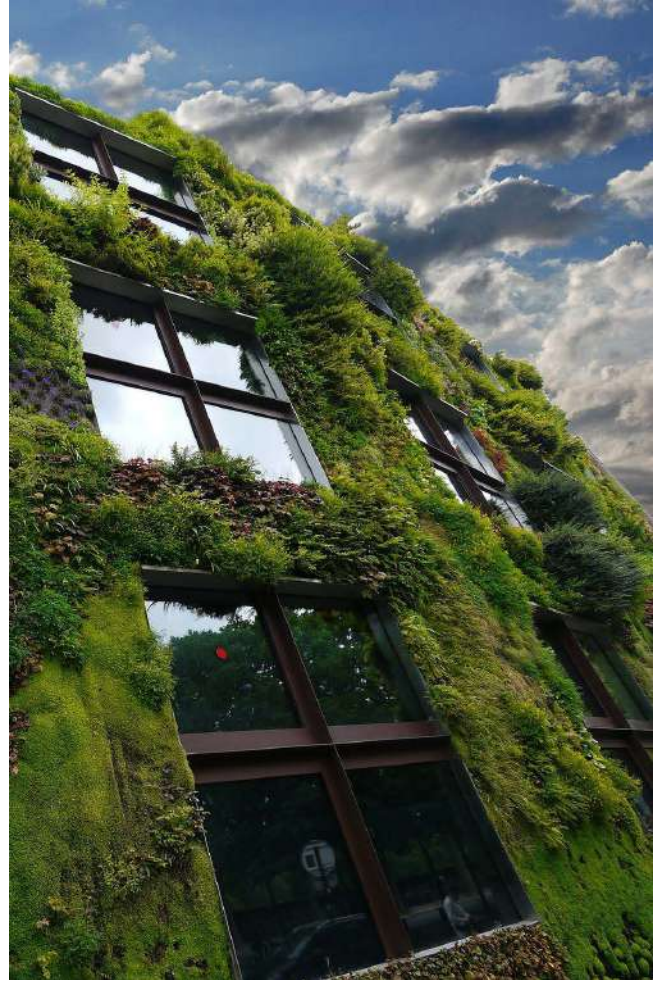


## EXPERIENCIAS DE IMPLEMENTACIÓN DE SUDS EN ESPAÑA

### Sábado 29 de octubre

8:30 – 8:35	Bienvenida a la tercera jornada	Equipo AICCA Bolivia
8:35 – 9:05	Beneficios y ventajas de la utilización de SUDS	Sara Perales Momparler <b>Green Blue Management S.L.</b> (Grupo TYPESA), España
9:05 – 9:35	Experiencia de aplicación de SUDS en Barcelona - España	Roberto Soto Fernández <b>Dirección de Proyectos y Obras en el Instituto Municipal de Urbanismo del Ayuntamiento de Barcelona</b>
9:35 – 10:05	Experiencia de aplicación de SUDS en Madrid - España	Manuel del Pazos Liaño <b>Ayuntamiento de Madrid, España</b>
10:05 – 10:35	Experiencia de aplicación de SUDS en Sevilla - España	Ángel Mena Miranda <b>Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla S.A.</b>
10:35 – 11:05	Experiencia de aplicación de SUDS en Valencia - España	Juan Medina Cobo <b>Concejal de Desarrollo Urbano Sostenible, Transición Ecológica y Cambio Climático de Quart de Poblet.</b>
11:05 – 11:50	Panel de conclusiones	Todos los panelistas de las jornadas
11:50 – 12:00	Palabras de clausura de las jornadas	Orlando Reyes Llanque <b>Director General de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (VAPSB)</b> Macarena Bustamante <b>Coordinadora Regional del Proyecto AICCA</b>

Los jardines verticales reverdecen los espacios y conectan a las personas con la naturaleza dentro de las zonas urbanas



# SUDS: LAS CIUDADES SE ADAPTAN AL CAMBIO CLIMÁTICO

## Desafíos del agua en las ciudades

Más de la mitad de la población mundial vive en ciudades, por muy buenas razones: la población urbana tiene mayor acceso a servicios, más fuentes de trabajo y condiciones de vida generalmente mejores. En los países en desarrollo, la expectativa de vida en las ciudades es mayor que en áreas rurales. Sin embargo, las ciudades son y han sido tradicionalmente grandes disruptoras de los ciclos naturales, resultando en altos niveles de contaminación, impacto negativo en la biodiversidad y funciones ecosistémicas de las regiones circundantes, y aumento de los factores de riesgo ante desastres naturales. El cambio climático, con su tendencia a producir eventos extremos de precipitación, inundaciones, olas de calor y sequías, está poniendo a prueba la resiliencia de las ciudades a nivel mundial. No solo los habitantes, sino las ciudades mismas, se enfrentan al desafío de adaptarse al cambio climático.

El agua es probablemente el recurso natural que más impacta la vida urbana. Las ciudades son grandes consumidores, y contaminantes del recurso hídrico, imponiendo fuertes presiones en los servicios que las cuencas

pueden proveer. Pero el impacto en el ciclo del agua proviene no sólo de la demanda para consumo, sino de la existencia misma de las ciudades, y es que el terreno urbanizado es mucho más impermeable que el entorno natural. Las aguas de lluvia, que en terrenos no urbanizados se infiltran en su mayoría en el suelo o son interceptadas por la capa vegetal, en las ciudades escurren en grandes volúmenes por las calles. El volumen y velocidad de estas aguas de escorrentía puede aumentar súbitamente por eventos climáticos extremos, saturando las redes de alcantarillado al no existir suficientes redes de drenaje pluvial. Las aguas de escorrentía se contaminan rápidamente, producen inundaciones, deslaves o derrumbes que ponen en riesgo las actividades de la ciudad e incluso la vida de sus habitantes, y contaminan los cursos naturales de agua, al sobrepasar la capacidad de tratamiento de aguas servidas de la ciudad.

## Número de Desastres Naturales Reportados en Latinoamérica 2012-2022

Sequías	30
Inundaciones	285
Deslaves	29
Terremotos	44
Epidemias	22
Temperaturas extremas	7
Tormentas	98
Actividad volcánica	15
Incendios forestales	15

Fuente: EM-DAT | The international disasters database



## Agua urbana en los Andes

### BOLIVIA

Porcentaje de aguas negras colectadas sujetas a tratamiento: **30%**

Porcentaje de estas que no está adecuadamente tratada: **70%**

Fuente: UNESCO 2011

### COLOMBIA

Porcentaje del agua para uso doméstico que es destinado a zonas urbanas en Colombia: **82%**

Porcentaje del agua destinado a las cinco principales ciudades del país: **31%**

Fuente: IDEAM 2015

### ECUADOR

Porcentaje de agua de uso doméstico contaminada, a nivel nacional: **21%**

Porcentaje de agua de uso doméstico contaminada, en zonas urbanas: **15%**

Fuente: INEC 2017

### PERÚ

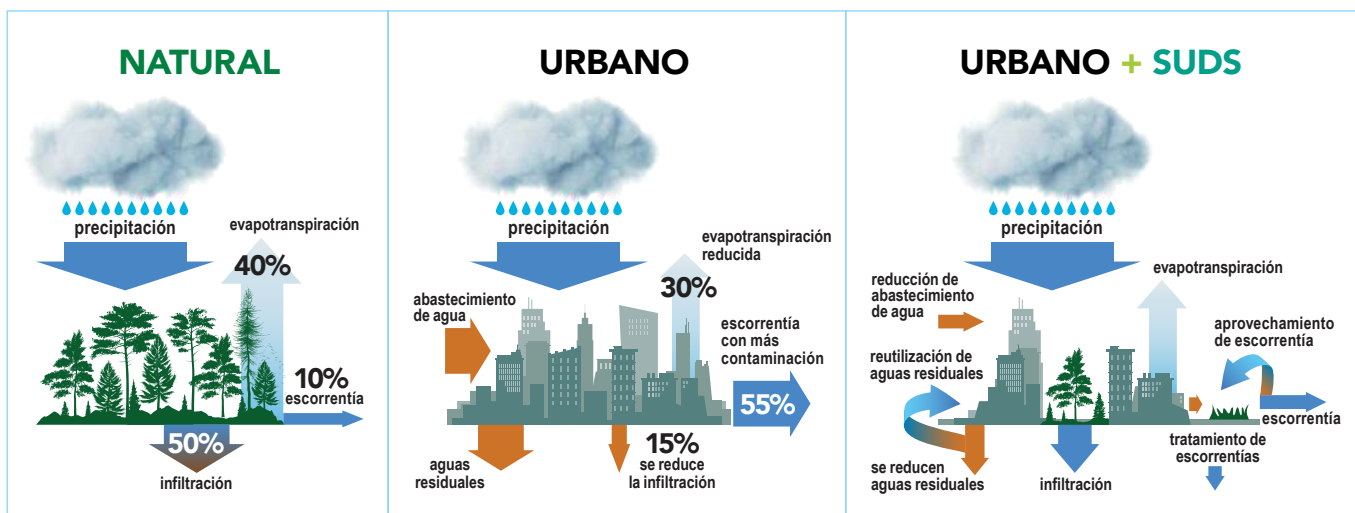
Porcentaje de aguas residuales tratadas en Lima-Callao: **60%**

Porcentaje de aguas residuales vertidas al océano Pacífico y ríos Rímac, Chillón: **40%**

Fuente: UNESCO 2013

La gestión de las aguas pluviales para reducir el riesgo de desastres y aumentar la resiliencia climática en un contexto urbano, se ha enfocado tradicionalmente en intervenciones de infraestructura gris: embalses, terraplenes, tuberías, bombas, plantas de tratamiento de agua y canales. Cada vez más, se reconoce que este tipo de soluciones tienen limitaciones de rentabilidad, resiliencia o sostenibilidad, y que el papel fundamental en el tratamiento de los desafíos de gestión de aguas en las áreas urbanas debe centrarse en Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN). Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, SUDS, son medidas de este tipo, que apuntan a conjugar el desarrollo urbano con medidas de protección ambiental.

## Comportamiento del agua de lluvia en el entorno natural, urbano y urbano implementando medidas de SUDS



Fuente: Adaptado de la presentación de José Luis Montaña Vargas, con datos de The Philadelphia Water (PWD) Stormwater Management Guidance Manual, 2014.

# SUDS: CAMBIAR DE PARADIGMA EN PLANIFICACIÓN URBANA

Los SUDS son una serie de sistemas de gestión de las aguas de lluvia en las ciudades que apuntan a restaurar el ciclo natural del agua, mediante soluciones basadas en la naturaleza de manera complementaria a sistemas convencionales. En este tipo de enfoques, en lugar de considerar el agua como un recurso que se usa de manera lineal, que abastece por un lado las necesidades de la población y luego produce un residuo que se desecha; se tiene un enfoque circular, en el que el reciclaje y el tratamiento por medios naturales juega un papel fundamental. Los sistemas de drenaje se basan en soluciones que simulan los procesos de la naturaleza, para obtener beneficios sin dañar el medio.

En su definición más directa, los SUDS son sistemas que buscan recuperar los procesos de infiltración naturales del terreno, disminuyendo la velocidad y volumen de las aguas



Foto: Gardens by the Bay, Singapore / Por: Viator en Unsplash

de escorrentía, reduciendo los riesgos de inundación y mejorando la calidad del agua vertida a los cuerpos receptores. En su mayor parte implican estructuras verdes, que incorporan la vegetación y los suelos a elementos del paisaje urbano de forma calculada para permitir una mejor gestión de las aguas de lluvia en todos los aspectos. A la vez, son medidas que promueven la revalorización del espacio urbano, convirtiendo las ciudades en espacios más verdes, más cercanos a la naturaleza y más respetuosos del ambiente.

Como medidas de adaptación, los SUDS van más allá de una respuesta reactiva, que busca estrategias para enfrentar las consecuencias del cambio climático: al crear ciudades más preparadas y resilientes a eventos extremos y apuntar directamente a los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), constituyen una manera activa de enfrentar las causas del fenómeno.

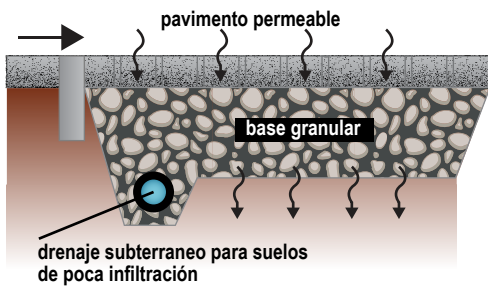
## Paradigmas de la gestión del agua de lluvia



Fuente: Presentación de Sandra Galarza Molina

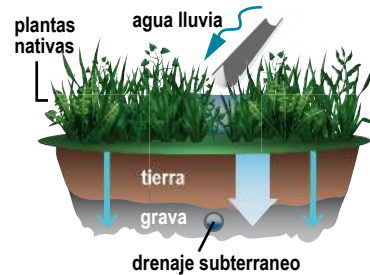
# PRINCIPALES TIPOS DE SUDS

## PAVIMENTOS PERMEABLES



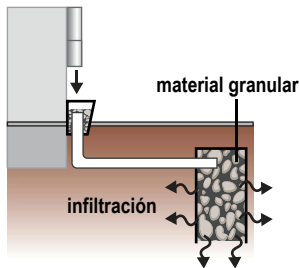
Tipo especial de pavimento que gracias a su diseño permite la infiltración del agua por medio de su estructura y permite el almacenamiento temporal de la misma en la subbase, para su posterior disposición o infiltración en el terreno.

## JARDINES DE LLUVIA



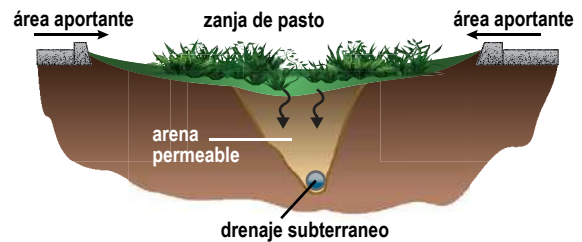
También llamados **jardines de bioretención** recogen el agua que fluye por las superficies impermeables y la retienen para permitir que vaya filtrándose poco a poco, y en el proceso la purifican naturalmente.

## ZANJAS Y DEPÓSITOS DE INFILTRACIÓN



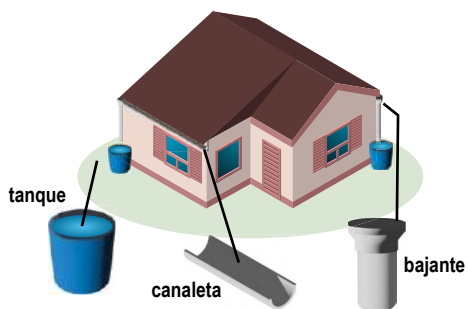
Perforaciones o trincheras rellenas de material granular que sirven para recoger y almacenar el agua de escorrentía hasta que se produce la infiltración de la misma al terreno natural.

## CUNETAS VERDES



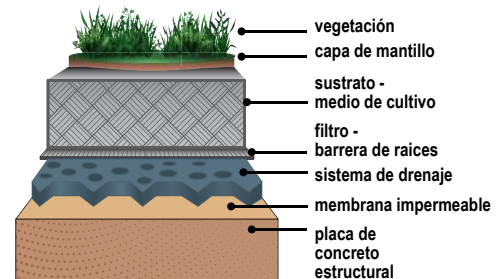
Son estructuras lineales cubiertas de hierba, con taludes con poca pendiente, diseñadas para capturar y tratar el agua, disminuyendo su velocidad y permitiendo que las partículas en suspensión puedan sedimentarse.

## COSECHA DE AGUA



Sistemas de captación de agua de lluvia en techos de la ciudad, consisten básicamente en canales de recolección, contenedores, filtros, y salida mediante llaves o acceso para reutilización.

## TECHOS VERDES



Es un techo parcial o totalmente cubierto de vegetación, ya sea en suelo o en un medio de cultivo apropiado, con una membrana impermeable, que contribuye a gestionar el agua y regular la temperatura de las edificaciones.

# SUDS

SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE  
COMO UNA MEDIDA DE ADAPTACIÓN FRENTE  
AL CAMBIO CLIMÁTICO

## LA EXPERIENCIA EN LATINOAMÉRICA

Las experiencias SUDS en Latinoamérica son escasas, pero se han multiplicado en los últimos años. En algunos casos, se han generado normativas concretas en cuanto a SUDS, atendiendo a compromisos internacionales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y como parte de una toma de conciencia de la necesidad de medidas de adaptación al cambio climático a nivel gubernamental, en muchos casos impulsadas por fenómenos climáticos extremos que han afectado las ciudades y sensibilizado a los organismos tomadores de decisión. Las Jornadas contaron con la participación de expertos de Colombia, Brasil, México y Bolivia, quienes expusieron la experiencia de la aplicación de SUDS en sus países.



*Se ha evidenciado que los SUDS tienen también la potencialidad de brindar beneficios a los ecosistemas, contribuyendo con la presencia de algunas especies de fauna silvestre que cohabitan con nosotros*

José Alejandro Martínez Acosta

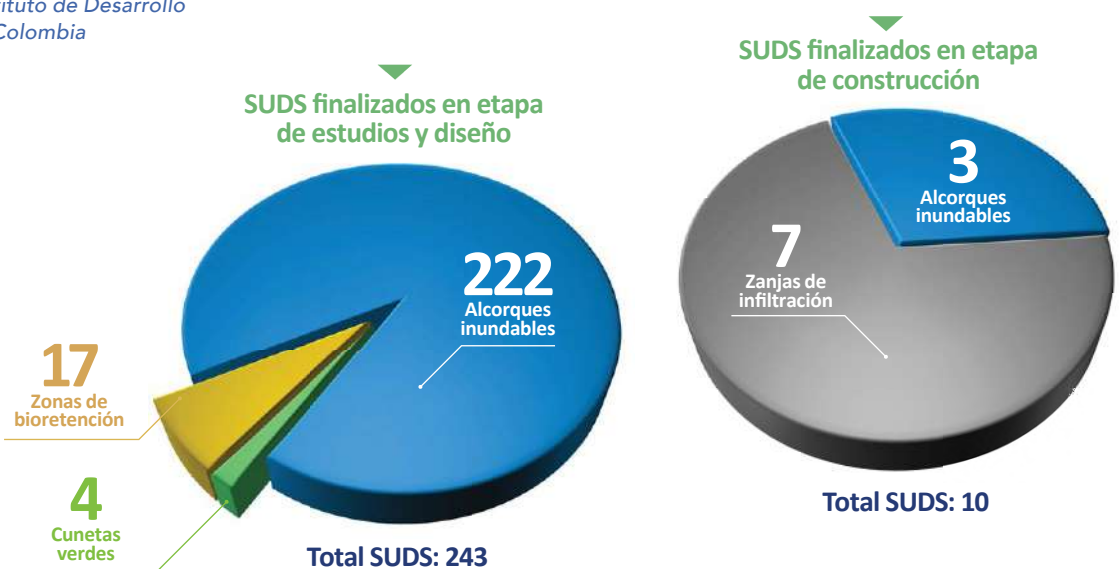
Foto: Bogotá, Colombia / Per. Clatis Pacheco en Unsplash

# INTRODUCCIÓN A LOS SUDS: PROBLEMÁTICA, CONCEPTOS Y EXPERIENCIAS

JOSÉ ALEJANDRO MARTÍNEZ  
 JORGE BURGOS MORÁN  
 JULIANA ROBLES RIVERA  
 Representantes del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU); Bogotá, Colombia

El Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) ha intervenido en la implementación de SUDS en el área urbana de Bogotá, Colombia. Además de los beneficios directos en la reducción de aguas de escorrentía, la implementación de tipologías SUDS, con la creación de áreas verdes, contribuyen a la cohesión de la comunidad en torno al proyecto, y a la mejora de la calidad de vida de los habitantes con efectos tales como reducción de la criminalidad, crecimiento económico, seguridad en el suministro de riego, reducción de emisiones, mejora de la calidad del aire y protección natural para especies locales.

## SUDS finalizados en Bogotá por tipologías (Junio 2022)



Fuente:  
 Presentación de  
 José Alejandro Martínez Acosta

En Colombia, la Estrategia climática de largo plazo plantea la Apuesta 6: Ciudades-región con desarrollo urbano integral. La resolución 0799 -Dic 2021, del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, contiene puntos sobre SUDS: se define la viabilidad de implementarlos, las tipologías más importantes y qué se debe considerar en su implementación, y se establece que el porcentaje de regulación no debe ser menor del 30%. El IDU ha contribuido en el diseño, estudios de factibilidad e implementación de SUDS en diversas avenidas y autopistas en Bogotá, de las que se presentaron ejemplos concretos. Las soluciones más frecuentemente implementadas fueron alcorques inundables, cunetas verdes y zanjas de infiltración. Para ello se destaca la necesidad de disponer de información detallada y georeferenciada de todas las zonas, en factores como la pendiente, tasa de infiltración, distancia al nivel freático y a los cimientos, y uso del suelo. Se señalan también avances en la incorporación de los SUDS a los Planes de Ordenamiento Territorial, y la creación de la Red de conocimiento SUDS, una iniciativa para fortalecer capacidades y facilitar el intercambio entre actores interesados, integrada por entes del sector público (entre ellos el IDU), academia y sector privado.

---

### José Alejandro Martínez Acosta

Líder operativo del componente de Sostenibilidad, Infraestructura Verde y SUDS, Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), Colombia



Magíster en Ingeniería Ambiental e Ingeniero Ambiental, con estudios complementarios en gestión empresarial. Habilidades de planificación, emprendimiento e innovación. Experiencia en formulación, diseño e implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en proyectos de infraestructura de transporte y espacio público, manejo de sistemas de información geográfica e información hidrológica; competencias en investigación del sector público y privado.

---

### Jorge Eduardo Burgos Moran

Especialista Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), Colombia



Ingeniero Civil, Especialista en Urbanismo, Vías, Ingeniería Sanitaria e Hidráulica y Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible. Adelantando estudios de Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en Manejo Sostenible de Recursos Hídricos e Hidroinformática en la Universidad de los Andes. Experiencia en formulación, diseño e implementación de SUDS en proyectos de infraestructura de transporte y espacio público.

---

### Juliana Robles Rivera

Especialista Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), Colombia



Ingeniera Civil y Ambiental, Magíster en Ingeniería Civil, énfasis en Manejo Sostenible de Recursos Hídricos e Hidroinformática de la Universidad de los Andes (Colombia). Experiencia en proyectos de consultoría y regulación tarifaria de servicios públicos, así como en formulación, diseño e implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en proyectos de infraestructura de transporte y espacio público.

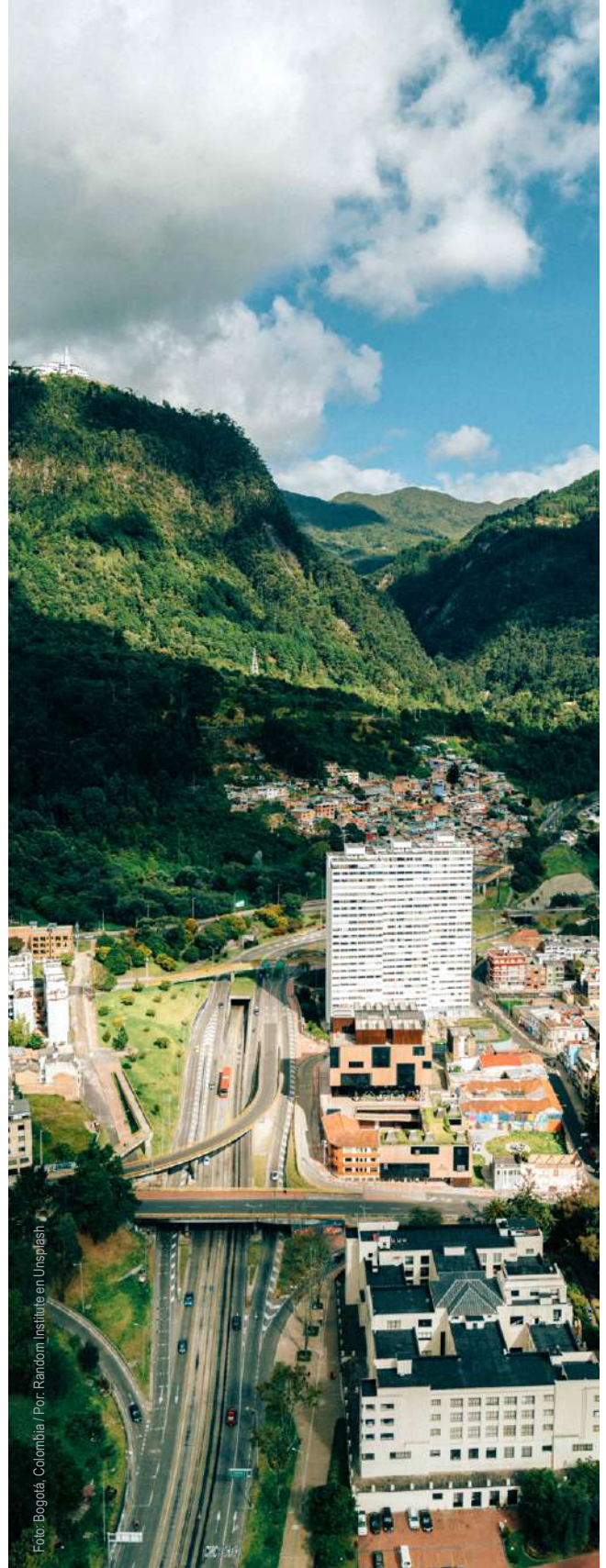


Foto: Bogotá, Colombia / Por: Random Institute en Unsplash

**Hemos logrado que los SUDS estén incluidos en nuestros contratos, se hace obligatorio tomarlos en cuenta en los proyectos**

Juliana Robles Rivera



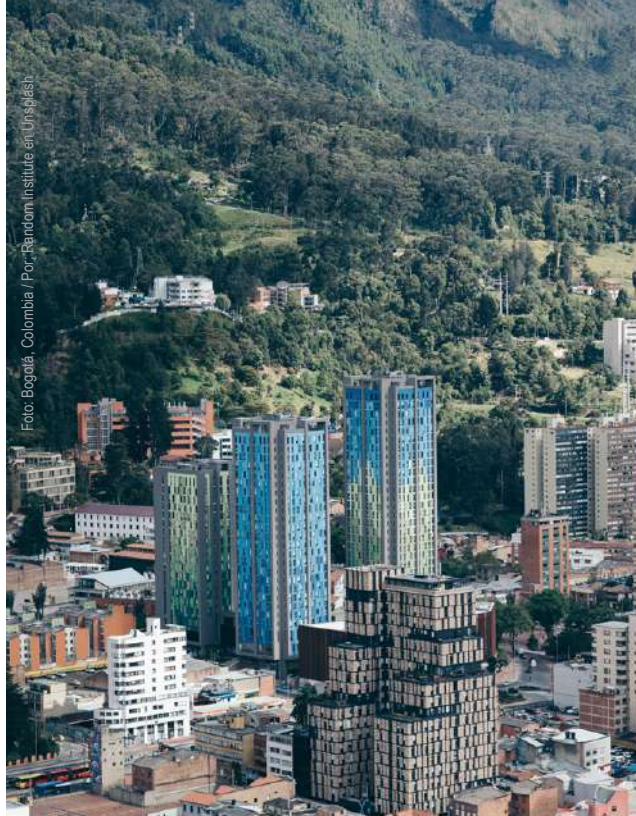
# MANTENIMIENTO, MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS SUDS

NÉSTOR ALONSO MANCIPE

Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia (UNAL)

La implementación de un sistema SUDS comprende dos grandes fases: planeación y gestión. En esta última, un aspecto clave donde ha participado la UNAL es el de seguimiento y monitoreo. Debido a la poca experiencia en este tipo de sistemas, en la región, los costos de operación y mantenimiento frecuentemente no son claros. La UNAL ha utilizado herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el seguimiento y monitoreo de las diversas soluciones SUDS implementadas en Bogotá. Se han instalado códigos QR en cada sistema, los mismos permiten el fácil ingreso de la información de monitoreo. Se ha propuesto una tecnología basada en sensores de nivel de bajo costo para el sistema de monitoreo, que permite integrar información de toda la red, formada por pluviómetros y otros sensores.

La UNAL ha implementado modelos para estudiar la factibilidad y utilidad de los SUDS. Las simulaciones se ponen a punto comparando el caudal simulado con el observado, para luego agregar el efecto de los SUDS y comparar el comportamiento del sistema en presencia y en ausencia de ellos. Esto permite hacer recomendaciones sobre los tipos de sistemas más adecuados, proponer mejoras en su operación, mantenimiento y monitoreo, y establecer lineamientos y herramientas para informar la toma de decisiones en gestión de los sistemas de drenaje.

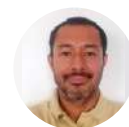


**Una de las principales dificultades para el seguimiento es obtener los datos, porque los sensores existen, pero son muy costosos de desplegar en forma extensa, de ahí que investiguemos sistemas de bajo costo**

Nestor Alonso Mancipe

## Néstor Alonso Mancipe

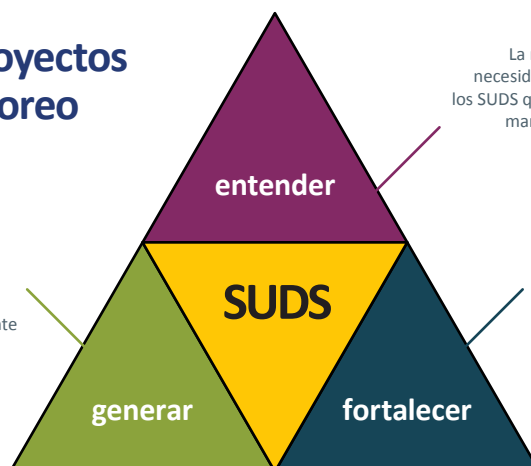
Profesor del departamento de Ingeniería Civil y Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá



Doctor en Ingeniería Ambiental con experiencia en la gestión de recursos hídricos mediante modelación matemática, sistemas de información geográfica y sensores remotos. Director académico de la Maestría en Ingeniería - Recursos Hidráulicos y profesor del departamento de Ingeniería Civil y Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Director de proyectos de investigación en modelamiento físico y matemático de sistemas de gestión de recursos hídricos y SUDS; y desarrollo de sensores remotos y herramientas para la planificación, administración y monitoreo de los recursos hídricos.

## ¿Qué se espera con los proyectos de mantenimiento, monitoreo y evaluación de SUDS?

Recomendaciones para la implementación de SUDS en la UN y que pueda ser tomado como referente en la construcción de lineamientos y herramientas para implementar SUDS en ciudades como Bogotá.



La relación con la red de drenaje y las necesidades de estructuras preliminares a los SUDS que permitan mejorar la operación, mantenimiento y monitoreo de estos.

La toma de decisiones frente al manejo del sistema de drenaje del campus mediante el desarrollo de infraestructura tecnológica y futuros pilotos de tipologías SUDS.



# EXPERIENCIA DE LA APLICACIÓN DE SUDS EN BRASIL

**PRISCILLA MACEDO MOURA**

*Departamento de Ingeniería Hidráulica y de Recursos Hídricos de la Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil*

En Brasil, no existe una legislación federal que requiera el control del agua de lluvia, la regulación se basa en leyes municipales y estatales. Existen solamente directrices para el manejo adecuado de los recursos hídricos relacionados con el control de los impactos, y por ello la mayoría de las soluciones de gestión propuestas se refieren a depósitos de agua. Para poder plantear una legislación, el primer paso es estimar adecuadamente el caudal. Se ha trabajado en determinar la relación precipitación-escoorrentía, para lo cual se dispone de varios métodos, que han permitido dimensionar los SUDS adecuadamente a partir de datos reales, estimando su factibilidad y eficiencia. Por ejemplo, se han hecho cálculos precisos para zanjas, depósitos, pozos y jardines de lluvia.

## Priscilla Macedo Moura

*Profesora del Departamento de Ingeniería Hidráulica y de Recursos Hídricos de la Universidad Federal de Minas Gerais*



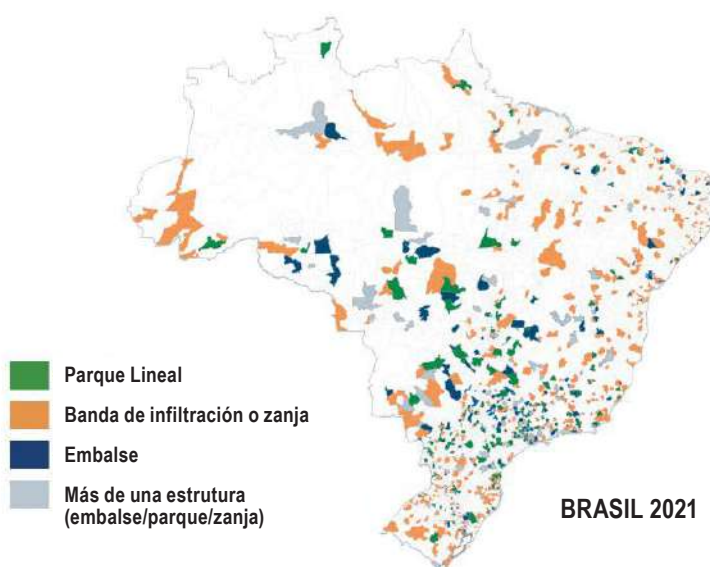
Ingeniería Civil, máster en saneamiento, medio ambiente y recursos hídricos por la UFMG y doctor en hidrología urbana por el INSA de Lyon. Profesora del Departamento de Ingeniería Hidráulica y de Recursos Hídricos de la Universidad Federal de Minas Gerais - Brasil

*Son necesarios más estudios locales, porque las situaciones climáticas, de suelo, de vegetación, son diferentes*

Priscilla Macedo Moura

Los principios técnicos para el diseño ya se encuentran bien definidos, pero hay un retorno reducido de experiencias prácticas. Se plantea la necesidad de experimentación para consolidar efectivamente el uso de técnicas, y se proponen experimentos específicos para Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible como pozos de infiltración, zanjas, planos de infiltración, techos verdes, jardines de lluvia o pavimentos permeables. Por otra parte, deben complementarse con investigaciones a mayor escala, que incluyan efectos de toda la cuenca, adoptando un modelo suficientemente próximo a la realidad.

## Distribución de técnicas SUDS implementadas en Brasil





# EXPERIENCIA DE LA APLICACIÓN DE SUDS EN COLOMBIA

## Herramientas de Planificación

JUAN PABLO RODRÍGUEZ SÁNCHEZ  
 Universidad de los Andes (UniAndes), Colombia

Se plantea una planificación de SUDS priorizada por áreas, basada en una clasificación de funciones como:

- **Proveer:** producción de comida, suministro de agua
- **Regular:** calidad del aire, del agua, regulación climática e hidrológica, riesgos naturales
- **Cultural:** valores estéticos y educativos, relaciones sociales, recreación
- **Hábitat:** protección de hábitats

Con base en esta clasificación, la planificación pasa por detallar en cada caso qué información es necesaria y qué se debe tomar en cuenta en el diseño de SUDS para el cumplimiento de cada función. Para cada área potencial de implementación identificada, se hace luego un estudio

*Las ciudades han avanzado en concebir sistemas centralizados de gestión, que se deben complementar con sistemas descentralizados, distribuidos, híbridos, que sean más adaptativos a las incertidumbres del futuro*

Priscilla Macedo Moura

de las restricciones que presenta: biofísicas (tales como suelo, pendiente, clima, hidrología, tipo de ecosistema); socioeconómicas (demografía, cohesión social, manejo de residuos, estabilidad política); y de planificación en sí (disponibilidad del suelo, oportunidades y restricciones para el desarrollo, etc.)

La UniAndes ha desarrollado una serie de herramientas de apoyo a la planificación, tales como marcos de planificación multi-criterio para seleccionar y localizar SUDS en áreas urbanas consolidadas, mapas de subcuencas, áreas estratégicas, criterios de selección, y una herramienta de planificación (modelo ambiental y software) para la asignación espacial de SUDS maximizando los servicios de almacenamiento del agua de lluvia.

**Juan Pablo Rodríguez Sánchez**  
 Profesor Asociado del Centro de Ingeniería Ambiental de la Universidad de los Andes



Ingeniero Ambiental e Ingeniero Civil, Magister en Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes, con doctorado en modelación de sistemas de drenaje urbano en el Imperial College London. Su trabajo de investigación se ha desarrollado en el área del Manejo Sostenible del Agua Urbana, en las líneas de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible, Gestión del Drenaje Urbano y Gestión del Uso y Tratamiento del Agua. Miembro del Joint Committee on Urban Drainage (JCUD) de la International Water Association (IWA) y la International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR).

## Características de las buenas herramientas de planificación y problemas que enfrentan en países en desarrollo

Una buena herramienta	Para países en desarrollo
Aplicable	Alta tasa de urbanización
Múltiples objetivos	Espacio limitado
Flexible	Alta densidad poblacional
Rápida	Falta de planificación
	Falta de información detallada

Fuente: Presentación del Ing. Juan Pablo Rodríguez Sánchez

# LA EXPERIENCIA EN MÉRIDA, MÉXICO

EDGARDO BOLIO ARCEO -SAID CHUC YAM  
Representantes del Instituto Municipal de Planeación de Mérida, México

En Yucatán, por sus características naturales, toda el agua que cae en la superficie es drenada al subsuelo, lo que permite la creación de un gran acuífero subterráneo que conforma la única fuente de agua dulce en la región. Esto ha sido afectado por la pérdida de la cobertura vegetal por acción antropogénica que alcanza al 80%. Se han propuesto por ello soluciones basadas en la naturaleza: aprovechar laterales, camellones y áreas verdes de las principales calles de la ciudad, para crear zonas de bioretención, fitoremediación e infiltración. Entre las técnicas de SUDS propuestas en Mérida se cuentan con jardines de microcuenca, jardines de lluvia, zanjas de infiltración y pavimentos permeables. Para su desarrollo se propone una paleta vegetal basada en plantas nativas de diferentes tamaños, generando espacios de amenidad para los habitantes y de protección para la fauna local.

La implementación prevé un modelo de gestión y monitoreo basado tanto en ingresos regulares (tarifas de servicios) como convenios de participación ciudadana, tipificados en la Ley de los Municipios del Estado de Yucatán. La participación de la comunidad es un punto clave sobre el que se está trabajando, en un enfoque gradual que comprende los pasos:

1. Comunicación y concientización del tema
2. Participación activa de vecinos y redes de cooperación
3. Réplica en otras zonas
4. Evaluación de lecciones aprendidas.

## Edgardo Bolio Arceo

Director del Instituto Municipal de Planeación de Mérida, México



Arquitecto por la Universidad de Yucatán, M. Sc. en University of London y Ph. D en Oxford Brookes University. Ha tenido práctica profesional independiente en diseño arquitectónico y construcción de vivienda residencial, y en diseño urbano de conjuntos habitacionales de interés social. Ha sido Director de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Yucatán, y actualmente dirige el Instituto Municipal de Planeación de Mérida, donde colabora con agentes locales y agencias internacionales de cooperación y desarrollo.

## Said Chuc Yam

Diseñador del Hábitat, Instituto Municipal de Planeación de Mérida, México



Desde el 2012, se ha desempeñado profesionalmente en la iniciativa privada, en proyectos urbanos de infraestructura urbana en el municipio de Mérida. A partir del 2016, ha sido colaborador del IMPLAN-Mérida, participando en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano, y coordinando diversos proyectos de planeamiento urbano basados en SUDS.



Foto: Mérida, Yucatán, México / Por: Alvaro Rosado en Unsplash

**Estamos ante el reto de pasar a un nivel de implementación en mayor escala, y un esquema de monitoreo y evaluación de los resultados que nos garantice que se confirman nuestras hipótesis**

Edgardo Bolio Arceo



Fuente: Presentación del Ing. Edgardo Bolio Arceo

# DESAFÍOS Y RETOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SUDS

SANDRA GALARZA MOLINA

Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Colombia

La experiencia global en la implementación de SUDS ha permitido identificar una serie de barreras que se presentan en el proceso: técnicas, institucionales, financieras o regulatorias. Para enfrentarlas, se propone una estrategia en dos frentes: por un lado, la creación de conciencia pública y educación profesional en el tema; por otro, brindar soporte técnico y guías para el mantenimiento. Es necesario motivar la asociación, cooperación y coordinación de los entes involucrados, garantizar fuentes estables de financiamiento e incentivos, y trabajar en las políticas, regulaciones y leyes.

En la implementación de SUDS en Cali, Colombia, se identificaron una serie de retos específicos por cada tipo de sistema. En algunos casos (como en el establecimiento de jardines verticales, techos verdes o zanjas de drenaje), estos retos son de orden técnico, relacionados con dificultades en la ejecución de las obras. En el caso el proyecto piloto del Parque La Flora, por ejemplo, los retos se relacionan con la comunidad, que presenta resistencia a intervenciones ante la falta de un enfoque participativo. La apropiación ciudadana es un reto común, así como la falta de cooperación interinstitucional a nivel local o los temores con el tema de mantenimiento. Por ser soluciones novedosas, frecuentemente requieren de un proceso de aprendizaje por parte de diseñadores y constructores.

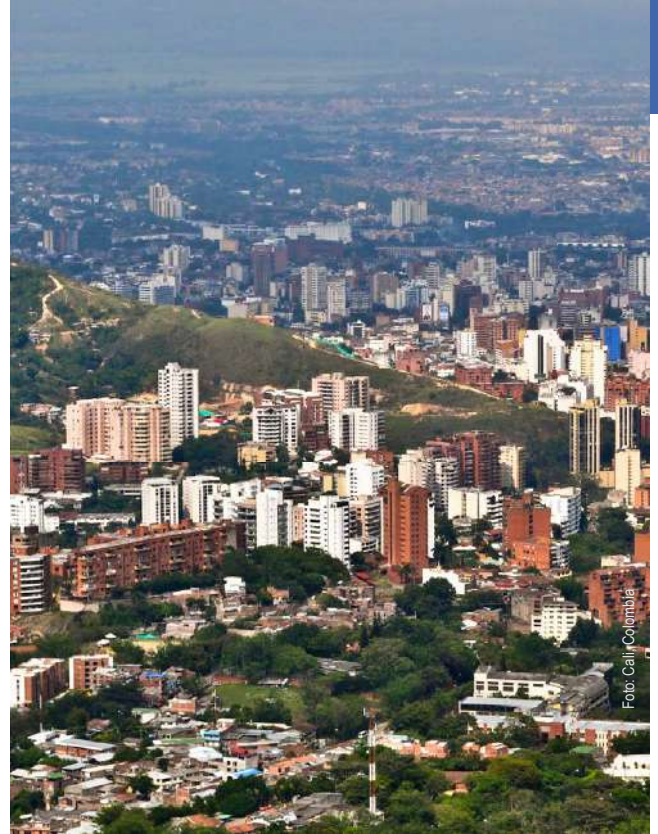


Foto: Cali, Colombia

*El siguiente paso es unirnos, hablar de lo que estamos trabajando, crear eventos locales que nos permitan comunicarnos y hacer una red latinoamericana de SUDS*

Sandra Galarza Molina

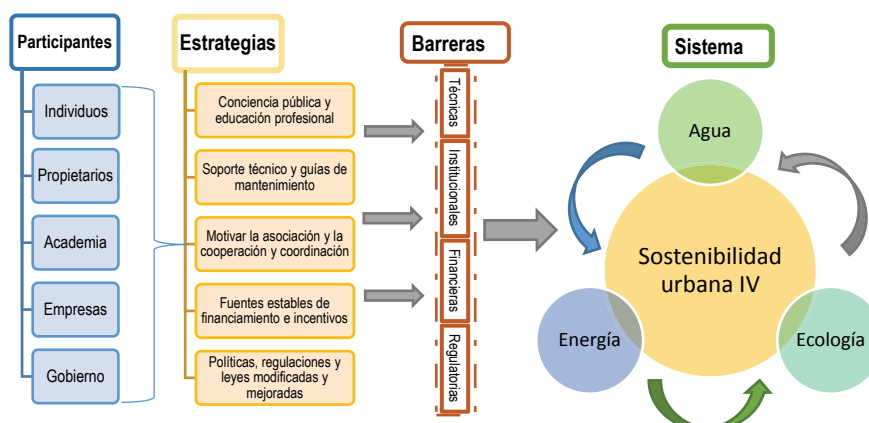
**Sandra Galarza Molina**

Profesora Asistente de la Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia



Ingeniera Civil, MSc. en Hidrosistemas y Ph.D. en Ingeniería en la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ), Colombia. Profesora Asistente de la PUJ en Cali y miembro de los Grupos de Investigación "Ciencia e Ingeniería del agua y el ambiente" & "Detección de Contaminantes y Remediación". Sus actividades docentes se centran en el programa de pregrado de Ingeniería Civil y postgrado en Maestría Hábitat. Como investigadora trabaja en resiliencia urbana entorno al agua, la hidrología urbana, específicamente con lo relacionado con los sistemas de drenaje sostenible (SuDS), la recolección de agua de lluvia y la toma de decisiones.

## Principales barreras en la implementación de SUDS y estrategias para superarlas



Fuente: Presentación de la Ing. Sandra Galarza Molina

# SUDS

SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE  
COMO UNA MEDIDA DE ADAPTACIÓN FRENTE  
AL CAMBIO CLIMÁTICO

## LA EXPERIENCIA EN BOLIVIA

Bolivia es capítulo aparte en estas Jornadas, no sólo por ser el país anfitrión sino porque los objetivos de AICCA en Bolivia están precisamente centrados en el saneamiento urbano, y particularmente en el fomento de los SUDS, en colaboración estrecha con el gobierno nacional, departamental y municipal. El proyecto piloto del Parque Prehistórico del municipio de Sacaba en el Departamento de Cochabamba ha servido de inspiración a las Jornadas como una vía para generar conocimiento sobre el tema y divulgar los resultados alcanzados. Además del proyecto piloto, se expusieron generalidades sobre la gestión de agua en el país, y sobre proyectos de cosecha de agua, cruciales en esta región andina donde el cambio climático tiende a producir severas sequías.

# IMPLEMENTACIÓN DEL PILOTO DE SUDS EN EL PARQUE PREHISTÓRICO DE SACABA

## Cochabamba, Bolivia

CARLA ARGANDOÑA ROJAS  
Proyecto AICCA en Bolivia (MMAyA – VAPSB)

El proyecto piloto de implementación de SUDS en Bolivia se llevó a cabo en el parque Prehistórico de Sacaba, en la cuenca del río Maylanco en Cochabamba. El sitio fue seleccionado en base a criterios técnicos, geográficos, de gobernabilidad y de sostenibilidad. En el parque se instalaron diversas tipologías de SUDS, como cunetas verdes, sistemas para cosecha de agua incluyendo sombrillas recolectoras, zanjas de infiltración, pozos, jardines y jardinerías drenantes, pisos permeables y cubiertas verdes.

Se apuntó a los cuatro factores clave en sistemas de drenaje sostenible:

- Cantidad del agua
- Calidad del agua
- Amenidad de los espacios
- Diversidad Biológica

El proyecto tuvo como desafío armonizar los SUDS con la temática del parque, lo que se logró con un diseño integral, que incluyó obras complementarias como un centro de información y la señalización de los espacios. Debido a la falta de experiencia en el país, fue necesario adaptar los criterios y metodología de diseño de SUDS de otros países. Constituyó un reto trabajar con las empresas consultoras, que no están acostumbradas a realizar proyectos integrales e implementar técnicas de SUDS que en algunos casos necesitan de materiales no accesibles en el país. Uno de sus logros fue incorporar una variedad de actores, desde instituciones gubernamentales hasta la población local.

### Carla Argandoña Rojas

Punto Focal Operativo del Proyecto AICCA en Bolivia (MMAyA – VAPSB)



Ingeniera Civil con posgrados en Gerencia de Proyectos en Desarrollo, Gestión y Evaluación de Proyectos, Gestión Integral de Residuos Sólidos, Gestión de Riesgos de Desastre, Tratamiento de Aguas Residuales con Fines de Reúso Agrícola y actualmente se encuentra cursando la Estudios Superiores en Administración de Empresas en Construcción Civil e Inmobiliaria. Profesionalmente se desarrolló en el sector público y privado; cuenta con gran experiencia en gestión de financiamiento de programas y proyectos con organismos multilaterales y diseño, evaluación y seguimiento de proyectos de saneamiento básico.

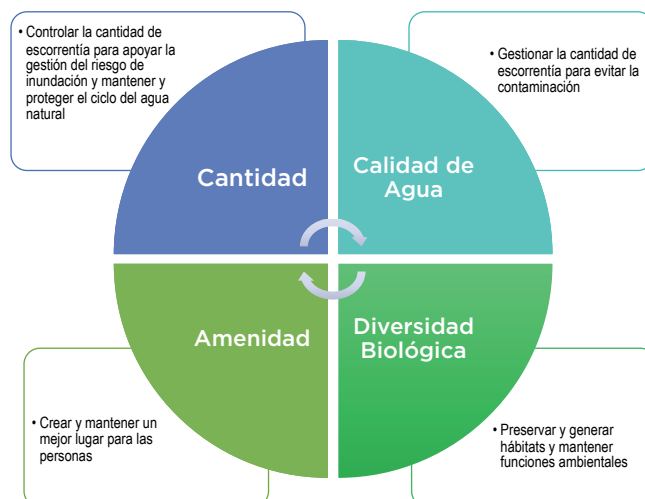


Paraguas invertidos para captación de agua de lluvia, Parque Prehistórico de Sacaba, Cochabamba, Bolivia. Foto: A. COCA, Bolivia

**Es importante comenzar por la socialización, por concientizar a la población y las instituciones sobre el uso de estos sistemas como medida de adaptación al cambio climático**

Carla Argandoña Rojas

### Factores clave y funciones de los SUDS



Fuente: Presentación de la Ing. Carla Argentina Argandoña Rojas



Foto: La Paz, Bolivia / Ph: Sofia Kheirkchyan Unsplash.com

# DUSA: DESARROLLO URBANO SENSIBLE AL AGUA

## Desafíos en Bolivia

**JOSÉ LUIS MONTAÑO GARCÍA**  
Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH) de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Bolivia

El DUSA es una nueva visión de desarrollo urbano que promueve una gestión inteligente de los flujos de agua, de modo que se adapte a las características naturales del sitio, proteja los ecosistemas naturales y optimice el uso del agua como recurso. Propone integrar soluciones SUDS en la planificación y diseño del desarrollo urbano. Para implementar estas medidas, es necesario hacer estudios de aplicabilidad, considerando condiciones geomorfológicas, características urbanas, procesos de crecimiento, el estado de los servicios básicos y las características sociales de la población. En la UMSA se han hecho este tipo de estudios, resultando en mapas de cuenca donde se señalan estos aspectos en detalle para el uso en planeamiento urbano sostenible.

Se ha trabajado en establecer las estrategias para el desarrollo de la gestión integral de drenaje pluvial urbano, con criterios de desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático. En la UMSA se ha colaborado con el IHH

*La secuencia va desde la sensibilización ciudadana, a la conciencia social, la demanda ciudadana, y entonces habrá posibilidad de apoyo institucional, de normativas y de implementación de los SUDS. Es cuesta arriba, pero siempre hemos sido optimistas*

José Luis Montaña García

en dos de los objetivos estratégicos planteados: investigación de sistemas de drenaje pluvial urbano; y asistencia técnica y capacitación en gestión de estos sistemas. Se han diseñado una serie de talleres a nivel municipal apuntando a generar capacidades en torno al diseño e implementación de SUDS.

**José Luis Montaña García**  
Docente del Instituto de Hidráulica e Hidrología de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA)



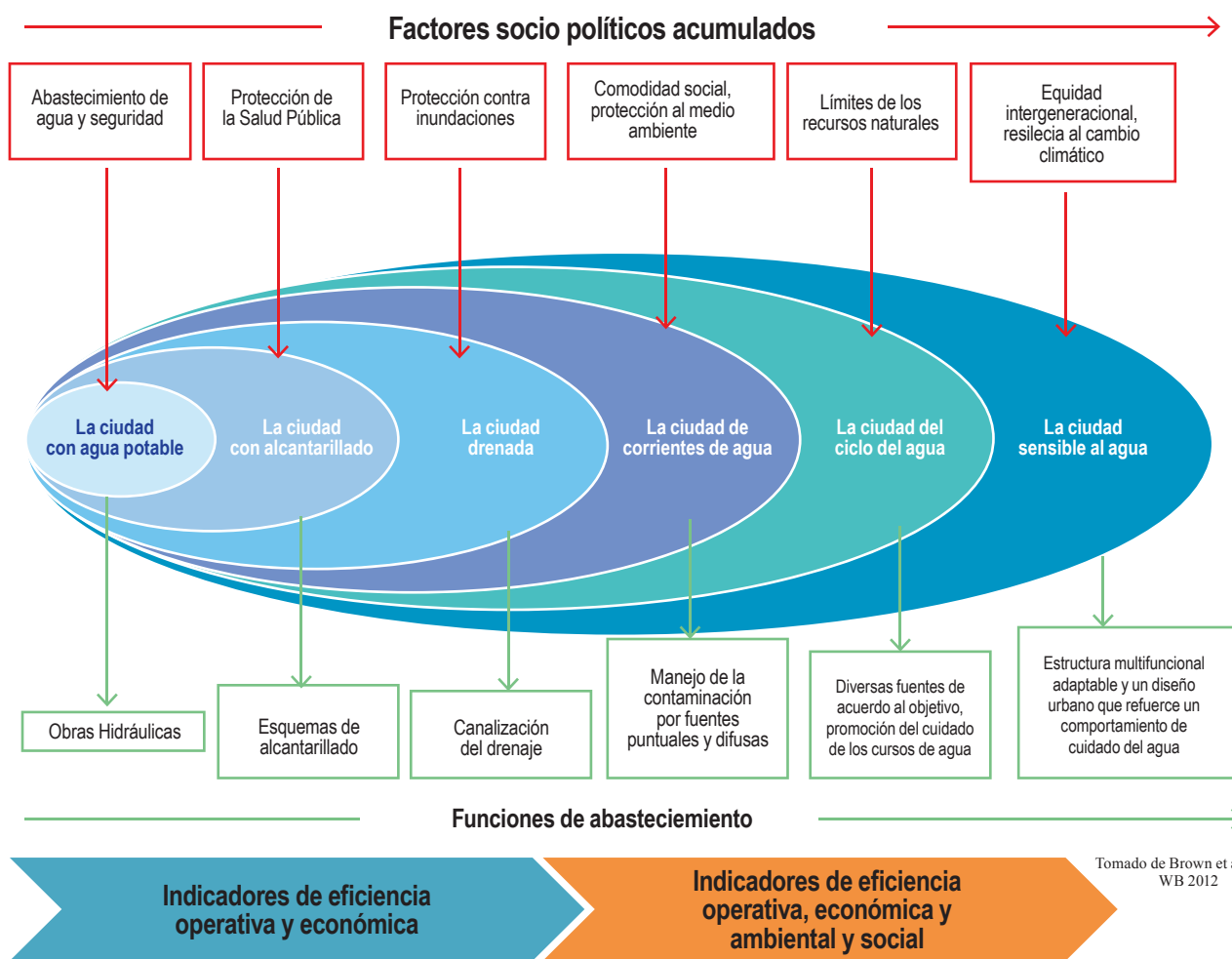
Ingeniero civil por la Universidad de Cuyo, Argentina, realizó un diplomado en riesgos hidrológicos en Colorado, EEUU, y posteriormente obtuvo títulos de M.Sc y Ph.D. en obras hidráulicas en la Universidad de Munich, Alemania. Consultor y asesor de varios organismos nacionales e internacionales, como el BID, Banco Mundial, CAF y la Unión Europea. Actualmente es investigador científico del Instituto de Hidráulica e Hidrología de la UMSA.





Foto: El Alto, Bolivia / Por Miguel Melgarejo Johannessen en Unsplash.com

## Evolución de la gestión del recurso hídrico en las ciudades, desde un concepto de abastecimiento simple de agua hasta el DUSA



Fuente: Presentación del Ing. José Luis Montaña García



# EXPERIENCIA DE LA APLICACIÓN DE SUDS EN BOLIVIA

## Sistemas de cosecha de agua de lluvia

**PABLO ERNESTO MANSILLA SALINAS**  
*Empresa Ecofractal - Universidad Mayor de San Simón, Bolivia*

La empresa de Ecofractal ha trabajado con el Ministerio de Medio Ambiente y Agua en Bolivia, dentro del Programa de inversión “Cosechando agua, sembrando luz”, en la construcción de 1.200 tanques para cosechar agua de lluvia en cinco municipios de extrema pobreza del norte del departamento de Potosí entre los años 2017 y 2019. Los tanques de hormigón armado monolítico con capacidad de 12.000 litros se construyen en escuelas, centros de salud y sedes comunitarias donde toda la comunidad puede beneficiarse. El sistema de colección de agua de lluvia (SCALL) está compuesto de techos, canaletas, trampa de arena, y filtros, y la potabilidad del agua cosechada ha sido atestiguada por el Instituto de Tecnología de Alimentos de Sucre.

Para identificar necesidades de la población, el proyecto elaboró un censo de las comunidades con datos de vivienda, alimentación y salud, con los que se hizo una lista

**Pablo Ernesto Mansilla Salinas**  
*Director de la Empresa Ecofractal, Docente invitado de la Facultad de Arquitectura en la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) en Cochabamba*



Profesional del rubro de construcción y el diseño, con maestría en arquitectura sustentable por la UNAM, México, y experiencia profesional de más de 20 años en el campo de la arquitectura sustentable, la ecotecnología, la planeación participativa y los proyectos culturales. Ha trabajado en Sistemas de Cosecha de Agua de Lluvia (SCALL) en el Sureste mexicano y posteriormente en el Estado Plurinacional de Bolivia, coordinando la construcción de tanques para cosechar agua de lluvia en 5 municipios del Norte de Potosí junto con el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA).

*Este programa marcó una etapa diferente, porque ha sido financiado por el estado, y pudo alcanzar comunidades en extrema pobreza*

Pablo Ernesto Mansilla Salinas

georreferenciada de beneficiarios. El proyecto ha permitido poner al alcance de la comunidad agua potable que no debe ser transportada por tuberías, contribuyendo además a la diversificación de las fuentes de agua, una estrategia de comprobados beneficios. Los tanques proveen agua segura y de buena calidad, pensada para ser consumida en el tiempo de estiaje o sequía, que es cuando las otras fuentes se secan. Para su manejo y mantenimiento han sido capacitados miembros de la misma comunidad, por lo que se tiene el importante valor agregado de generar capacidades y conocimiento en temas ambientales y de gestión del recurso hídrico.

## Parte del material de capacitación en lengua originaria generado en el proyecto



Fuente: Presentación de Arq. Pablo Ernesto Mansilla Salinas

# SUDS

SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE  
COMO UNA MEDIDA DE ADAPTACIÓN FRENTE  
AL CAMBIO CLIMÁTICO

## LA EXPERIENCIA EN ESPAÑA

En España, como en otros países de Europa, la planificación urbana con sistemas basados en la naturaleza, y la gestión de aguas pluviales mediante SUDS, forma parte de los planes de desarrollo desde hace varios años. Diversas ciudades cuentan con SUDS que ya han sido evaluados y cuyos beneficios son ampliamente reconocidos, proveyendo una rica experiencia tanto a nivel técnico como de implementación práctica, que expertos internacionales compartieron en las *Jornadas*.

# BENEFICIOS Y VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE SUDS

SARA PERALES MOMPARTLER  
Green Blue Management S.L. (Grupo TYPESA), España

La empresa Green Blue Management viene trabajando en la integración del desarrollo urbano y la gestión del agua, que se apoya en tres pilares:

- Ciudades como cuencas de abastecimiento
- Ciudades que brindan servicios ecosistémicos e incrementan su habitabilidad
- Ciudades con comunidades e instituciones comprometidas

El punto clave es restaurar la capacidad drenante y cerrar el ciclo del agua en la ciudad bajo un enfoque holístico, que integre las estrategias de sostenibilidad, renaturalización de ciudades y movilidad sostenible, con una mejor gestión del agua en los municipios y en los nuevos desarrollos. El grupo TYPESA ha publicado las primeras guías técnicas de SUDS, y concretado numerosas experiencias en diversas ciudades de España. Los proyectos incluyen la modelización de los caudales, el diseño de pavimentos permeables, jardines inundables y calles verdes, y ha logrado en algunos casos como en Barcelona la reducción en un 85% de los caudales pico de entrada a la red unitaria.



Foto: Madrid, España / Por: Pelayo Arbúés en Unsplash

**Estamos tratando el agua como un residuo del que nos queremos deshacer... la naturaleza nos puede ayudar a gestionarla, tanto en calidad como en cantidad**

Sara Perales Momparter



**Sara Perales Momparter**  
CEO de Green Blue Management S.L. (Grupo TYPESA), España

Dra. Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos (ICCP) y Master Universitario en Consultoría de Ingeniería Civil por la Universitat Politècnica de València (UPV). Es la consejera delegada de Green Blue Management, S.L., empresa consultora perteneciente al Grupo TYPESA, especializada en Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). Su carrera profesional se ha desarrollado principalmente en Reino Unido, Nueva Zelanda y España, desarrollando más de 80 estudios y proyectos de incorporación de SUDS en diversos planeamientos urbanísticos a nivel internacional, tanto en el sector privado como en el público, también en otros países como Colombia, Perú o Arabia Saudí.

## Objetivos fundamentales de los SUDS

La restauración de la capacidad drenante natural en las ciudades, introduciendo **soluciones basadas en la naturaleza**



El cierre del ciclo del agua, mediante la sensibilización, eficiencia y monitorización de las medidas, así como el aprovechamiento del agua



Fuente: Presentación de Sara Perales Momparter. Adaptado de Hattum et al, 2016

# EXPERIENCIA DE APLICACIÓN DE SUDS EN BARCELONA, ESPAÑA

ROBERTO SOTO FERNÁNDEZ

Dirección de Proyectos y Obras en el Instituto Municipal de Urbanismo del Ayuntamiento de Barcelona

La ciudad de Barcelona, por sus características geográficas, es susceptible a presentar inundaciones en el centro debido a la ocurrencia de lluvias torrenciales, que además causan contaminación en sus playas, debido a las aguas de escorrentía que llegan al mar. El sistema de alcantarillado genera esta contaminación en los entes receptores, y es además ineficiente, ya que incluso las zonas verdes desaguan en él. Para revertir esta situación, la infraestructura verde debe formar parte de la gestión de aguas. Los parques se adaptan con nuevas estructuras que sirvan como áreas inundables, pozos decantadores o de sedimentación, áreas de bioretención, etc. Esta nueva visión fomenta que la superficie verde tienda a expandirse por el tejido urbano de calles, lo que implica un mayor acceso a jardines y zonas verdes, con todos los beneficios psicológicos y físicos que supone para la población. Entre los proyectos implementados en Barcelona se cuenta el ejemplo sencillo de un parque que está a nivel bajo, de modo que, con zanjas drenantes en las calles y estanques de retención, se logra gestionar el agua de lluvia y darle uso. Se han implementado calles verdes, con franjas de bioretención que pueden retener y procesar el agua de áreas grandes. A mayor escala, se prevé convertir una calle convencional en un parque lineal, y en calles verdes a las circundantes que llegan a ella.



**El verde debe jugar un papel clave, pasando de ser un elemento decorativo a contribuir en la gestión de la escorrentía**

Roberto Soto Fernández

## Roberto Soto Fernández

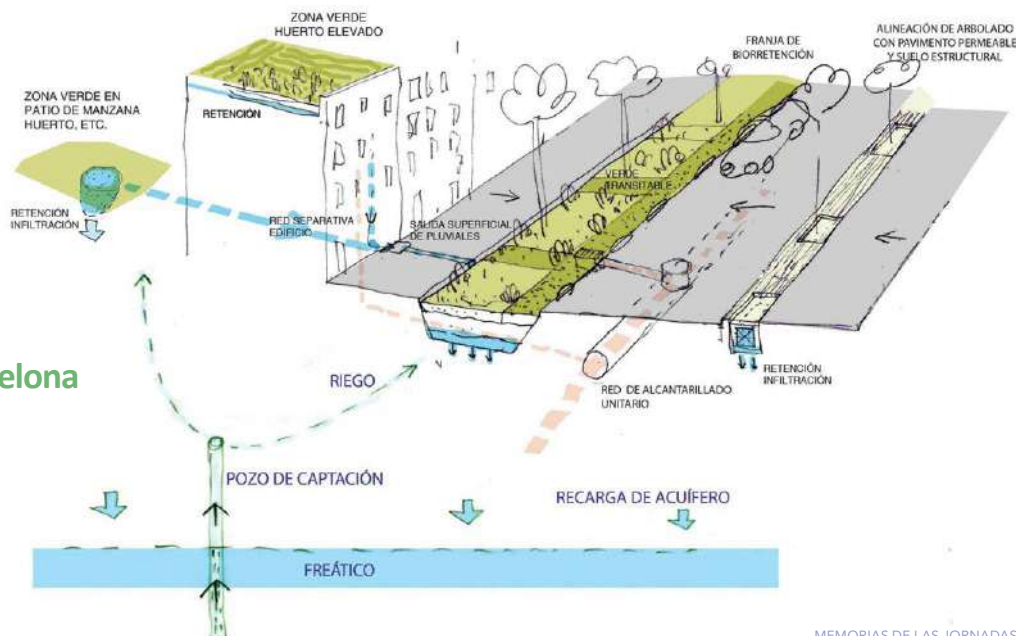
Arquitecto. Dirección de Proyectos y Obras en el Instituto Municipal de Urbanismo del Ayuntamiento de Barcelona



Arquitecto por la ETSAB (Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona). Trabaja en la redacción y dirección de proyectos y obras de espacio público en el Instituto Municipal de Urbanismo (IMU) del Ayuntamiento de Barcelona. Lleva más de 17 años investigando en la aplicación de SUDS en el espacio público. Ha sido profesor (de proyectos) en la escuela de arquitectura de Lasalle y (de SUDS) en los cursos de verano de la universidad de Santander, además de impartir clases y conferencias en diferentes universidades y administraciones.

## Ejemplo de SUDS implementados en Barcelona

Fuente: Presentación de Roberto Soto Fernández



# EXPERIENCIA DE APLICACIÓN DE SUDS EN MADRID, ESPAÑA

MANUEL DEL PAZOS LIAÑO  
Ayuntamiento de Madrid, España

A pesar de que en Madrid normalmente llueve poco, se ha notado recientemente un comportamiento atípico, en forma de lluvias torrenciales, por lo que se hace necesario contar con sistemas de drenaje adaptados a la nueva realidad. Existe un extenso marco normativo de planeamiento urbano que incluye prácticas de drenaje sostenible. La Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua en Madrid regula sobre drenajes y aguas de escorrentía, recomendando el uso de pavimentos porosos. Otras normativas del Ayuntamiento de Madrid comprenden criterios para una jardinería sostenible y el fomento de buenas prácticas de arquitectura basadas en SUDS. El Proyecto Madrid Centro contempla la instalación de pavimentos porosos y otros sistemas SUDS en la ciudad, mientras que el Plan Director de Arbolado Urbano incorpora alcorques estructurales para el aprovechamiento de las aguas de lluvia. Se ha trabajado en proveer información para la implementación de SUDS, tales como una guía básica de diseño y guías sobre soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático.

El Ayuntamiento ha implementado estas normativas y directrices en obras ejecutadas en toda la ciudad, particularmente en jardines y entornos escolares. Entre ellas destacan los trabajos del Estadio Wanda Metropolitano, donde se gestionan 32.110 m<sup>3</sup> de escorrentía superficial con SUDS; la Zona Verde de La Atalayuela, que por ser una zona bajo protección arqueológica requirió proyectar SUDS que no requirieran perforaciones profundas; y las obras en el Parque Gomezarro, donde se minimizaron escorrentías superficiales y encharcamientos.

## Manuel del Pazos Liaño

Jefe de Departamento. Director General del espacio público, obras e infraestructuras del Ayuntamiento de Madrid en España



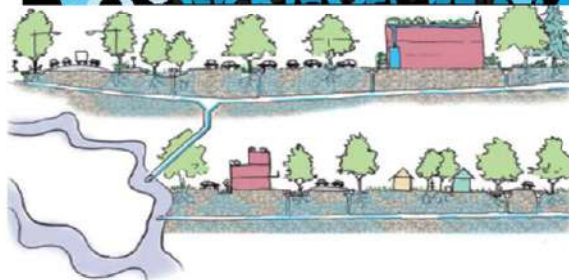
Ingeniero de Caminos Canales y Puertos, funcionario de carrera del Ayuntamiento de Madrid. En la actualidad es el jefe del Departamento de Inspección y seguimiento de la Dirección General del Espacio Público, obras e infraestructuras del área de Gobierno de Obras y Equipamientos. Dilatada trayectoria profesional en tareas de supervisión, coordinación e inspección obras de urbanización en ámbitos de nueva creación en el municipio de Madrid, actualmente en los Desarrollos del Sureste y la Operación Chamartín.



**Nosotros creemos que la colaboración pública, privada y de la universidad es esencial y es lo que puede echar a andar un montón de iniciativas**

Manuel del Pazos Liaño

## Uno de los proyectos del ayuntamiento de Madrid basados en SUDS



Fuente: Presentación de Manuel Pazos Liaño

# EXPERIENCIA DE APLICACIÓN DE SUDS EN SEVILLA, ESPAÑA

ÁNGEL MENA MIRANDA

Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla S.A. (EMASESA)

En Sevilla, la EMASESA ha comenzado produciendo una serie de recomendaciones para la gestión de aguas pluviales usando SbN y SUDS, que a partir del año 2019 pasan a formar parte del cuerpo normativo que se aplica en la ciudad. En su implementación, los agentes privados han asumido los nuevos criterios, aún éstos hayan requerido de un proceso de formación que subsane vacíos de conocimiento en el tema. Los agentes públicos, en cambio, han manifestado reticencias por la falta de experiencia en el mantenimiento de las estructuras. Una de las necesidades sobre las que se trabaja es un documento de referencia para el correcto diseño, ejecución y mantenimiento de las infraestructuras SUDS.

Actualmente se llevan a cabo una serie de experiencias, entre las que se cuenta una prueba piloto de SUDS en jardines de una avenida de la ciudad. Para esta prueba se ha seguido un proceso de modelización a escala de cuenca, que está siendo comprobado y calibrado comparando con precipitaciones reales. La empresa ha ejecutado numerosas obras en Sevilla, instalando SUDS en plazas, jardines, aparcamientos y en general actuando en cualquier espacio que lo permita.

Ejemplo de diseño urbano con soluciones SUDS en Sevilla



Foto Sevilla, España / Por: Andrea Leopardini/Unsplash

**Hemos introducido un elemento nuevo en la urbe, distinto, en el que tenemos que hablar todos el mismo idioma**

Ángel Mena Miranda

**Ángel Mena Miranda**

Jefe de División de Ingeniería, Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla S.A. (EMASESA)



Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Experiencia profesional en proyectos y obras hidráulicas. Ha sido director técnico de proyectos y obras, en ingeniería local sevillana. Desde 2007 en EMASESA, donde ha ejercido distintas funciones: técnico del Dpto. de Infraestructuras de Producción, responsable de proyectos del Dpto. de Distribución, responsable del Dpto. de Planeamiento y NNDD, responsable del Dpto. Proyectos y Obras, responsable de la División de Ingeniería y, actualmente, responsable de la División de Distribución.

# EXPERIENCIA DE APLICACIÓN DE SUDS EN VALENCIA, ESPAÑA

JUAN MEDINA COBO

Concejal de Desarrollo Urbano Sostenible, Transición Ecológica y Cambio Climático de Quart de Poblet

En Quart de Poblet, Valencia, se ha trabajado en la integración de SUDS a los proyectos urbanos, con el objetivo de lograr una urbanización sostenible y resiliente, mitigar impactos negativos en el entorno, reducir la huella de carbono y lograr eficiencia en la explotación y conservación de recursos naturales. Se han implementado técnicas SUDS que a la vez respeten y preserven un elemento clave de la ciudad, la histórica Huerta Valenciana. Los proyectos están centrados en una economía baja en carbono, con medidas como la reutilización de los materiales procedentes de la obra, técnicas para reducir el gasto energético en la producción de los materiales, énfasis en movilidad sostenible y diseños más eficientes en las redes de riego y alumbrado.

En el sector Moli de Animeta, se implementan técnicas SUDS con eliminación de contaminantes, mejorando la calidad de la escorrentía hacia el río Turia. Los elementos incluyen pavimentos permeables, jardín de lluvia, balsa-jardín de laminación y balsa-jardín de infiltración laminación. Se ha analizado el comportamiento del conjunto mediante modelación, con eventos de años representativos de la serie histórica. Los resultados muestran que la red de drenaje con SUDS reducirá, al menos, el 70% del caudal pico de vertido respecto a la red convencional.



Foto: Valencia, España / Por: Northleg Oficial en Unsplash

**Nos planteamos conseguir una urbanización más sostenible, resiliente a estos episodios que se presentan por el cambio climático y con el menor impacto negativo posible en su construcción**

Juan Medina Cobo

## Juan Medina Cobo

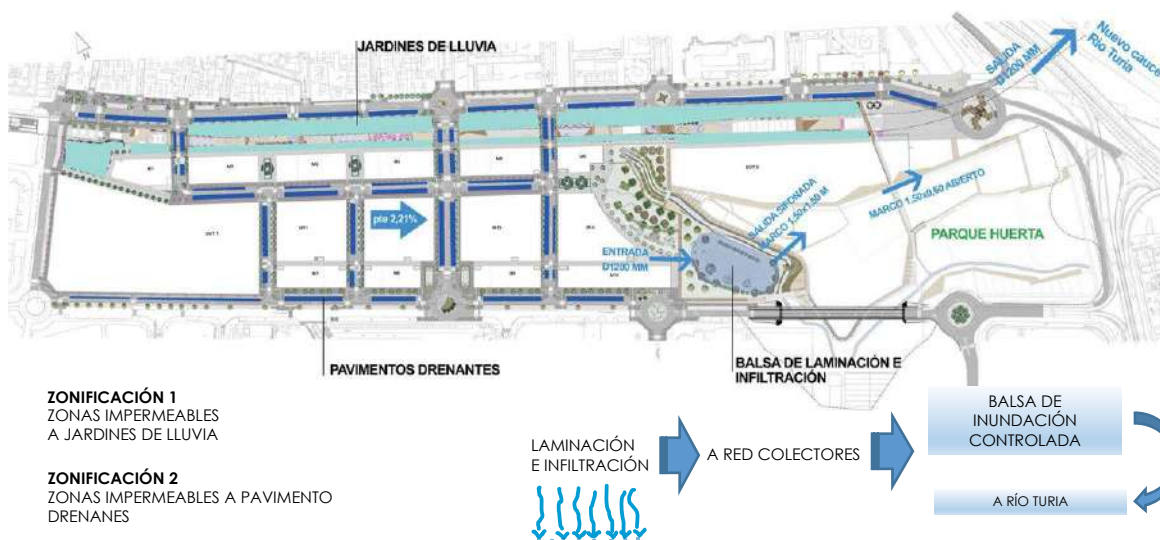
Concejal de Desarrollo Urbano Sostenible, Transición Ecológica y Cambio Climático de Quart de Poblet.

Embajador de la Comisión Europea del Pacto Europeo por el Clima



Político, graduado en Ciencias Políticas y de la Administración Pública por la Universitat de Valencia. Director de la EDUSI (Estrategia Desarrollo Urbano Sostenible Integral) de Quart de Poblet, Director de la Agenda Urbana 2030 y del Plan Director de Smart City de Quart de Poblet. Reconocido como primer Concejal de Gobierno Abierto de España en la legislatura 2011-2015. El proyecto de la concejalía de Gobierno Abierto de Quart de Poblet, obtuvo en 2015 el Premio Mundial de la 9a Distinción OIDP “Buenas Prácticas en Participación Ciudadana”.

## Planificación urbana basada en SUDS en Quart de Poblet, Valencia



Fuente: Presentación de Juan Medina Cobo



# SUDS

SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE  
COMO UNA MEDIDA DE ADAPTACIÓN FRENTE  
AL CAMBIO CLIMÁTICO

## ¿QUÉ NOS DEJAN LAS JORNADAS?

En los Andes, donde enfrentamos una enorme cantidad de riesgos intrínsecos, los SUDS se convierten en una solución innovadora, en una técnica de gestión integral para nuestras ciudades que nos ayuda a generar beneficios y reducir riesgos, y mejorar la eficiencia en el uso del agua que en las ciudades andinas es un recurso tan crítico. Iniciativas como estas Jornadas nos ayudan a tener un espacio más amplio, un conocimiento lleno de experiencias prácticas compartidas que es muy valioso. Y es además la base para poder generar una colaboración interdisciplinaria, para asumir una co-responsabilidad más amplia en la gestión de estos mecanismos innovadores para la gestión integral en ciudades, y repensar modelos de gobernanza.



**MACARENA BUSTAMANTE**

*Coordinadora Regional del Proyecto AICCA*



MEMORIAS DE LAS JORNADAS

# APRENDIZAJES CLAVE: LOS SUDS...

## • ...FUNCIONAN

Las diversas experiencias demuestran que son capaces de disminuir el volumen de aguas de escorrentía hasta en un 80%, así como su velocidad, permitiendo un mejor funcionamiento de las redes de suministro y drenaje, y de favorecer la infiltración en el suelo contribuyendo a cerrar el ciclo del agua.

## • ...REDUCEN LA CONTAMINACIÓN

Mejorando la calidad del agua de vertido a través de procesos biológicos de tratamiento basados en vegetación que imitan los procesos naturales; mejorando la calidad del aire a través de la implementación de cubiertas vegetadas que disminuyen partículas y niebla tóxica; cambiando el concepto tradicional de trasladar los contaminantes a otro sitio; por uno basado en la naturaleza donde los contaminantes se metabolizan usando los recursos que brinda la vegetación (más parques y menos tuberías).

## • ...FAVORECEN LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Integrando Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) al planeamiento urbano; mitigando el efecto "isla de calor" en las ciudades; reduciendo el riesgo de inundaciones y las presiones en las redes de drenaje ante cambios del régimen de precipitaciones; contribuyendo a reducir los gases de efecto invernadero mediante la creación de ciudades más verdes; fomentando conciencia en la ciudadanía en temas ambientales.

## • ...SOLUCIONAN PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO

Contribuyendo a almacenar el agua en eventos extremos para hacer frente a escasez y dar protección contra sequías; proveyendo agua para riego; disminuyendo el gasto energético en la gestión del agua urbana.

## • ...MEJORAN LAS CONDICIONES DE VIDA

Creando ciudades más verdes y saludables; expandiendo zonas de recreación y protección ambiental; llevando espacios vegetados y creando paisajes para los pobladores; creando empleos "verdes" en su construcción y mantenimiento; propiciando e interconectando hábitats para especies animales y vegetales que comparten el espacio urbano.

## • ...CONECTAN A LOS CIUDADANOS

Involucrándolos por su concepción en el proceso de diseño, implementación y mantenimiento; promueven modelos de gestión participativa; requieren para su implementación un enfoque que integra a las diversas instituciones públicas, privadas y académicas en la planificación urbana, uniéndolas en un objetivo común.

## • ...APORTAN UNA NUEVA VISIÓN

Cambiando el paradigma que considera el agua pluvial en las ciudades como un residuo a desechar, por uno donde se la considera un recurso valioso que pasa a formar parte clave del desarrollo sustentable de la ciudad, y ofreciendo una oportunidad para repensar la ciudad desde un enfoque de paisaje basado en la naturaleza y adaptado a la cultura local.

## • ...YA SE ESTÁN IMPLEMENTANDO

Existen avances muy importantes no solo en España sino en varios países de Latinoamérica: en los instrumentos legales, con normativas que contemplan e incentivan su uso; en el aspecto teórico de estudios ingeniería hidráulica y de diseño basado en la naturaleza, adaptados a condiciones locales; en la implementación de proyectos piloto que están siendo objeto de evaluación y monitoreo.



MEMORIAS DE LAS JORNADAS

# RETOS Y DESAFÍOS EN IMPLEMENTACIÓN DE SUDS

## • SOCIO-CULTURALES

Resistencia a intervenciones por parte de la comunidad, debido a deficiencias en la educación ambiental de la población y una reducida sensibilización para su aplicación; dificultad en cambiar los estereotipos urbanos; y un escaso conocimiento de los beneficios económicos; en países en desarrollo el diseño se ve afectado por las altas tasas de urbanización, espacio limitado, alta densidad poblacional.

## • INSTITUCIONALES

Reducida conciencia institucional y desconocimiento del tema en instituciones involucradas; la cooperación interinstitucional a nivel local se ve disminuida por la ausencia de responsabilidades claras en mantenimiento; son sistemas que incorporan aspectos muy diversos que en una ciudad normalmente dependen de distintos entes, y requieren una gestión integral.

## • ECONÓMICOS

En países en desarrollo, se presentan limitaciones debido a la poca disponibilidad de los materiales de construcción a nivel nacional; no se tiene experiencia en cuanto a costos de mantenimiento ni información precisa costo/beneficio; los costos de monitoreo pueden ser elevados al requerir gran cantidad de sensores.

## • CONOCIMIENTO

Las fallas en planificación urbana se conjugan con falta de información detallada en aspectos técnicos; existen pocas empresas privadas especializadas, en su mayoría las constructoras no tienen conocimientos hidrológico-hidráulicos; hay necesidad de documentos de referencia con respaldo institucional para el correcto diseño, ejecución y mantenimiento de las infraestructuras SUDS.

## • GOBERNANZA

La normativa respecto a SUDS es en algunos casos inexistente y en otros no tiene alcance nacional; existen dificultades inherentes a la necesidad de coordinación entre distintos entes: gubernamentales, constructoras, población local; la falta de experiencia implica vacíos en la asignación de responsabilidades de mantenimiento a largo plazo; la gestión participativa aún es un reto por lo novedoso de los sistemas.



MEMORIAS DE LAS JORNADAS

# TEMAS PENDIENTES EN LA AGENDA SUDS

## ● MONITOREO Y EVALUACIÓN

Se requiere establecer o mejorar mecanismos, y precisar responsabilidades, en cuanto a monitoreo y evaluación de resultados. Todos los sistemas de drenaje alternativo implementados se deberían compilar en una base de datos georeferenciada, y se debe realizar seguimiento a las tipologías de SUDS que se encuentren en obra y operación. Se considera que el monitoreo de los sistemas implementados es fundamental para entender su desempeño a largo plazo.

## ● CUANTIFICACIÓN

Existe incertidumbre sobre los costos asociados al mantenimiento, y vacíos en cuanto a la relación costo/beneficio de muchos sistemas SUDS. Se requieren datos precisos, generados por programas piloto en diferentes contextos geográficos y socio-económicos.

## ● INVESTIGACIÓN

Es necesario promover la investigación interna y externa de tipologías de SUDS. En algunos casos, los principios técnicos para el diseño están bien definidos, pero hay un retorno reducido de las experiencias. Se requieren programas de experimentación a nivel académico y práctico, para consolidar efectivamente el uso de técnicas.

## ● GOBERNABILIDAD

Dentro de las entidades encargadas se debe tener un buen entendimiento de los sistemas de drenaje alternativos. La legislación de calidad del agua es un determinante importante. En general, hay más de una entidad encargada del manejo del sistema de drenaje y los riesgos de inundaciones, por lo que es crucial la definición de responsabilidades. Se requiere integrar las instituciones responsables con la academia, como elemento de apoyo en investigación, monitoreo y evaluación.

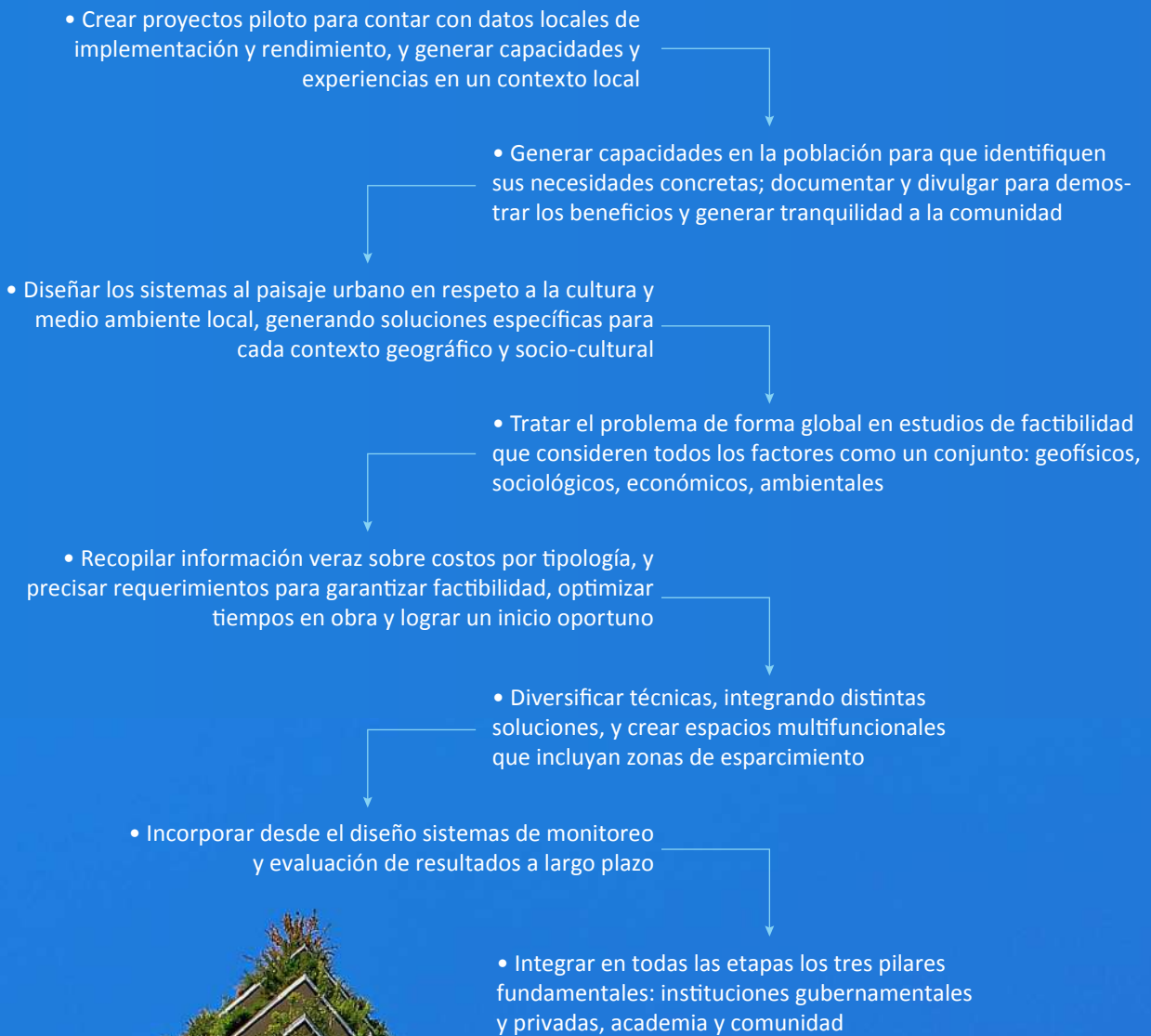
## ● PARTICIPACIÓN

Sería deseable un incremento en los recursos destinados a la participación comunitaria, y la creación de grupos mixtos de ingenieros y trabajadores sociales. Los sistemas implementados en áreas públicas siguen siendo responsabilidad de la entidad pública encargada, pero en muchos casos el mantenimiento día a día fue asumido por la comunidad, y esto debe formalizarse.

## ● COOPERACIÓN

Las experiencias SUDS son más frecuentes de lo que generalmente se asume, existe una gran necesidad de comunicación entre los actores en distintos países sobre el estado actual del desarrollo de programas piloto y el avance en normativas. Es necesario crear o afianzar redes de cooperación e intercambio de saberes y experiencias, tanto a nivel nacional como regional.

# BUENAS PRÁCTICAS A REPLICAR A PARTIR DE LAS EXPERIENCIAS



# INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

El video completo de las Jornadas puede verse en:



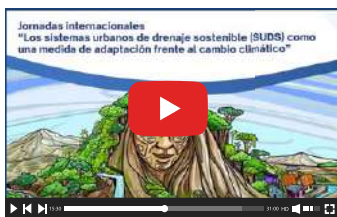
## Jornada 1 Jueves 27 de octubre

[https://www.youtube.com/watch?v=mzkf\\_jtZeFU](https://www.youtube.com/watch?v=mzkf_jtZeFU)



## Jornada 2 Jueves 27 de octubre

<https://www.youtube.com/watch?v=fbwDoXTFTT0>



## Jornada 3 Jueves 27 de octubre

[https://www.youtube.com/watch?v=48lgbm-O\\_TY](https://www.youtube.com/watch?v=48lgbm-O_TY)

Las láminas de las presentaciones  
están disponibles aquí:

